

XI

Всероссийская
научно-практическая
конференция

НАДЕЖНОСТЬ И ДОЛГОВЕЧНОСТЬ МАШИН И МЕХАНИЗМОВ

Посвящается
30-й годовщине
МЧС России и
75-й годовщине
Победы в Великой
Отечественной войне
1941-1945 годов

СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ



75
ПОБЕДА!
1945-2020

30 лет
МЧС
России

Иваново 2020

**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 XI ВСЕРОССИЙСКОЙ
НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ
ИВАНОВО, 16 АПРЕЛЯ 2020 г.**

**Посвящается 30-й годовщине МЧС России и 75-й годовщине
Победы в Великой Отечественной войне 1941-1945 годов**

MACHINES AND MECHANISMS RELIABILITY AND DURABILITY

**COLLECTION OF MATERIALS OF THE XIth ALL-RUSSIA
SCIENTIFIC AND PRACTICAL CONFERENCE IVANOVO, APRIL 16, 2020**

Иваново 2020

УДК 621+614.842

ББК 30

Н 17

- Надежность и долговечность машин и механизмов** : сборник материалов
Н 17 XI Всероссийской научно-практической конференции, Иваново, 16 апреля 2020 г.
– Иваново : ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС
России, 2020. – 473 с. – ISBN 978-5-6042853-4-3

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.

ББК 30

Редакционная коллегия

д-р техн. наук, профессор **В. А. Годлевский**

канд. техн. наук, доцент **В. В. Киселев**

д-р техн. наук, профессор **В. А. Полетаев**

А. В. Маслов

канд. техн. наук, доцент **А. В. Топоров**

канд. техн. наук **П. В. Пучков**

Ю. Н. Моисеев

канд. техн. наук **А. Д. Семенов**

Editorial Council

dr. techn. sciences, prof. **V. A. Godlevsky**

cand. of techn. sciences, docent **V. V. Kiselev**

dr. techn. sciences, prof. **V. A. Poletaev**

A. V. Maslov

cand. of techn. sciences, docent **A. V. Toporov**

cand. of techn. sciences **P. V. Puchkov**

Yu. N. Moiseev

cand. of techn. Sciences **A. D. Semenov**

ISBN 978-5-6042853-4-3

ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ И ДОЛГОВЕЧНОСТИ ДЕТАЛЕЙ, МЕХАНИЗМОВ, АГРЕГАТОВ, МАШИН

УДК 621.792:678.026

А. Ю. Андрюшкин¹, Е. Н. Кадочникова²

¹Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова,

²Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

ОЦЕНКА ВЕРОЯТНОСТИ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ОТКАЗА ИЗОЛЯЦИОННОГО ПОКРЫТИЯ ПО ПАРАМЕТРАМ ПРОЧНОСТИ И ВОДОПОГЛОЩЕНИЯ

Ключевые слова: вероятность отказа, дефект, прочность, изоляционное покрытие, трубопровод.

Аннотация: из-за технологических отклонений при нанесении изоляционных покрытий часто возникают дефекты (поры, трещины, расслоения), которые развиваются при эксплуатации трубопровода и приводят к появлению повреждений. Наличие значительного числа дефектов и повреждений изоляционных покрытий обуславливает возникновение их отказа по одному или нескольким параметрам качества. В статье рассмотрено влияние размера дефекта на вероятность отказа изоляционного покрытия, в случае наихудшего варианта, по параметрам прочности и водопоглощения.

A. Y. Andrushkin, E. N. Kadochnikov

EVALUATION OF PROBABILITY OF INSULATION COATING FAILURE BY STRENGTH AND WATER ABSORPTION PARAMETERS

Keywords: failure probability, defect, strength, insulation coating, pipeline.

Abstract: Due to technological deviations in the application of insulating coatings, defects (pores, cracks, stratification) often occur, which develop during the operation of the pipeline and lead to damage. The presence of a significant number of defects and damages of insulation coatings causes their failure according to one or more quality parameters. The article discusses the impact of the defect size on the probability of failure of the insulation coating, in case of the worst version, by the parameters of strength and water absorption

Разливы нефти и выбросы газа оказывают отрицательное влияние на окружающую среду, часто разгерметизация трубопровода заканчивается взрывами и пожарами. При этом одной из важных особенностей нефтегазового комплекса России является существенная изношенность основных фондов. Интегральный показатель степени износа основных производственных фондов составляет для некоторых компаний – 60%.

Долговечность стальных трубопроводов может быть обеспечена нанесением на их внутренние и наружные поверхности изоляционных покрытий, защищающих металл от коррозии. Чаще всего применяют многослойное изоляционное покрытие.

Наличие значительного числа дефектов и повреждений изоляционных покрытий обуславливает возникновение отказа по одному или нескольким параметрам качества. Наиболее значимым параметром, характеризующим качество изоляционных покрытий, является прочность. Снижение прочности изоляционных покрытий ниже минимально допустимого значения приводит к разрушению и последующей резкой интенсификации процесса коррозии стального трубопровода, приводящего к его разгерметизации, что делает трубопровод неработоспособным [1-6].

В случае наихудшего варианта, сочетающего минимальную прочность изоляционных покрытий $\sigma_{0\min}$ и наибольшее значение показателя $u_{\sigma\max}$, можно рассчитать запас надежности изоляционных покрытий [7,8]:

$$K_H = \frac{\sigma_{0\min} - u_{\sigma\max} \cdot x}{\sigma_{\min}}, \quad (1)$$

где $\sigma_{0\min}$ – минимальное значение прочности при отсутствии дефектности, Па;

K_H – коэффициент запаса надежности;

$u_{\sigma\max}$ – максимальное значение показателя, учитывающего изменение прочности в зависимости от размера дефекта, Па/м;

x – характерный размер дефекта, м;

σ_{\min} – минимальное значение прочности изоляционных покрытий, Па;

Запас надежности изоляционных покрытий уменьшается по мере увеличения размера дефекта x , и не оказывающий влияния на прочность изоляционных покрытий максимальный размер дефекта $x=X_{\text{гар}}$ может быть рассчитан по выражению (1) при условии $K_H=1$:

$$X_{\text{гар}} = \frac{\sigma_{0\min} - \sigma_{\min}}{u_{\sigma\max}}, \quad (2)$$

где $X_{\text{гар}}$ – максимальный размер дефекта, который не оказывает влияния на прочность изоляционных покрытий, м.

Увеличение размеров внутренних дефектов изоляционных покрытий при эксплуатации приводит к росту водопоглощения, которое является одним из основных параметров качества изоляционных покрытий. Из-за высокого водопоглощения при значительном перепаде суточных и сезонных температур изоляционных покрытий интенсивно разрушается, долговечность снижается в несколько раз. После отказа изоляционных покрытий корродирует стальная основа трубопровода, в результате коррозии происходит разгерметизация трубопровода, приводящая к аварийному разливу или выбросу углеводородов в окружающую среду.

Рассмотрим наихудший вариант, когда значение водопоглощения бездефектного изоляционного покрытия $W_{0\max}$ максимально и показатель $u_{W\max}$ максимален [7,8]. При этих условиях можно рассчитать запас надежности изоляционного покрытия по выражению:

$$K_H = \frac{W_{0\max} + u_{W\max} \cdot x}{W_{\max}}, \quad (3)$$

где K_H – коэффициент запаса надежности;

$W_{0\max}$ – максимальное значение водопоглощения бездефектного изоляционного покрытия, %;

$u_{W\max}$ – максимальное значение показателя, учитывающего изменение водопоглощения изоляционного покрытия в зависимости от размера дефекта, %/м;

x – размер дефекта, м.

W_{\max} – максимальное значение водопоглощения изоляционного покрытия, %;

Запас надежности уменьшается по мере увеличения размера дефекта, и не влияющий на водопоглощение изоляционного покрытия максимальный размер дефекта $x=X_{\text{гар}}$ может быть рассчитан из формулы (3) при условии $K_n=1$:

$$X_{\text{гар}} = \frac{W_{\max} - W_{0\max}}{uW_{\max}}, \quad (4)$$

где $X_{\text{гар}}$ - максимальный размер дефекта, не влияющий на водопоглощение изоляционного покрытия, м.

Высокие требования безопасности к современным системам транспортировки углеводородов вызывают необходимость существенного улучшения технологии формирования изоляционных покрытий, в частности снижения их дефектности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Борисов Б.И. Защитная способность изоляционных покрытий подземных трубопроводов. [Текст]/ Б.И. Борисов – М.: Недра, 1987. – 123 с.
2. Протасов В.Н. Полимерные покрытия в нефтяной промышленности. [Текст]/ В.Н. Протасов – М.: Недра, 1985
3. Филатов И.С. Климатическая устойчивость полимерных материалов. [Текст]/ И.С. Филатов – М.: Наука, 1983. – 216 с.
4. Санжаровский А.Т. Физико-механические свойства полимерных и лакокрасочных покрытий. [Текст]/ А.Т. Санжаровский - М.: Химия, 1975.- 264 с.
5. Ратнер С.Б. Физическая механика пластмасс. Как прогнозируют работоспособность? / С.Б. Ратнер, В.П. Ярцев – М.: Химия, 1992. – 320 с.
6. Ярцев, В.П. Прогнозирование поведения строительных материалов при неблагоприятных условиях эксплуатации: учебное пособие / В.П. Ярцев, О.А. Киселёва. – Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2009. – 124 с.
7. Беляев, Ю.К. Надежность технических систем: Справочник [Текст] / Ю.К. Беляев, В.А. Богатырев, В.В. Болотин. – М.: Радио и связь, 1985. – 608с.
8. Капур, К. Надежность и проектирование систем [Текст] / К. Капур, Л. Ламберсон. – М.: Издательство «Мир», 1980. – 604с.

УДК 678.026

А. Ю. Андриюшкин¹, Д. И. Моисеев¹, Е.Н. Кадочникова²

¹Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова,

²Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

ПОВЫШЕНИЕ ДОЛГОВЕЧНОСТИ ДЕТАЛЕЙ С АВАРИЙНЫМИ ДЕФЕКТАМИ НА ОСНОВЕ ТЕХНОЛОГИЙ ВОССТАНОВЛЕНИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ НАПОЛНЕННЫХ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИТОВ

Ключевые слова: композит, восстановление, ремонт, долговечность.

Аннотация: Показана актуальность применения наполненных полимерных компози-

тов (НПК) при восстановлении деталей с аварийными дефектами для повышения их долговечности. Предложена технология восстановления поверхности детали формированием НПК и его последующей механической обработкой. Представлена технология восстановления посадочных отверстий в корпусных деталях формированием НПК и его последующей калибровкой.

A. Yu. Andryushkin D. I. Moiseev, E.N. Kadochnikova

IMPROVING THE DURABILITY OF PARTS WITH EMERGENCY DEFECTS BASED ON RECOVERY TECHNOLOGIES USING FILLED POLYMER COMPOSITES

Keywords: composite, restoration, repair, durability.

Abstract: The relevance of the use of filled polymer composites (NPC) in the restoration of parts with emergency defects to increase their durability is shown. The technology of restoring the surface of the part by forming the NPC and its subsequent machining is proposed. The technology of restoring the landing holes in the body parts by forming the NPC and its subsequent calibration is presented.

В настоящее время среди запасных частей доля восстановленных деталей составляет около 15%. Эта доля может быть увеличена в несколько раз за счет применения современных технологий восстановления с использованием наполненных полимерных композитов (НПК). Рост числа восстановленных деталей позволит существенно уменьшить финансовые и материальные затраты. Экономия ресурсов при ремонте детали по сравнению с изготовлением новой детали достигает до 80%, а трудоемкость в несколько раз меньше. Необходимо отметить, что в России используется много иностранной техники, для которой запасные части являются дефицитными, а технологии их изготовления неизвестны, поэтому ремонт таких деталей является единственным способом восстановления ее работоспособности. Поэтому разработка технологий по повышению ресурса отремонтированных машин и механизмов является приоритетной задачей, так как дает большой экономический эффект.

Особенно актуальна проблема повышения долговечности деталей с аварийными дефектами. В настоящее время рекомендуется замена детали с аварийными дефектами на новую деталь. Это обусловлено тем, что традиционные технологии восстановления связаны с воздействием на деталь высоких температур (сварка, наплавка, термообработка), что приводит к структурным изменениям материала и потере геометрической точности детали. То есть показатели качества восстановленной детали могут быть настолько низкими, что надежность машины или механизма резко снизится и возникает высокая вероятность отказа.

Альтернативой традиционным технологиям восстановления деталей с аварийными дефектами являются технологии, основанные на использовании НПК с заранее заданными свойствами. Необходимо отметить, что за счет варьирования состава и количества армирующего компонента и связующего можно изменять свойства НПК в очень широких пределах. При этом температура отверждения НПК не превосходит 200°C, то есть отсутствует отрицательное воздействие температуры на структуру и геометрию восстанавливаемой детали. Рассмотрим технологии восстановления деталей с помощью НПК [1-3].

Часто на поверхности (плоской, цилиндрической или конической) детали в процессе эксплуатации возникают дефекты в виде раковин или трещин (рис. 1, а), которые с течением времени развиваются и могут привести к аварии.

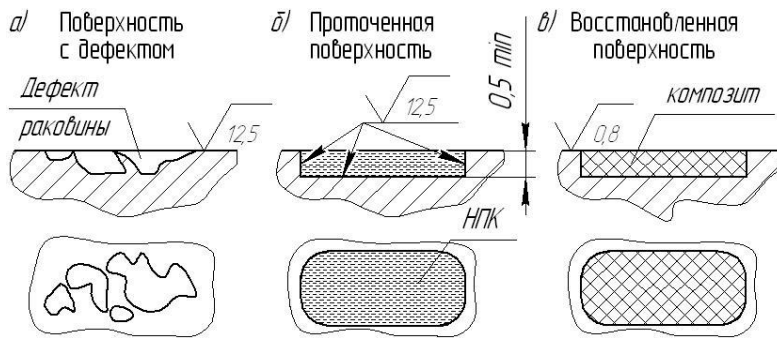


Рис. 1. Технология восстановления наружной поверхности детали: а – поверхность с наружным дефектом; б – разделка поверхности; в – восстановленная поверхность

Технология восстановления поверхности детали включает операции:

1. подготовка восстанавливаемой поверхности с дефектом, включающая зачистку поверхности и разделку дефектов (рис. 1, а);
2. нанесение НПК и отверждение композита (рис. 1, б);
3. механическая обработка композита заподлицо с восстанавливаемой поверхностью детали (рис. 1, в).

Преимущества технологии: технологичность нанесения и отверждения НПК; отсутствие необходимости в применении специализированной технологической оснастки; применение универсального инструмента для механической обработки.

Недостатки технологии: большой объем механической обработки; формирование припуска из НПК для механической обработки поверхности с заданной точностью и шероховатостью; из-за ручного нанесения НПК высока вероятность возникновения дефектов: пор, трещин, расслоений; влияние усадки при сушке и отверждении НПК.

Рассмотрим технологию восстановления посадочных отверстий в корпусных деталях формированием НПК и его последующей калибровкой.

На надежность функционирования многих отремонтированных машин и механизмов оказывает точность посадочных отверстий корпусных деталей.

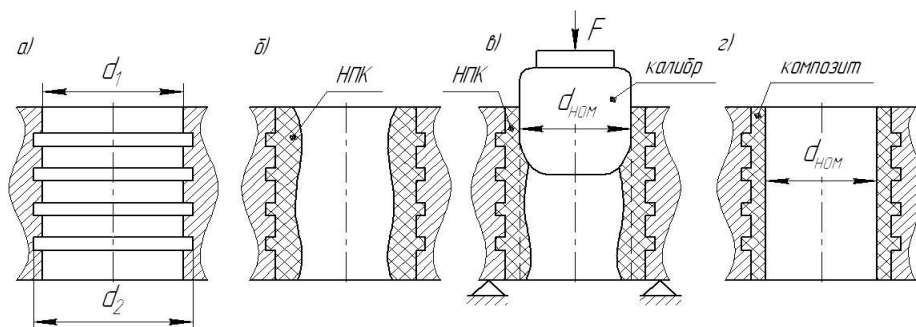


Рис. 2. Технология восстановления посадочных отверстий калибровкой: а – разделка изношенного отверстия; б – нанесение НПК; в – калибровка посадочного отверстия в частично отвержденном НПК; г – восстановленное посадочное отверстие; F – усилие калибрования; d_1 – диаметр проточенного отверстия; d_2 – наружный диаметр канавок; $d_{ном}$ – номинальный диаметр посадочного отверстия.

Технология восстановления посадочных отверстий калиброванием включает следующие операции:

1. растачивание изношенного отверстия (рис. 2, а);
2. нанесение НПК с припуском на калибровку (рис. 2, б);
3. частичное отверждение НПК (до пластичного состояния);
4. калибрование отверстия до номинального размера $d_{\text{ном}}$ (рис. 2, в);
5. окончательное отверждение НПК, образование композита (рис. 2, г).

Преимущества технологии: высокая размерная точность восстановленного посадочного отверстия; отсутствие механической обработки композита восстановленной поверхности посадочного отверстия; уменьшение дефектов (пор, трещин, расслоений) в композите вследствие уплотнения частично отвержденной НПК при калибровке; из-за двухэтапного отверждения НПК уменьшается влияние усадки на размеры отверстия.

Недостатки технологии: использование НПК с высокими тиксотропными свойствами; использование набора специальных инструментов – калибров; отверждение НПК в два этапа: до калибровки и после калибровки; необходимость использования разделительных составов (восковая мастика, масло, ЦИАТИМ); необходимо центрирующее приспособление для правильного расположения оси посадочного отверстия относительно базовых поверхностей корпусной детали.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Голубев, И.Г. Восстановление деталей машин (Состояние и перспективы) [Текст] / Черноиванов В.И., Голубев И.Г., – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2010. – 376с.
2. Кричевский, М.Е. Применение полимерных материалов при ремонте сельскохозяйственной техники [Текст] / Кричевский М.Е.; - М.: Росагропромиздат, 1988. – 143с.
3. Ли, Р.И. Применение полимерных материалов в подшипниковых узлах при изготовлении и ремонте машин: монография [Текст] / Р.И. Ли. – Мичуринск: Изд-во МичГАУ, 2010. – 160с.

УДК 62-233

Н. О. Бык, П. В. Пучков

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

ПОВЫШЕНИЕ ВНЕДОРОЖНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ПОЖАРНОЙ ТЕХНИКИ С КОЛЕСНЫМ ДВИЖИТЕЛЕМ

Ключевые слова: движитель, гусеничный движитель, трак, автоцистерна, пожар.

Аннотация: В данной статье пойдет речь о повышении внедорожных характеристик колесной пожарной техники на примере автоцистерны АЦ-5,5-40 (5557) на базе автомобиля «УРАЛ». Повысить внедорожные характеристики данного автомобиля для тушения пожаров и загораний в сельской местности можно с помощью съемного гусеничного движителя, устанавливаемого непосредственно на задние колеса автомобиля.

N. O. Byk, P. V. Puchkov

IMPROVING OFF-ROAD FIRE ENGINE CHARACTERISTICS WITH A WHEEL DRIVE

Keywords: engine, crawler, truck, tanker, fire.

Abstract: This article will focus on improving the off-road characteristics of wheeled fire equipment on the example of the AC-5.5-40 (5557) tanker based on the URAL car . You can improve the off-road performance of this vehicle to extinguish fires and fires in rural areas by using a removable crawler engine that is installed directly on the rear wheels of the car.

Известно, что в России всего две беды, вторая из которых - это «Автомобильные дороги». В нашей стране большое количество населенных пунктов: деревень, сёл, сельских поселений и т.п., подъездные пути к которым имеют неудовлетворительное дорожное покрытие или не имеют его вовсе (грунтовые дороги). Подъездные пути неудовлетворительного качества к таким населенным пунктам затрудняют оказание помощи населению в чрезвычайной ситуации такими службами как скорая медицинская помощь, газовая служба, пожарная охрана, полиция и т.п. В случае возникновения пожара в сельской местности, например, при весеннем пале сухой травы лишь специальная пожарная техника сможет добраться по бездорожью до места пожара. Препградой на пути следования специальной техники могут стать пашни, раскисший грунт, снежные заносы, минерализованные полосы и т.п.

Наиболее распространенным видом техники, которым оснащают пожарно-спасательные части России является автоцистерна АЦ-5,5-40 (5557) на базе автомобиля «УРАЛ». Данный автомобиль обладает хорошими внедорожными характеристиками, поэтому он применим не только в городской среде с хорошим асфальтобетонным дорожным покрытием, но и в сельской местности. Повысить внедорожные характеристики данного автомобиля можно с помощью съемного гусеничного движителя, устанавливаемого непосредственно на задние колеса автомобиля (Рис.1). В широком смысле гусеничный движитель (гусеница) – это замкнутая сплошная лента из шарнирно-соединенных звеньев (траков), которая применяется в гусеничном движителе. На внутренней поверхности гусеницы имеются впадины или выступы, с которыми взаимодействуют ведущие колёса, опорные и поддерживающие катки машины. Данное техническое решение должно повысить внедорожные характеристики пожарного автомобиля в условиях бездорожья, в размокшем грунте, при движении по глубокому снегу [1,2].



Рис. 1. Автоцистерна АЦ-5,5/40 на базе Урал (5557) с установленным гусеничным движителем

Съемная гусеница является дополнительным приспособлением к автомобилю и не требует внесения изменений в его конструкцию. Конструкция гусеницы такова, что она легко может быть установлена и демонтирована на задних колесах автоцистерны непосредственно на месте её использования.

В настоящее время разработан целый ряд конструкций съемных гусениц, отличающиеся как по конструкции, материалу, из которого они изготовлены, так и по другим важными параметрам. Однако многие существующие конструкции гусениц имеют ряд недостатков.

Например, съемные гусеницы, производимые компанией АУГЕР для шасси грузовых автомобилей имеют следующие конструктивные недостатки:

1. Траки данной гусеницы имеют небольшую площадь пятна контакта с грунтом и достаточно большие зазоры между соседними траками;
2. Гусеница не ремонтпригодна в полевых условиях. Невозможно заменить, вышедший из строя трак, так как все траки приварены к соединяющей их цепи.
3. Большой вес гусеницы. Гусеница изготовлена из конструкционной углеродистой стали, что значительно повышает ее вес (плотность углеродистой стали составляет 7800 кг/м^3).
4. Протектор на траках гусеницы отсутствует, что в значительной степени снижает сцепление гусеницы с поверхностью грунта (снега).

Учитывая недостатки существующих аналогов, предлагается разработать новую конструкцию гусеницы. На первом этапе проектирования была разработана конструкция отдельного звена гусеницы – трака. На рисунке 2 представлена конструкция трака.

Разработанная конструкция трака для гусеницы включает в себя дугообразный несущий корпус (1), к которому приварены пластины с ригелями (4). Дугообразный корпус трака выгнут по профилю покрышки колеса. Ригели необходимы для точной установки соединительной пластины (5) на корпусе (1). Ригели исключают возможность изменения положения соединительной пластины относительно корпуса. Соединительная пластина (5) прикрепляется к корпусу трака (4) посредством винта (6). На корпус (1) присоединяется накладka перфорированная (2). Перфорация накладки (2) необходима для снижения веса накладки. Накладка (2) оснащена грунтозацепами (3) для обеспечения уверенного сцепления гусеничного движителя с грунтом, снегом и т.п.

Траки между собой соединяются подвижно в замкнутую сплошную ленту с помощью соединительных колец (рис. 3).

Данная конструкция гусеницы ремонтпригодна даже в полевых условиях, так как все составные элементы трака являются быстросъемными и взаимозаменяемыми. Накладки трака представляют собой широкие пластины, которые обеспечивают бо́льшую площадь пятна контакта гусеницы с поверхностью земли и тем самым обеспечивают равномерное распределение веса автомобиля на грунт. Грунтозацепы обеспечивают хорошее сцепление гусеницы с поверхностью грунта.

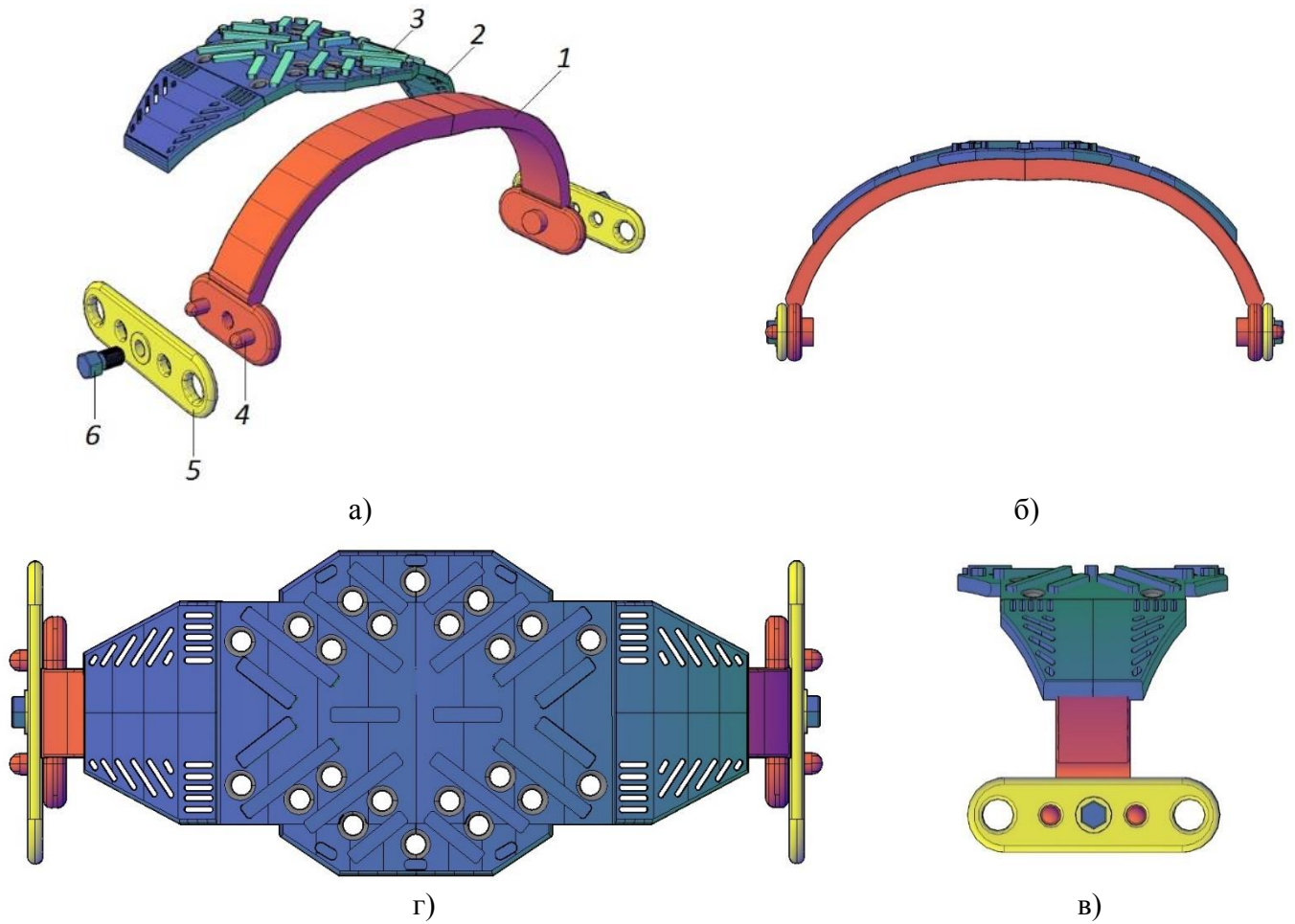


Рис. 2. Конструкция трака: а – трак детализовка (1 – корпус; 2 – накладка перфорированная; 3 – грунтзацеп (протектора); 4 – ригель; 5 – соединительная пластина; 6 – винт); б – трак (главный вид); в – трак (вид сбоку); г – трак (вид сверху)

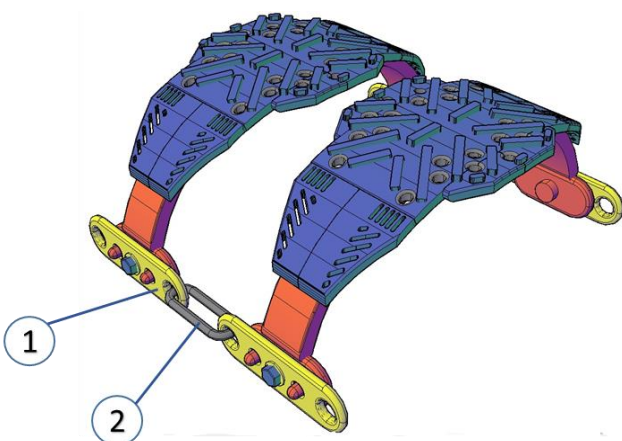


Рис. 3. Соединение траков между собой:
1 - соединительная пластина;
2 – соединительное кольцо

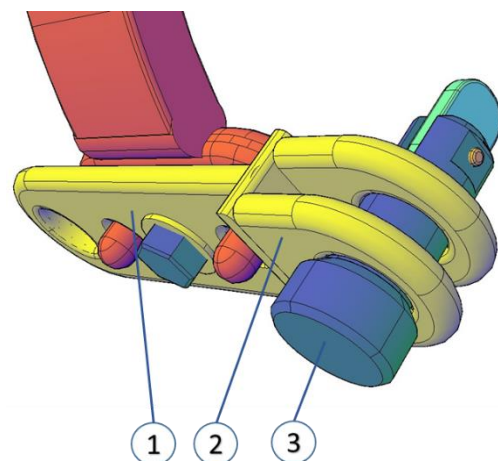


Рис. 4. Соединительная пластина с «вилка»:
1 – соединительная пластина;
2 – проушина; 3 –штифт-соединитель

Для соединения гусеницы в замкнутую сплошную ленту на последнем траке на соединительной пластине гусеницы (1) предусмотрена «вилка» (2) со штифтом-соединителем (3) (Рис. 5 и Рис.6).

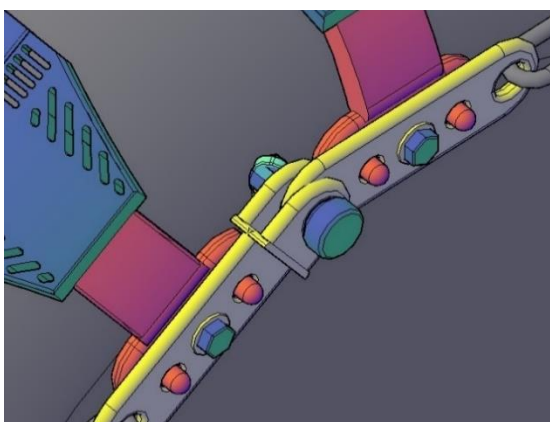


Рис. 5. Соединение гусеницы в сплошную ленту

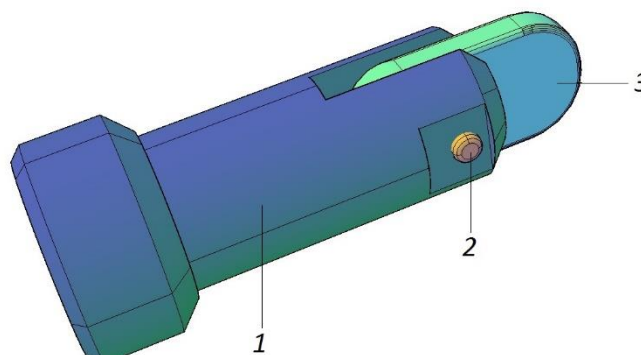


Рис. 6. Штифт соединитель: 1 – тело штифта; 2 – ось; 3 – пластина

Соединение гусеницы производится так: в вилку соединительной пластины последнего звена помещается соединительная пластина первого трака. Необходимо совместить отверстия «вилки» с отверстием соединительной пластины первого звена, как показано на рисунке 5.

Соединение первого и последнего траков гусеницы производится с помощью штифта – соединителя. Конструкция штифта соединителя представлена на рисунке 6.

Штифт соединитель продевается через отверстие в «вилке» соединительной пластины последнего трака и отверстие в вилке соединительной пластины первого трака (Рис. 5) и фиксируется на них с помощью пластины поворотной (3) (Рис. 6) [3,4,5].

Трехмерная модель гусеницы, установленной на задних колесах автоцистерны АЦ-5,5/40 на базе Урала (5557) и соединенная в замкнутую сплошную ленту представлена на рисунке 7.

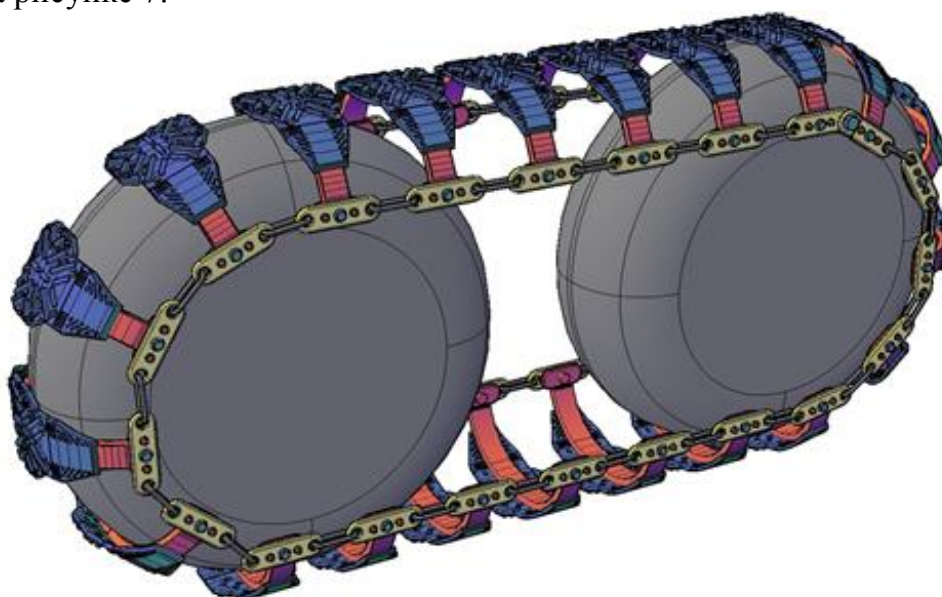


Рис. 7. Трехмерная модель гусеницы в сборе

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пожарная техника: Учебник / Под ред. М.Д. Безбородько.-М.: Академия ГПС МЧС России, 2004.-550 с.
2. Тарабасов Н. Д., Учаев П. Н., Проектирование деталей и узлов машиностроительных конструкций: Справочник. — М., Машиностроение, 1983. — 239 с, ил.
3. 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.
4. 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. / В сборнике: Состояние и перспективы развития электро- и теплотехнологии Материалы международной научно-технической конференции: (XVIII Бенардосовские чтения). – 2015. – С. 330-333.
5. Топоров А.В., Топорова Е.А., Пучков П.В. Комбинированное торцевое магнитожидкостное уплотнение. Патент на полезную модель RU 88407, 10.11.2009. Заявка № 2009119542/22 от 22.05.2009.

УДК 621.225.7:621.9.04

П. И. Валиков, Б. В. Степанов, Р. Л. Мусатов, Д. В. Клеветов, Д. А. Старостин, В. С. Гаврилова
АО ВНИИ «Сигнал»

ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК РОБОТИЗИРОВАННЫХ ГУСЕНИЧНЫХ МАШИН ПОЖАРОТУШЕНИЯ ЗА СЧЕТ ПРИМЕНЕНИЯ СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ ГИДРООБЪЕМНЫХ ПЕРЕДАЧ МЕХАНИЗМА ПОВОРОТА

Ключевые слова: гусеничный робототехнический комплекс пожаротушения, гидрообъемная передача механизма поворота, аксиально-поршневая гидромашина, пара трения.

Аннотация: В статье изложены подходы к обеспечению долговечности гидрообъемных передач механизма поворота гусеничных робототехнических комплексов пожаротушения. Это достигается путем снижения износа пар трения аксиально-поршневых гидромашин, обеспечивающих работу гидропередачи, за счет получения характеристик поверхностного слоя деталей различными техническими решениями.

P. I. Valikov, B. V. Stepanov, R. L. Musatov, D. V. Klevetov, D. A. Starostin, V. S. Gavrilova

WAYS TO IMPROVE THE PERFORMANCE OF ROBOTIC CATERPILLAR FIRE-FIGHTING MACHINES BY USING MODERN TECHNICAL SOLUTIONS IN THE MANUFACTURE OF HYDRODRIVE GEARS OF THE TURNING MECHANISM

Keywords: caterpillar robotic fire fighting complex, hydraulic transmission of turning mechanism, axial-piston hydraulic machine, friction pair.

Abstract: The article describes approaches to ensuring the durability of hydroloam gears of the mechanism for turning caterpillar robotic fire fighting complexes. This is achieved by reducing wear of friction pairs of axial-piston hydraulic machines providing operation of hydraulic transmission due to obtaining characteristics of surface layer of parts with various technical (design and technological) solutions.

На сегодняшний день повсеместное применение роботизированной техники приобрело роль ключевого научно-технологического направления. Становится очевидной необходимость роботизации машин в т.ч. и для пожаротушения, а развитие специальной пожарной техники немислимо без широкого использования технологий робототехники. Это обеспечивает более эффективные меры борьбы в экстремальных режимах работы. Неотъемлемым кластером роботизированных комплексов для пожарных служб являются машины на гусеничном шасси. В России подобные робототехнические комплексы в настоящее время представлены широким классом машин, такими как «МРУП», «Ель», «Кедр», «Луф» и др. [1].

На базе АО «ВНИИ «Сигнал», в рамках разработки пункта дистанционного управления (ПДУ) для управления специальными пожарными машинами тяжелого класса также ведется разработка многофункционального гусеничного бронированного робототехнического комплекса тяжелого класса на базе специальной пожарной машины [2].

Основной особенностью специальных робототехнических комплексов является отсутствие экипажа, силами которого возможно бы оперативное устранение неполадок. Ввиду этого предъявляются высокие требования к надежности техники в целом и к входящим в нее узлам.

Повышение требований к гусеничным машинам тяжелого класса по скорости и маневренности делает невозможным применение ступенчатых механизмов поворота для управления криволинейным движением машины. В связи с этим целесообразно использование в качестве механизмов поворота (МП) таких машин гидрообъемных передач (ГОП).

АО «ВНИИ «Сигнал» имеет собственный опыт проектирования ГОП МП. В рамках проведенной опытно-конструкторской работы по созданию ГОП МП весомый вклад был внесен соисполнителем ФГБОУ ВО «КГТА им. В.А. Дегтярева» и лично д.т.н., проф. Вороновым Сергеем Андреевичем. Подробно о характеристиках, достоинствах, недостатках и возможных путях повышения качества работы ГОП МП гусеничных машин изложено в [3-4].

Несмотря на это стоит задача по повышению долговечности гидрообъемных передач механизма поворота. Поэтому, одним из главных приоритетов в своих разработках для АО «ВНИИ «Сигнал» как раз и является высокая надежность выпускаемых изделий [5].

Характеристики работы ГОП МП обеспечиваются их основными элементами – аксиально-поршневыми гидромашинами с наклонным диском (АПГМНД) (см. рисунок 1). Работу АПГМНД в свою очередь обеспечивают прецизионные пары трения (поршень/стенки отверстия блока цилиндров, башмак/опора, стальной/латунный распределитель, поршень/башмак).

В процессе работы гидромашины происходит интенсивный износ указанных пар трения, что приводит к снижению КПД за счет повышения утечек через увеличение зазоров и к выходу АПГМНД и всего ГОП МП.

Износ пар трения АПГМНД может иметь различную природу [6] – от усталостного и абразивного до износа при схватывании. При этом для сопротивления каждому из видов износа необходимо обеспечение различных параметров качества поверхности.

Таким образом, контактирующие поверхности деталей прецизионных пар трения, обеспечивающих работу АПГМНД и ГОП МП, должны отвечать огромному многообразию требований по качеству поверхностного слоя. Анализ различных характеристик поверхностного слоя, изложенный в [7-10] показал, что одними из перспективных направлений их обеспечения в АО «ВНИИ «Сигнал» являются: формирование регулярных микрорельефов поверхности детали за счет управления качеством механической обработки; нанесение на поверхность контактирующих деталей полимерных покрытий; лазерная обработка (термоупрочнение).

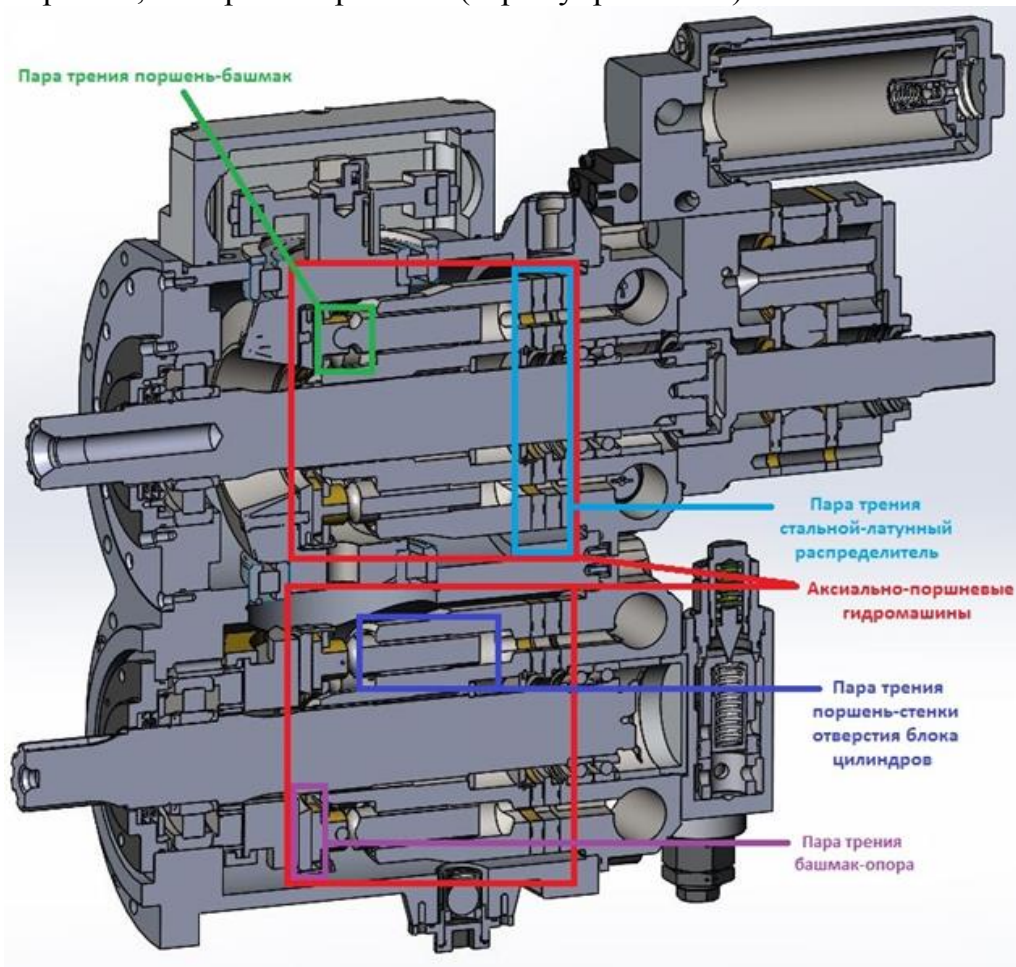


Рис. 1. Твёрдотельная 3D модель ГОП МП ЗРК «БУК»: усеченный вид с указанием основных элементов и пар трения

Микрорельеф поверхности с равными высотными параметрами шероховатости может существенно отличаться по параметрам опорной кривой профиля, характеризующей величины высоты быстроизнашивающихся выступов, глубины маслоемких впадин и несущую способность поверхности [11]. При этом на макроуровне на харак-

теристики поверхностей трения существенное влияние оказывает параметр волнистости [12].

В АО «ВНИИ «Сигнал» проведен ряд работ, направленных на создание технологии получения поверхностного слоя стальных деталей пар трения посредством точения [11] (для цилиндрических пар трения) и посредством точения с последующей доводкой [12] (для плоских и сферических поверхностей), что позволяет обеспечить высотные параметры шероховатости деталей пар трения и параметры опорной кривой профиля и волнистости.

В части выбора материалов контактирующих поверхностей предложена методика выбора материалов пар трения, базирующаяся на математической модели интенсивности износа [13]. По предложенному критерию сравнительной интенсивности износа осуществляется выбор материала, способного работать заданных условиях нагружения пары трения АПГМНД ГОП МП, прогнозируемый износ которого будет наименьшим.

Также, в рамках исследований возможности повышения физико-механических свойств (износостойкости, теплостойкости, твердости) поверхностного слоя деталей пар трения АПГМНД проведена серия экспериментальных работ по установлению влияния режимов лазерной обработки многоканальным CO₂-лазером на показатели микротвердости и износостойкость упрочнённых поверхностей. Экспериментально выявлено, что износостойкость упрочнённых поверхностей образцов из среднеуглеродистых сталей увеличивается в 2,5÷3,5 раза. Подробно результаты работ по лазерному термоупрочнению изложены в [14-16].

Вышеуказанные подходы и направление работы в целом относятся к известному «принципу инверсии технологии». Таким образом, предложенный ряд мероприятий по обеспечению различных свойств поверхностного слоя деталей прецизионных пар трения АПГМНД позволит снизить интенсивность всех видов изнашивания и, как следствие, обеспечить надежность ГОП МП.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Каталог пожарных роботов. URL: <http://robotrends.ru/robotpedia/katalog-pozharnyh-robotov> (Дата обращения 19.03.2020г.)
2. Родионов, В.В. Унифицированная система управления робототехническими комплексами [Текст] / В.В. Родионов, С.И. Филиппов, Д.А. Варабин // ИЗВЕСТИЯ ЮФУ. ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ. - Ростов на Дону: Южный федеральный университет. № 1(195)., 2018., С.128-140.
3. Гаврилова, В.С. Пути повышения параметров надежности системы управления движением военных робототехнических комплексов на базе электрогидравлических приводов [Текст] / В.С. Гаврилова, Д.В. Клеветов, Р.Л. Мусатов // Гидропневмоавтоматика и гидропривод – 2015 [Текст]: сборник научных трудов / под ред. д-ра техн. наук Е.М. Халатова. – Ковров: ФГБОУ ВПО «КГТА им. В.А. Дегтярева», 2015. С.177-183.
4. Тувыкин, И.А. Развитие гидрообъемного привода механизма поворота в ОАО «ВНИИ» Сигнал [Текст] / И.А. Тувыкин, О.В. Косорукова // Достижения в области технических наук: сборник научных трудов, посвященных 60-летию высшего образования в городе Коврове. – Ковров: ФГБОУ ВПО «КГТА им. В.А. Дегтярёва», 2012. – с. 233-240
5. Новоселов, Б.В. Высокая надежность разработок -главный приоритет ОАО «ВНИИ «Сигнал» [Текст] /Б.В. Новоселов // Материалы IV Всероссийской научно-технической кон-

ференции «Информационно-измерительные и управляющие системы военной техники» (Владимир, 13-14 ноября 2014 г.). -М.: Изд-во РАН, 2014. - С. 122-125.

6. Гаврилова, В.С. Анализ факторов, влияющих на выбор поверхностного слоя материала сопряженных деталей пар трения [Электронный ресурс] / В.С. Гаврилова, С.А. Воронов // Инженерный журнал: наука и инновации, 2015, вып. 11. URL: <http://engjournal.ru/catalog/mesc/meng/1448.html> (Дата обращения 19.08.2019г.) (Полный текст: <http://engjournal.ru/articles/1448/1448.pdf>)

7. Баландин, С.В. О выборе антифрикционных материалов для пар трения гидрообъемных передач военных гусеничных машин [Текст] / С.В. Баландин, С.А. Воронов // Достижения в области технических наук: сборник научных трудов, посвященных 60-летию высшего образования в городе Коврове. – Ковров: ФГБОУ ВПО «КГТА им. В.А. Дегтярёва», 2012. - С.341-352.

8. Технология финишной обработки ответственных деталей электрогидравлических систем стабилизации и наведения [Текст]: Отчет по НИР (заключ.): ФГБОУ ВО «КГТА им. В.А. Дегтярева»; рук. Лаврищева Е.Е. – Ковров, 2017. – 59 с. – Исполн.: Клеветов Д.В. – Библиогр.: с.54-59. – № ГР АААА-А17-117121990142-2. – Инв.№ АААА-Б18-218020990101-3.

9. Сулов, А.Г. Геометрическое обеспечение параметров состояния поверхностного слоя деталей [Текст] /А.Г. Сулов // М.: Машиностроение, 1987. – С. 208.

10. Васильков, Д.В. Приборы и комплексы контроля качества поверхностного слоя ответственных деталей машин [Текст] / Д.В. Васильков, С.Ю. Иванов //Металлообработка. 2003. №6 (18). С. 41-45.

11. Гаврилова В.С., Косорукова О.В. Обеспечение рациональной шероховатости поверхностей трения аксиально-поршневых насосов с наклонным диском // Металлообработка. – 2018. - №5 (108). – С. 25-29.

12. Клеветов, Д.В. Управление эксплуатационными характеристиками пар трения за счет управляемой финишной обработки [Текст] / Д.В. Клеветов // Вооружение. Технология. Безопасность. Управление: материалы VIII Всероссийской научно-технической конференции. – Ковров: ФГБОУ ВО «КГТА имени В.А. Дегтярева», 2018. С. 362-372.

13. Гаврилова, В.С. Методика выбора материалов покрытий поверхностей трения аксиально-поршневых гидромашин. [Текст] / В.С. Гаврилова, С.А. Воронов // Упрочняющие технологии и покрытия – Москва: Издательство Инновационное машиностроение. 2016/06. С. 3-7.

14. Клеветов, Д.В. Выявление эмпирических зависимостей параметров лазерного излучения многоканального СО₂ лазера с применением регрессионного анализа [Текст] / Д.В. Клеветов, Д.А. Старостин, А.П. Егоров // Вооружение. Технология. Безопасность. Управление: материалы VIII Всероссийской научно-технической конференции. – Ковров: ФГБОУ ВО «КГТА имени В.А. Дегтярева», 2018. С. 21-30.

15. Starostin D.A., Biryukov V.P., Klevetov D.V. and Yudkin V.F. Effect of laser hardening modes on the hardening zone geometric parameters and tribological properties of 40Cr steel // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 489 (2019) 012032 (DOI:10.1088/1757-899X/489/1/012032).

16. Бирюков, В.П. Определение механических и трибологических свойств поверхностей трения при лазерном упрочнении стали 40X [Текст] / В.П. Бирюков, Д.А. Старостин, Д.В. Клеветов // Journal of Advanced Research in Technical Science. 2019. № 15. С. 26-30. (DOI:10.26160/2474-5901-2019-15-26-30).

УДК 621.1

И. И. Ведерникова

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

УВЕЛИЧЕНИЕ ПРОЧНОСТИ НИТЕПРОВОДЯЩИХ ДЕТАЛЕЙ

Ключевые слова: микродуговое окисление, электролит, свойства, структура, изнашивание, твердость, износостойкость.

Аннотация: Объектом исследования являются проблемы увеличения прочности поверхностей нитепроводников.

I. I. Vedernikova

INCREASING THE STRENGTH OF THREAD -CONDUCTING PARTS

Keywords: microarc oxidation , electrolyte, properties, structure, wear, hardness, wear resistance.

Abstract: The object of research is the problem of increasing the strength of the surfaces of thread conductors.

Изменение и рост современного производства диктует разрабатывать узлы и механизмы, характеризующиеся комплексом высоких эксплуатационных характеристик. Такая проблема решается как модернизацией существующих, так и созданием принципиально новых технологий обработки металлов и сплавов. Изнашивание деталей, работающих в зоне трения, это одна из главных проблем снижения срока службы машин. В тоже время увеличение надежности и уменьшение затрат при эксплуатации – актуальный вопрос для всех отраслей промышленности.

При работе механизмов текстильных машин создаются очень непростые условия: высокие скорости (например, частота вращения прядильных камер машин пневмомеханического прядения достигает 100.000 мин^{-1} и более), чувствительные динамические воздействия (трепальные, чесальные, ленточные машины и пр.) и значительные удельные нагрузки. Также основная масса рабочих механизмов текстильных машин действуют при сильной запыленности, обладающей абразивными качествами, при усиленной влажности, например, прядильные и ткацкие машины. На интенсивность изнашивания нитепроводящих рабочих органов значительно влияют характеристики абразивных частиц, их твердость, прочность, форма, концентрация. Еще первыми работами, проведенными учениками научной школы Худых М.И., определено, что характер изнашивания рабочих органов различными текстильными волокнами является абразивным и в основном находится в зависимости от твердости изнашиваемого материала.[1] Поэтому нитепроводящие детали должны характеризоваться высокой износостойкостью и повышенной чистотой поверхности для уменьшения обрывностей нити. Нитепроводники производят главным образом из сталей (Сталь20, 40Х, 12Х18Н10Т), латуни (Л59, Л70), а также из алюминиевых сплавов (АМг2, Д16) и керамики.

На данный момент существует большое количество способов увеличения прочности поверхностей, такие как: анодирование, азотирование, алмазное выглаживание, магнито-импульсная обработка (МИО), электрохимикомеханическая обработка (ЭХМО) и другие. Однако на выбор того или иного метода упрочнения металлических изделий влияет множество причин: физико-химические характеристики; взаимодействие с агрессивными средами; трудоемкость; экологические аспекты; экономические параметры.

Рассмотрим некоторые методы увеличения прочности поверхности. Алмазное выглаживание применяют для обработки стали, цветных металлов и других сплавов. Принимая во внимание повышенную хрупкость алмаза, не следует обрабатывать выглаживанием дискретные поверхности. Из-за неустойчивости качества, выглаживанию не подвергают изделия с существенными отклонениями формы в поперечном сечении или неравномерной твердостью поверхности. Магнито-импульсной обработке зачастую подвергают лезвийный режущий инструмент и подверженные динамической нагрузке детали машин для повышения их стойкости и надежности работы. ЭМХО обрабатывают детали сложной формы из труднодеформируемых, прочных и твердых металлов и сплавов. При проведении объемной закалки нагревание в печи без защитной среды обуславливает образование оксидной пленки и последующую необходимость ее удаления из-за плохих эксплуатационных характеристик при работе текстильных машин. Индукционная и лазерная закалка нуждаются в применении дорогого оборудования и при обработке мелких и средних партий деталей убыточны. Азотированием обрабатывают легированную, конструкционную, инструментальную стали, и там, где нужно особое качество деталей, а также требует вакуумной камеры.[2] Этот процесс, как и лазерный нагрев, является дорогостоящим.

Одним из передовых и более соответствующий на сегодняшний день способов увеличения прочности поверхности нитепроводящих деталей является микродуговое оксидирование (МДО).

Микродуговое оксидирование (МДО) – сравнительно новый вид обработки и упрочнения поверхностей, главным образом, металлических материалов (стали, алюминиевые сплавы), возникший от традиционного анодирования, и соответственно классифицируется как электрохимический процесс. Микродуговое оксидирование дает возможность производить многофункциональные керамикоподобные покрытия с исключительным комплексом свойств, в том числе износостойкие, коррозионностойкие, теплостойкие, электроизоляционные и декоративные покрытия. Характерной чертой микродугового оксидирования оказывается участие в процессе образования покрытия поверхностных микроразрядов, весьма значительно и специфически воздействуя на формирующееся покрытие, в результате которого состав и структура получаемых оксидных слоев существенно отличны, а свойства в большей степени увеличиваются по отношению к обычным анодированным покрытиям. При использовании МДО не меняются габаритные размеры вследствие небольшой толщины слоя, а физико-механические свойства в разы возрастают.

Иными вескими специфическими особенностями обработки МДО являются ее экологичность, а также отсутствие необходимости тщательной предварительной подготовки поверхности в начале технологического процесса и применения холодильного оснащения для получения относительно толстых пленок. По отношению к более чем дорогостоящим и не позволяющим значительно увеличить их эксплуатационные

показатели в условиях производства методом микродугового оксидирования является весьма экономически выгодным.

Свойства МДО-покрытий обусловлены их составом и структурой, которые также находятся в зависимости от материала основы, состава электролита и режима процесса. МДО-покрытия, получаемые на алюминиевых сплавах, имеют следующие характеристики [3]: толщина до 400 мкм; микротвердость до 2500 кг/мм²; пробойное напряжение до 6000 В; теплостойкость – выдерживает тепловой удар до 25000 °С; коррозионная стойкость – 1-й балл по десятибалльной шкале; износостойкость на уровне твердых сплавов; пористость от 2 до 50 % (регулируемая).

Слабым звеном обработки МДО является весьма непростой процесс, состоящий из нескольких периодов, происходящих последовательно или параллельно: 1 – химическая реакция материала основы и образующегося покрытия с электролитом; 2 – электрохимические процессы, возникающие до зажигания электрического разряда и в местах, где электрического разряда в данный момент нет (анодирование в водных растворах электролитов, электролиз); 3 – непосредственно микродуговое оксидирование, включающее в себя короткие начальные этапы люминесценции и искрения; главный этап горения микродуговых разрядов и, наконец, после формирования покрытия определенной толщины, переход микродугового разряда в дуговой.

Резюмируя вышеизложенное, можно сказать, что главной особенностью процесса микродугового оксидирования, в отличие от давшего ему начало традиционного анодирования, является применение энергии электрических разрядов, перемещающийся по обрабатываемой поверхности, погруженной в электролит, которая своеобразно термически, плазмохимически и гидродинамически воздействует на материал основы, само покрытие и электролит. В итоге этого воздействия образуются керамикоподобные пленки с регулируемым в значительном спектре элементным и фазовым составом, структурой и свойствами. Иным технологическим признакам соответствует то, что процесс проводится при рабочих напряжениях на один-два порядка выше – до 1000 В, причем чаще используется не постоянный, а переменный и импульсный токи, а электролиты применяются не кислотные, а, в основном, слабощелочные. К характерным чертам операции МДО можно также отнести высокие температуры в разрядных каналах и, как следствие, образование высокотемпературных фаз в покрытиях; распад воды с образованием атомарного и ионизированного кислорода; местное повышение концентрации электролита и своеобразные плазмохимические реакции в зоне разряда; локальную последовательную переработку в разряде оксидов, формирующихся электрохимическим путем. Главными достоинствами операции МДО являются: необязательность применения специальной предварительной подготовки обрабатываемой поверхности; отсутствие агрессивности и экологичность электролитов; возможность получения толстых (до 300-400 мкм) покрытий без применения сложного и экологически опасного холодильного оборудования и достижение исключительно высокой твердости (до 2000-2500 кг/мм²) и износостойкости МДО-покрытий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Повышение износостойкости рабочих поверхностей деталей машин: монограф. Ветерникова И.И. Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина. Иваново, 2013.

2. Повышение ремонтпригодности роторов пневмопрядильных устройств. Ведерникова И.И., Егоров С.А. Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. 2011. № 2 (331). С. 87-88.

3. Повышение долговечности прядильных камер пневмомеханических прядильных машин. Ведерникова И.И., Егоров С.А., Мутовкин И.Ф. Упрочняющие технологии и покрытия. 2006. № 12 (24). С. 39-42.

4. Повышение износостойкости рабочей поверхности прядильных камер пневмомеханических прядильных машин. Ведерникова И.И. диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук /Иваново, 2004.

5. Технология упрочнения рабочих поверхностей деталей машин. Ведерникова И.И., Егоров С.А. Сервис в России и за рубежом. 2013. № 1 (39). С. 123-129.

УДК 621.7.06

А. М. Власов, В. А. Полетаев

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

ПОВЫШЕНИЕ РЕСУРСА И НАДЕЖНОСТИ УСТРОЙСТВ С НАНОДИСПЕРСНОЙ МАГНИТНОЙ ЖИДКОСТЬЮ

Ключевые слова: подшипник, магнитожидкостное устройство, электродвигатель, ферромагнитная жидкость, герметизация.

Аннотация: Предлагается для повышения надежности устройств с нанодисперсной магнитной жидкостью после механической обработки поверхности подвергать пластическому поверхностному деформированию одновременно с нанесением немагнитного покрытия, после чего в устройстве создавать магнитное поле и вводить нанодисперсную магнитную жидкость.

А. М. Vlasov, V. A. Poletaev

INCREASING RESOURCE AND RELIABILITY OF DEVICES WITH NANODISPERSED MAGNETIC LIQUID

Keywords: bearing, magneto-liquid device, electric motor, ferro-magnetic fluid, sealing.

Abstract: It is proposed to increase the reliability of devices with nanodispersed magnetic fluid after surface machining to undergo plastic surface deformation simultaneously with the application of a non-magnetic coating, after which the device creates a magnetic field and introduces nanodispersed magnetic fluid.

Магнитожидкостные устройства предназначены для герметизации вводов вращательного, поступательного и более сложных видов движения, а также неподвижных соединений в вакуумных, пневматических и гидравлических системах. Магнитожидкостные устройства имеют ряд преимуществ по сравнению с традиционными уплотнениями (сальниковыми, манжетными, лабиринтными, щелевыми и др.): простота технического обслуживания; незначительные эксплуатационные расходы, отсутствие износа вала и низкие потери мощности двигателя на трение вследствие чисто жидкостного механизма трения в зазоре между устройством и валом; практически

нулевые утечки герметизируемой среды при заданных условиях работы; способность магнитных жидкостей выталкивать наружу попадающие в рабочий зазор немагнитные частицы пыли и влаги и способность к самозалечиванию. Магнитожидкостные устройства сохраняют работоспособность в любом пространственном положении, в условиях переменных и знакопеременных давлений и вибрационных воздействий, в стояночном и динамическом режимах. Устройства применяются на электродвигателях с целью защиты подшипников и других внутренних деталей двигателя от воздействия влаги и пыли, увеличивая его ресурс. Герметизация двигателя осуществляется по вращающемуся валу. В основе принципа действия магнитожидкостного устройства лежит уникальное свойство ферромагнитной жидкости удерживаться в зазоре между неподвижным и подвижным узлом при помощи создаваемого магнитного поля. Магнитожидкостное устройство выполняется в габаритах крышки подшипника электродвигателя и устанавливается непосредственно на него.

Известен способ повышения ресурса и надежности устройств с нанодисперсной магнитной жидкостью [1-2], включающий обработку поверхностей магнитопроводящих деталей, контактирующих с нанодисперсной магнитной жидкостью, механическим или гальваническим способом для понижения высоты и шага неровностей шероховатой поверхности. Поверхности магнитопроводящих деталей, контактирующих с нанодисперсной магнитной жидкостью, дополнительно подвергают пластическому поверхностному деформированию, после чего в устройстве создают магнитное поле и вводят нанодисперсную магнитную жидкость. Недостатком данного способа является необходимость использования отдельной технологической операции пластического поверхностного деформирования поверхностей магнитопроводящих деталей, контактирующих с нанодисперсной магнитной жидкостью, что усложняет и удлинняет общую технологию производства магнитожидкостных устройств и увеличивает их себестоимость.

Момент трения является одним из важнейших параметров магнитожидкостных устройств, который влияет на величины передаваемых моментов и мощности [3-5]. На момент трения магнитожидкостного устройства влияют: величина рабочего зазора, включающая величины шероховатости поверхностей полюсов и втулки, контактирующих с магнитной жидкостью, напряженность магнитного поля, вязкость используемой магнитной жидкости, градиент скорости сдвига в рабочем зазоре устройства.

Известно, что после механической обработки на поверхностях деталей образуются микронеровности [6-7]. Однородное магнитное поле около шероховатой магнитопроводящей поверхности перераспределяется и становится неоднородным. Рельеф поверхности состоит из чередующихся впадин и выступов. При расположении таких поверхностей в магнитном поле микронеровности становятся концентраторами линий векторного магнитного потенциала. Если поместить около шероховатой поверхности мелкодисперсную магнитную среду, например, магнитную жидкость, то магнитные частицы будут стремиться попасть в зону, где напряженности поля максимальна, то есть к вершине выступа, создавая здесь повышенную концентрацию частиц. Вершины выступов покрываются слоем частиц, которые прочно удерживаются на поверхности. Магнитные частицы выстраиваются также в цепочки по линиям магнитного поля. Силы взаимодействия между частицами, тем выше, чем сильнее напряженность магнитного поля. Прочность цепочек из частиц существенно выше около вершин выступов шероховатой поверхности, чем на некотором удалении, где поле равномерное.

Цепочки прочно связаны с вершинами выступов. Около шероховатой магнитопроводящей поверхности образуется слой магнитной жидкости с более сильным внутренним взаимодействием частиц, вследствие чего слой более прочный, чем слои жидкости в равномерном поле и, следовательно, менее подвижный. При движении шероховатой поверхности цепочки будут разрушаться в первую очередь в области однородного магнитного поля, где силы взаимодействия между частицами меньше. Около шероховатой поверхности будет существовать трудно разрушимый слой мелкодисперсной рабочей среды. Если рассматривается шероховатая поверхность вращающегося вала, то появление неподвижного слоя мелкодисперсной рабочей среды увеличивает эффективный диаметр вала. Возрастает момент трения вала устройства. Если толщина слоя ферромагнитной жидкости соизмерима с рабочим зазором устройства, то его появление сокращает величину рабочего зазора, способствует заметному увеличению градиента сдвига и напряжению сдвига дисперсной среды в зазоре и, соответственно, повышению потерь в магнитожидкостном устройстве [8-9].

Предлагается для повышения надежности устройств с нанодисперсной магнитной жидкостью, включающем последовательное выполнение отдельных операций механической, гальванической обработки (нанесение немагнитного покрытия) и пластическое поверхностное деформирование поверхностей магнитопроводящих деталей, контактирующих с нанодисперсной магнитной жидкостью, для понижения высоты и шага неровностей шероховатой поверхности, при котором магнитопроводящие детали, контактирующие с нанодисперсной магнитной жидкостью, после механической обработки подвергать пластическому поверхностному деформированию одновременно с нанесением немагнитного покрытия, после чего в устройстве создавать магнитное поле и вводить нанодисперсную магнитную жидкость.

На рис. 1. показана профилограмма шероховатости R_a наружной поверхности втулки из стали 40X13 ($R_a = 0,945$ мкм).

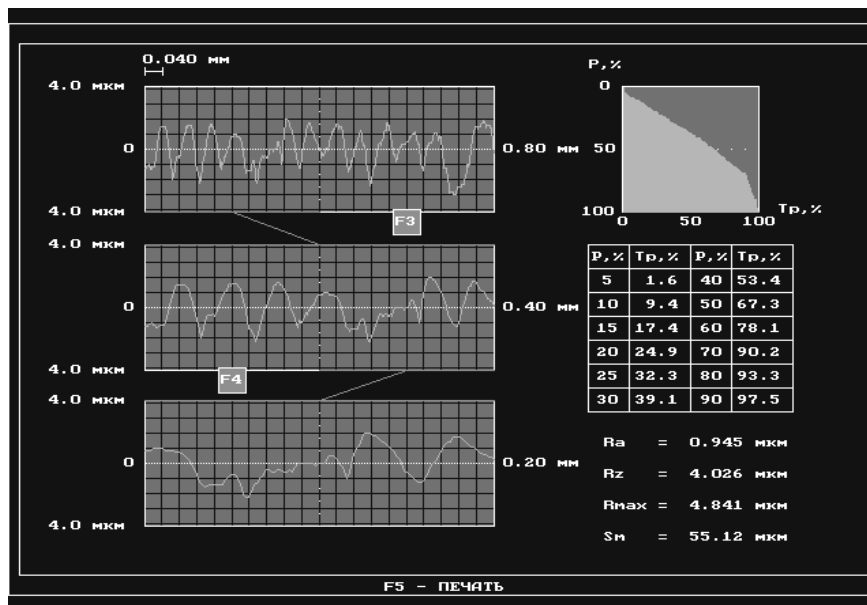


Рис. 1. Профилограмма шероховатости R_a наружной поверхности втулки из стали 40X13 ($R_a = 0,945$ мкм)

На рис. 2 представлена волнистость (мм) наружной поверхности втулки из стали 40X13 с шероховатостью $R_a = 0,945$ мкм: а) – продольная; б) – поперечная.

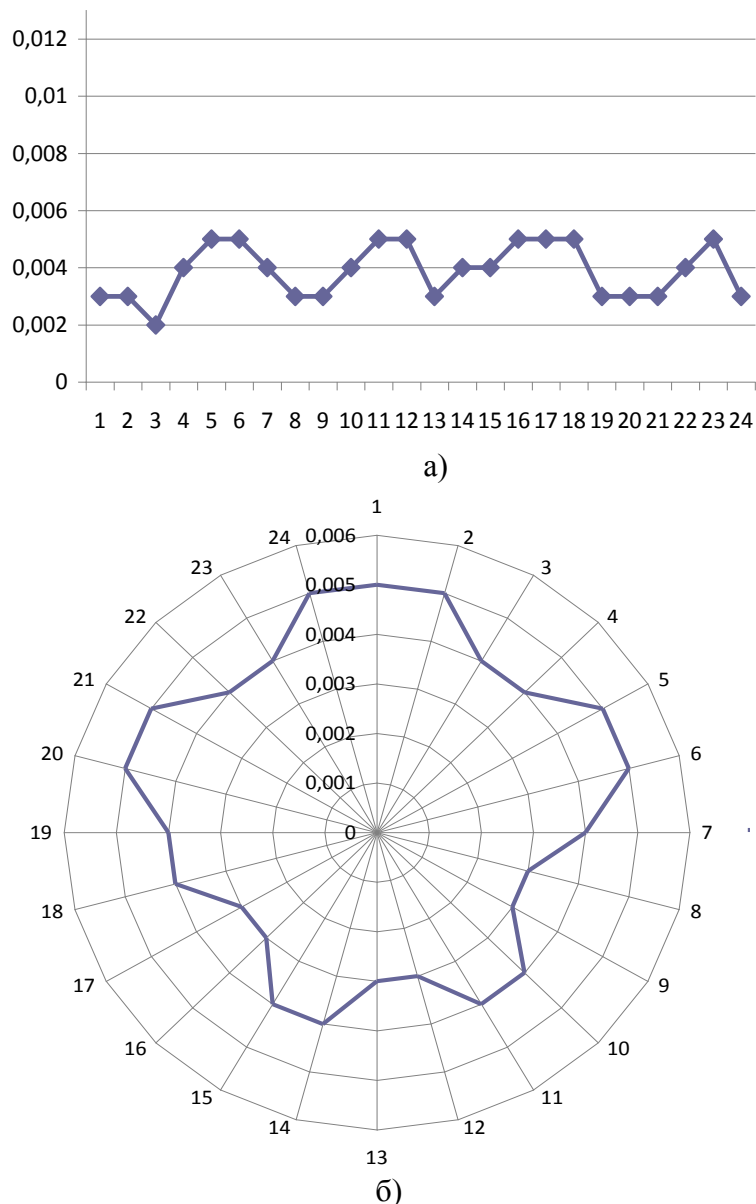


Рис. 2. Величина волнистости (мм) наружной поверхности втулки из стали 40Х13 с шероховатостью $Ra = 0,945$ мкм: а) – продольная; б) – поперечная

Важнейшими характеристиками магнитожидкостных герметизаторов, работающих в условиях внешнего трения, является их нагрузочная способность, потери на трение и износостойкость несущих деталей. Обычно наибольшее внимание обращается на первые два фактора. Однако вследствие изнашивания поверхностей трения изменяются размеры сопряжения, диаметр вала уменьшается, а внутренний диаметр втулки увеличивается, что приводит к возрастанию динамических нагрузок, увеличению потерь на трение и выходу магнитожидкостного герметизатора из строя [10]. Момент трения в этих условиях определяется величинами волн и шероховатости наружной поверхности вала и внутренней поверхностью втулки, температурой в рабочем зазоре.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Патент на изобретение RU №2536863 С2. Способ повышения ресурса и надежности устройств с нанодисперсной магнитной жидкостью. Полетаев, В.А., Перминов, С.М., Перминова, А.С., Заявка №2013115606/07 от 05.04. 2013. Оpubл. в Б.И. №28 от 27.12. 2014.
2. Патент на изобретение RU №2531070 С1. Магнитожидкостное уплотнение вала с пониженным моментом трения. Перминов, С.М., Полетаев, В.А., Перминова, А.С. Заявка №2013115605/06 от 05.04. 2013. Оpubл. в Б.И. №28 от 20.10. 2014.
3. Власов А.М., Полетаев В.А., Пахолкова Т.А. Установка для исследования эксплуатационных характеристик магнитожидкостных герметизаторов. Вестник УГАТУ–Уфа. 2017.Т.21. №2(76). С.17– 23.
4. Полетаев В.А., Перминов С.М., Пахолкова Т.А., Перминова А.С. Исследование магнитного поля рабочего зазора магнитожидкостного герметизатора классической конструкции. Вестник ИГЭУ, 2011. №5 – С.42-45.
5. Полетаев, В.А., Пахолкова, Т.А. Исследование моментов трения в рабочем зазоре герметизаторов при использовании разных типов магнитных жидкостей. Вестник ИГЭУ. Иваново, 2012. №4, С.35-38.
6. Полетаев В.А., Перминов С.М., Пахолкова Т.А., Власов А.М. Исследование влияния качества поверхности магнитных полюсов на момент трения магнитожидкостных герметизаторов. Трение и смазка в машинах и механизмах. 2014. №9. С.38 – 43.
7. Власов А.М., Полетаев В.А., Пахолкова Т.А. Построение трехмерной модели шероховатой поверхности. Новые материалы и технологии в машиностроении: сборник научных трудов. Брянск: Брянская государственная инженерно-технологическая академия. 2014. №20. С.19 – 22.
8. Казаков Ю.Б., Полетаев В.А., Пахолков, Т.А. Определение момента трения магнитожидкостного герметизатора с неоднородным магнитным полем на основе численного моделирования движения магнитореологической жидкости. Вестник ИГЭУ, 2010. №4. С. 51–55.
9. Полетаев В.А., Малинина Н.В., Казаков Ю.Б. Определение момента трения в магнитожидкостных уплотнениях. В сборнике: 14-я Международная Плесская научная конференция по нанодисперсным магнитным жидкостям: сборник научных трудов, сентябрь 2010, Плес, Россия. Под общей редакцией Ю.Б. Казакова. Иваново, 2010. С.381–385.
10. Власов А.М., Полетаев В.А., Пахолкова Т.В. Исследование моментов трения в рабочих зазорах магнитожидкостных устройств. В сборнике: Фундаментальная наука и технологии – перспективные разработки. Материалы IV международной научно-практической конференции. Научно-исследовательский центр “Академический”, 2014. С. 136–138.

УДК 621.83

С. А. Гарелина, К. П. Латышенко

ФГБВОУ ВО Академия гражданской защиты МЧС России

МЕХАНИЧЕСКИЕ ПЕРЕДАЧИ В АВАРИЙНО-СПАСАТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКЕ

Ключевые слова: механические передачи, редуктор, аварийно-спасательная техника, дисциплина «Детали машин».

Аннотация: В статье рассмотрены механические передачи и редукторы, которые используют в аварийно-спасательной технике. Представленный материал поможет развитию профессиональной компетенции у курсантов, обучающимся по специальности 23.03.03 «Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов», и будет полезен для повышения профессиональной компетенции преподавателей данной дисциплины.

S. A. Garelina, K. P. Latyshenko

MECHANICAL TRANSMISSION IN EMERGENCY EQUIPMENT

Keywords: mechanical transmission, gear, emergency equipment, discipline «machine parts».

Abstract: The article deals with mechanical transmissions and reducers that are used in emergency equipment. The presented material will help to develop professional competence of cadets studying in the specialty 23.03.03 «Operation of transport and technological machines and complexes», and will be useful for improving the professional competence of teachers of this discipline.

Кафедре механики и инженерной графики Академии гражданской защиты МЧС России поручено проводить занятия и разрабатывать методические материалы по дисциплине «Детали машин и основы конструирования» для курсантов 23.03.03, область профессиональной деятельности которых связана с «эксплуатацией, ремонтом и сервисным обслуживанием транспортных и транспортно-технологических машин различного назначения» (ФГОС специальности 23.03.03). В программе курса изучается устройство, принципы работы, а также методы конструирования деталей и узлов машин общего назначения, в том числе различных передач.

Новые требования к процессу обучения в ВУЗе предполагают переход от сложившейся традиционной технологии передачи знаний, ориентированной на усвоение знаний, к технологии обучения с приобретением опыта, разрабатываемую на основе практико-ориентированного обучения для повышения мотивации обучающихся на приобретение профессиональной компетентности. Подготовленность выпускника должна обеспечить его плодотворную работу сразу по окончании ВУЗа, поэтому курс «Детали машин и основы конструирования» мы максимально адаптировали под будущую специальность курсантов. В рамках представленного подхода к обучению в работе рассмотрен пример механических передач, редукторов, используемых в аварийно-спасательной технике.

В средствах энергообеспечения [1, 2] мы предлагаем рассмотреть передвижную насосную установку ПНУ, которая состоит из двигателя с муфтой сцепления, редуктора, центробежного насоса и щитка управления и автоматики двигателя. В ПНУ установлен одноступенчатый редуктор с цилиндрическими косозубыми шестернями.



Рис. 1. Передвижная насосная установка ПНУ 100-200

Установка УГБ-50М служит для бурения инженерно-геологических, гидрогеологических, разведочных и других скважин в грунтах I – IV категории (наиболее часто встречающиеся при устройстве водоснабжения) (рис. 2) [2].

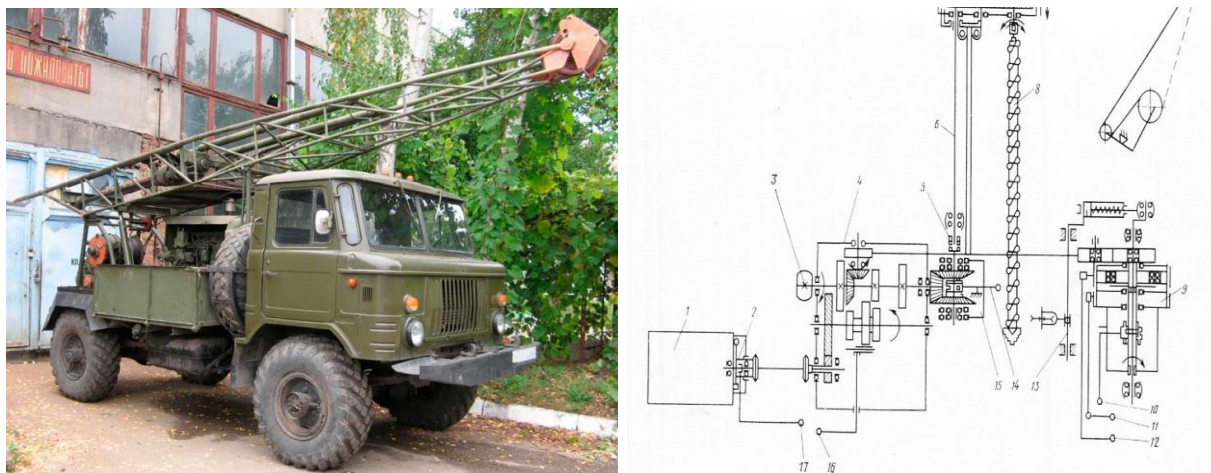


Рис. 2. Буровая установка УГБ-50 и схема её привода

В установке вращение от двигателя через муфту сцепления и промежуточный вал передаётся на коробку передач. После этого вращение через реверсивный редуктор, который имеет конические шестерни, подаётся на вращатель, а далее – через зубчатую передачу на лебёдку и соединённый с ней ударный механизм. От реверсивного редуктора вращающий момент через зубчатую муфту и приводной вертикальный вал вращения передаётся на подвижный вращатель и колонну шнеков. Через шкив, установленный на приводном валу коробки передач, с помощью клиноремённой передачи вращение может передаваться на буровой насос. Коробка передач обеспечивает три скорости (частоты) вращения барабана лебёдки, вращателя и бурового насоса.

Трансмиссия автомобилей [3, 4], как правило, включает в себя сцепление, коробку передач, карданную передачу, дифференциал и приводные валы (полуоси).

Коробка передач автомобиля (рис. 3) служит для изменения крутящего момента и скорости вращения колес.



Рис. 3. Коробка переключения передач КАМАЗ

Коробка передач автомобиля включает в себя картер, ведущий вал с шестернёй, ведомый и промежуточные валы, набор шестерён, в том числе шестерню заднего хода, и механизм переключения передач.

Автомобиль ГАЗ-53 имеет четырёхступенчатую коробку передач, а ЗИЛ-431410 – пятиступенчатую (рис. 4).



Рис. 4. Пожарная машина на базе автомобиля ГАЗ-53 и ЗИЛ-4314

На пожарных автомобилях для привода насоса устанавливают дополнительную трансмиссию, которая может быть следующих видов: механическая, гидравлическая, электрическая и комбинированная.

Как правило, на пожарных автомобилях используют механическую трансмиссию, в состав которой входит коробка отбора мощности (КОМ) (рис. 5).

КОМ-68 пожарного автомобиля ЗИЛ-130 (131) (рис. 5 а) – механическая одноступенчатая с передаточным отношением 0,85. Передаваемая мощность при частоте вращения 2700 об/мин составляет 70,6 кВт.

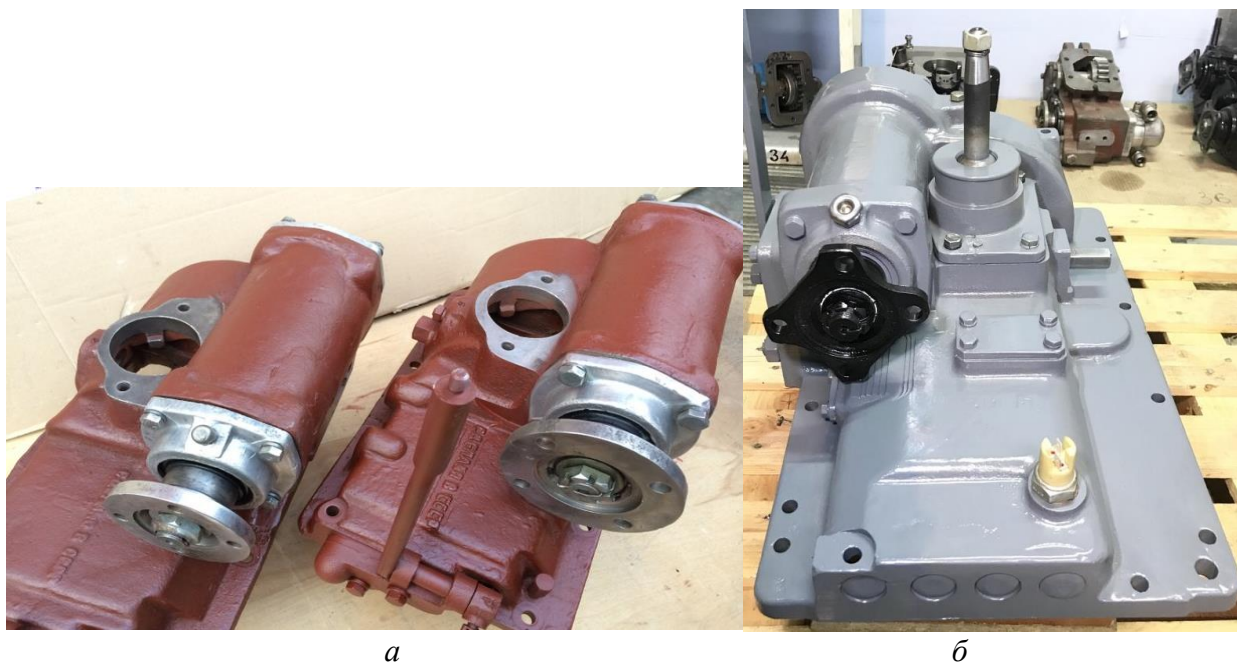


Рис. 5. Коробка отбора мощности для автомобилей ЗИЛ-130 и Урал-4320

КОМ пожарного автомобиля Урал-4320, 5557 предназначена для привода пожарного насоса ПН-40, НЦПН-40/100, НЦПН-70/100. КОМ – механическая, одноступенчатая и трёхвальная, передаточное отношение – 0,64. Передаваемая мощность при частоте вращения 2700 об/мин составляет 65,3 кВт.

Инженерная машина разграждения (ИМР) [5] является универсальной машиной и предназначена, в частности, для расчистки разрушений и завалов, проделывания проходов при ликвидации ЧС и их последствий (рис. 6).



Рис. 6. Инженерная машина разграждения

Её оснастка состоит из бульдозерного оборудования, стрелы, колейного троса, установки разминирования, редуктора привода. Механизм поворота платформы ИМР

состоит из гидромотора, редуктора, ведущей шестерни и зубчатого винта поворотного круга. Механизм отбора мощности, состоящий из КОМ, редуктора насосов и фрикционной муфты, служит для передачи вращательного движения с требуемым крутящим моментом и числом оборотов от двигателя насосам гидросистемы. КОМ состоит из одной цилиндрической и двух конических шестерён, зубчатой муфты, ведомой конической шестерни и зубчатого валика. Редуктор насосов – трёхступенчатый, цилиндрический.

Таким образом, представленный материал наглядно демонстрирует обучающимся различные использование механических передач (редукторов) в аварийно-спасательной технике.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Спасательная техника и базовые машины / Под общ. ред. В.А. Васькова. Ч. 1. Автомобильные краны. – Химки: АГЗ МЧС России, 2010. – 122 с.
2. Спасательная техника и базовые машины / Под общ. ред. В.А. Васькова. Ч. 3. Средства энергообеспечения. – Химки: АГЗ МЧС России, 2011. – 125 с.
3. Гладов, Г.И. Устройство автомобилей / Г.И. Гладов, А.М. Петренко. – М.: Изд. центр «Академия», 2017. – 352 с.
4. Гусеничные базовые машины спасательной техники / Под общей редакцией В.А. Малышева. – Химки: АГЗ МЧС России, 2017. – 210 с.
5. Спасательная техника и базовые машины / Под общ. ред. В.А. Васькова. Ч. 2. Дорожная и землеройная техника. – Химки: АГЗ МЧС России, 2010. – 131 с.

УДК 62.112

В. А. Гришкин, И. А. Легкова

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

ПРЕДЛОЖЕНИЕ ПО ПОВЫШЕНИЮ ЭФФЕКТИВНОСТИ СУШКИ ПОЖАРНЫХ РУКАВОВ

Ключевые слова: пожарный рукав, техническое обслуживание, сушка рукавов, методы удаления жидкости.

Аннотация: В статье выявлены недостатки процесса сушки пожарных рукавов; рассмотрены некоторые из методов удаления жидкости; установлено, что для сушки пожарных рукавов наиболее подходящим является метод вакуумно-температурной сушки.

V. A. Grishkin, I. A. Legkova

PROPOSAL TO INCREASE THE EFFICIENCY OF DRYING DRY HOSES

Keywords: fire hose, maintenance, hose drying, fluid removal methods.

Abstract: The article identifies the shortcomings of the drying process of fire hoses; some of the methods for removing liquid are considered; it was found that for drying fire hoses, the most suitable is the method of vacuum-temperature drying.

Первостепенными задачами любого учреждения пожарной охраны являются спасение всех пострадавших и тушение очага пожара. Как в одном, так и в другом случае особое внимание уделяется времени, затраченному на выполнение задачи. И при тушении пожара немаловажную роль играют пожарные рукава, правильный выбор и подобающее состояние которых позволит подавать огнетушащие вещества с требуемой интенсивностью.

Несмотря на простую конструкцию и принципы работы пожарных рукавов их неправильная эксплуатация и нарушение требований к условиям хранения и сушки может привести к раннему износу и снижению эффективности в работе [1]. Техническое обслуживание рукавов после использования при тушении пожаров или на учениях состоит из нескольких этапов: отмачивание, мойка, осмотр, проверка, сушка и смазывание.

На сегодняшний день слабым звеном в существующей системе технического обслуживания является сушка пожарных рукавов. Метод сушки может повлиять на износостойкость и физические свойства материала, поэтому важно соблюдать все правила и учитывать возможные факторы воздействия (излишнее тепло, солнечный свет, слишком долгий или слишком короткий период сушки).

Глобально любые манипуляции по сушке рукавов можно разделить на две группы: естественная сушка (под открытым небом или в помещении без использования каких-либо специальных средств) и искусственная сушка (с использованием каких-либо средств для ускорения процесса). Естественный способ сушки не нуждается в дополнительном рассмотрении, так как возможность его применения сильно ограничена погодными условиями, наличием свободного пространства и запасных рукавов на случай, если использованные не успеют высохнуть. Поэтому будем рассматривать исключительно методы искусственной сушки. Оптимизация данного процесса позволит добиться наибольшего прироста качества и производительности работ, связанных с пожарными рукавами.

Для начала следует рассмотреть методы удаления жидкости: конвективный, температурный, комбинированный, вакуумно-температурный, одностороннее вакуумирование, общее вакуумирование. При выборе устройства и, соответственно, метода сушки необходимо уделить внимание особенности изделия, допустимые режимы и температуры нагрева, а также требования, предъявляемые к нему согласно методическим материалам. Рассмотрим некоторые из методов удаления жидкости подробнее:

- конвективный метод: сушка изделия путем обдува его поверхности (внутренней, внешней или обеих) горячим воздухом, при этом длительность сушки увеличивается на 20%, сушка должна проводиться в помещении достаточной площади, где обеспечена искусственная или естественная вентиляция;

- температурный метод: сушка в термокамере (термошкафу) или в каком-либо помещении при естественных условиях (преимущественно в летнее время года) при температуре выше 15°C и относительной влажности воздуха не более 60%;

- одностороннее вакуумирование: создание вакуума с одной стороны стенки изделия, которое предварительно нагрето обдувом или иными способами до определенной температуры;

- общее вакуумирование: создание вакуума с обеих сторон изделия в термобарокамере с обеспечением определенного вакуума в изделии и камере и темпера-

туры изделия, когда период нагрева чередуется с периодом выдержки без нагрева в соотношении 1:10 (первая цифра определяет период нагрева, вторая – выдержка без нагрева);

– вакуумно-температурный метод: сушка изделия в устройстве, сначала самостоятельно нагревающим рукав до нужной температуры, затем, по ее достижению, создающем вакуум.

При сушке данным методом сначала необходимо включить нагревательное устройство, а после достижения требуемой температуры сушки включить вакуумный насос и обеспечить необходимый вакуум [2].

Таким образом, из всех перечисленных методов вакуумной сушки изделий для сушки напорных пожарных рукавов наиболее подходящим является метод вакуумно-температурной сушки. Указанный метод является наиболее технологичным и современным и идеально подойдет для сушки всех видов рукавов.

Интенсивность зависит от температуры испаряющей жидкости и окружающего давления. Уменьшение давления при неизменной температуре резко увеличивает скорость испарения. Данные исследования оптимального времени, необходимого для сушки латексированного пожарного рукава с покрытием из синтетических нитей диаметром 77 мм, приведены в таблице.

Таблица. Исследование оптимального времени сушки пожарных рукавов

Результаты расчетов	Время вакуумирования, час				
	1	1,5	2	2,5	3
Вес рукава после сушки, кг	11,815	11,230	10,120	9,735	9,735
Итог	Рукав не высох	Рукав не высох	Рукав высох	Рукав пере-сох	Рукав пере-сох

В результате проведенной работы выяснилось, что оптимальное время сушки латексированного пожарного рукава с покрытием из синтетических нитей диаметром 77 мм составляет 2 часа. Сушка рукавов меньшего диаметра будет осуществляться еще быстрее.

Таким образом, вакуумно-температурный метод сушки решает задачу сушки и исключает ряд недостатков существующих методов. В свою очередь высокое качество обслуживания пожарных рукавов, а в частности их сушки, позволит повысить готовность и оперативность пожарных частей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Безбородько М.Д. Пожарная техника. – М.: АГПС МЧС России, 2004. – 550 с.
2. Дэшман С. Научные основы вакуумной техники. – М., 2004. – 715 с.

УДК 66-931.2

Е. А. Гущина, Т. В. Гущина, В. Н. Блиничев

ФГБОУ ВО Ивановский государственный химико-технологический университет

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ ЭНЕРГО- И РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИХ МАШИН ДЛЯ ТОНКОГО ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ МАТЕРИАЛОВ

Ключевые слова: удар, нагрузка, энергосбережение, ротор, мельница, измельчение, частицы, гранулометрический состав, напряжение.

Аннотация: В данной статье рассматриваются пути дальнейшего совершенствования многоступенчатых мельниц ударно-отражательного принципа действия с целью получения высокодисперсных материалов при минимизации удельных затрат энергии.

E. A. Gushchina, T. V. Gushchina, V. N. Blinichev

DEVELOPMENT AND RESEARCH OF ENERGY-AND RESOURCE-SAVING MACHINES FOR FINE GRINDING OF MATERIALS

Keywords: impact, loading, energy saving, rotor, mill, grinding, particles, granulometric composition, intension

Abstract: This article discusses ways to further improve multi-stage mills of impact-reflection principle of action in order to obtain highly dispersed materials while minimizing the specific energy consumption.

Многие отрасли промышленности, химическая, строительная и другие, в последние годы разрабатывают новые технологии с использованием высокодисперсных материалов с размерами частиц менее 30-50мкм.

Частицы со средними размерами 20-25мкм обладают как большой удельной поверхностью, так и большой поверхностной энергией и отличаются высокой активностью взаимодействия с окружающей их средой, что особенно важно для мощного ускорения химических реакций в системах твердое 1 + твердое 2; твердое + газ; твердое + жидкость; в производстве катализаторов, строительных конструкций и новых композиционных материалов.

Однако, с уменьшением линейных размеров частиц в процессе измельчения, резко возрастают удельные затраты энергии.

Достаточно сказать, что если для получения продуктов измельчения со средним размером частиц 3-10мм удельные затраты энергии составляют 15-25 кВт·ч на тонну продукта, то для получения продуктов со средним размером 20-25мкм удельные затраты энергии возрастают в десятки тысяч раз и составляют 20000-60000 кВт·ч на тонну продукта.

Поэтому разработка машин для тонкого измельчения особенно твердых материалов, позволяющих снизить удельные затраты энергии, является чрезвычайно актуальной задачей.

Ранее проведенными исследованиями процесса тонкого измельчения различных материалов на кафедре МАХП ИГХТУ в машинах с разным способом подвода энергии было показано, что способ подвода энергии к измельчаемым частицам высокоскоростным ударом является наименее энергоемким.

Этот научный факт имел большую практическую значимость и привел к появлению целой группы многоступенчатых мельниц ударно-отражательного типа [], ряд из которых очень быстро был внедрен в химическую и пищевую отрасли промышленности в связи с высокой эффективностью их работы.

Для дальнейшего совершенствования многоступенчатых мельниц ударно-отражательного типа нами была спроектирована, изготовлена и собрана лабораторная установка с вертикальным валом ротора, схема которой представлена на рис. 1.

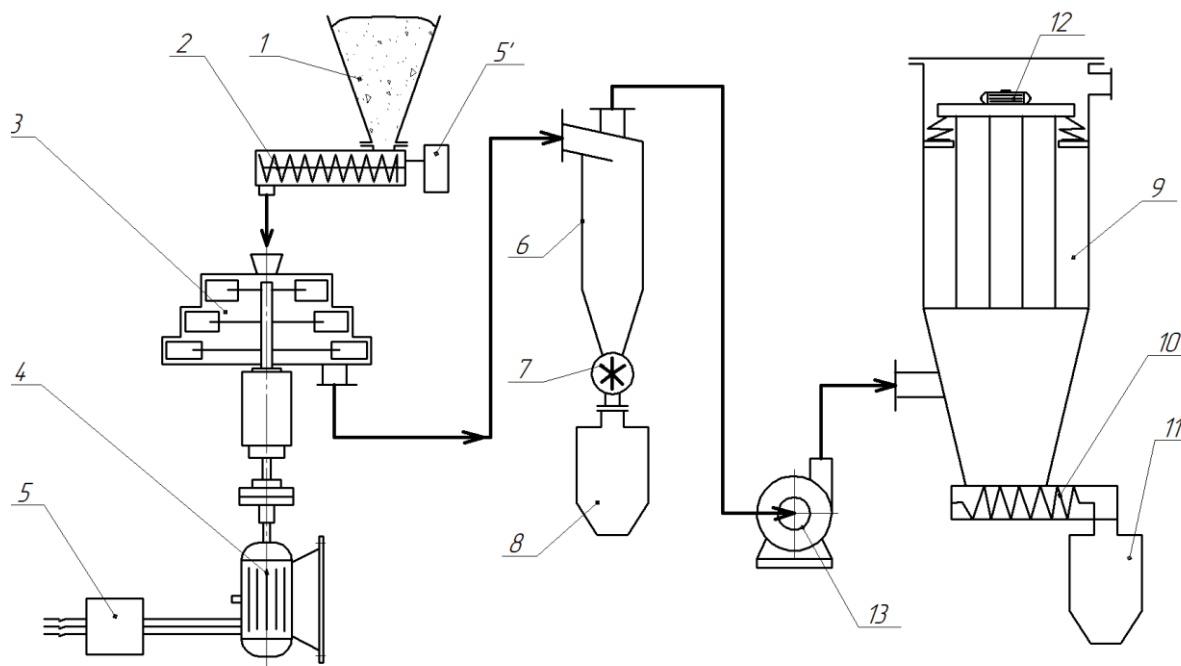


Рис. 1. Технологическая схема установки трехступенчатой ударно-отражательной мельницы для тонкого измельчения: 1 – бункер исходного материала; 2 – питатель шнековый; 3 – трехступенчатая мельница; 4 – трехфазный электродвигатель; 5, 5' – тиристорный частотный преобразователь; 6 – циклон; 7 – секторный затвор-питатель; 8, 11 – емкости сбора готового продукта; 9 – рукавный фильтр; 10 – шнековый питатель; 12 – вибратор; 13 – вентилятор

Установка работает следующим образом. Исходный материал заданной производительности подается шнековым питателем 2 во входной патрубок трехступенчатой мельницы ударно-отражательного типа 3 в центр вращающегося ротора первой ступени. Измельчаемый материал последовательно ударно нагружается с повышающимися скоростями удара, переходя с первой на вторую и третью ступени ротора, так как уменьшается средний размер измельчаемых частиц.

Мельница в связи с наличием на каждой ступени радиально расположенных на дисках бил создает воздушный напор, который достаточен для непрерывной выгрузки измельченного материала через тангенциально расположенный патрубок в циклон 6. Для улучшения процесса вывода измельченного материала из мельницы при больших производительностях по твердому материалу, за циклоном установлен вентилятор 13, из которого воздух поступает в фильтр 9 для отделения частиц измельченного про-

дукта с размерами менее 5мкм, так как циклон б отделяет из воздуха, в основном, частицы с размерами более 5мкм.

Изменение производительности мельницы осуществляется тиристорным преобразователем частоты 5' в двигателе привода шнекового питателя. Производительность мельницы изменялась от 10 до 150кг/ч. Число оборотов ротора мельницы изменялось от 3000 до 4365 об/мин, также тиристорным преобразователем частоты 5 двигателя мощностью 7кВт. Вал двигателя жестко соединен с валом ротора.

Для проведения процессов измельчения твердых материалов были выбраны два материала: кварцевый песок, фракции 1 – 1,6мм, 0,63 – 1мм, 0,4 – 0,63мм и известняк, фракции 1 – 1,6мм, 0,63 – 1мм. Кварцевый песок – как абразивный и прочный трудно измельчаемый материал с твердостью по шкале Мооса 7 и прочностью $\sigma_B = 160 - 180$ МПа. Известняк со средней твердостью по шкале Мооса 2,5 – 4 и прочностью $\sigma_B = 20 - 30$ МПа.

Как мы уже упоминали, исследуемая мельница могла работать как в режиме без сепарационной выгрузки продуктов измельчения, так и с ней.

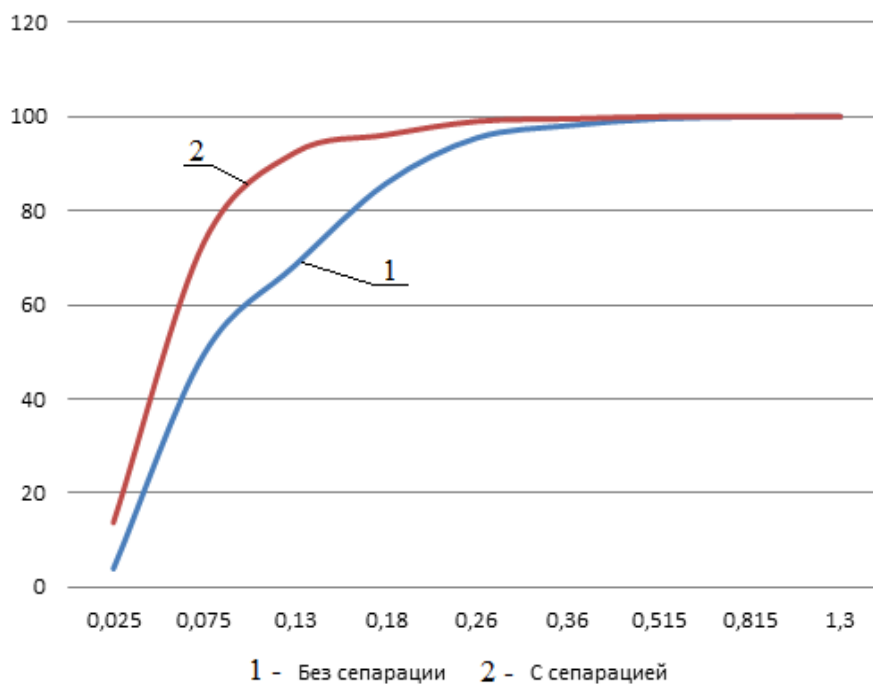


Рис. 2. Функция распределения $D(x)$ частиц продуктов измельчения при 4365 об/мин: песок, фракция 0,63-1мм: Кривая 1 – без сепарационной выгрузки; кривая 2 – с сепарационной выгрузкой

Исследования показали, что даже при малых габаритах машины: диаметр первой ступени – 200 мм, второй – 238 мм, третьей – 288мм и шириной каждой ступени 25 – 30 мм, в лабораторной мельнице возможно достаточно эффективно измельчать такие трудноизмельчаемые и абразивные материалы как кварцевый песок.

На рис. 2 представлены интегральные кривые распределения частиц песка исходной фракции 0,63 – 1 мм, измельченного при различных числах оборотов ротора (машина без сепарационной выгрузки).

Таблица Зависимость процентного содержания частиц размером менее 100 мкм в продуктах измельчения от числа оборотов ротора (исходная фракция 0,63 – 1мм)

n, об/мин	Кварцевый песок		Известняк	
	Без сепарации	С сепарацией	Без сепарации	С сепарацией
3000	31,6	56,8	55,9	91,8
3500	38,7	57,8	65	92,3
4000	40,2	69,3	71,8	96,1
4365	46,1	75	79,8	98

В таблице представлено также содержание фракций менее 100 мкм измельченного песка и известняка.

Естественно, что при меньшей прочности известняка содержание частиц размером менее 100 мкм при том же числе ударных нагружений на каждой ступени машины существенно повышается.

При конструировании мельниц ударно-отражательного типа представляет большой интерес выявить влияние масштаба турбулентных пульсаций воздуха на гранулометрический состав продуктов измельчения в зоне непрерывной их выгрузки.

Поэтому нами были проведены исследования процесса измельчения песка и известняка при изменении конструктивного оформления третьей ступени корпуса мельницы, из которой продукты измельчения выходят с воздухом в тангенциальный патрубок, расположенный на корпусе мельницы (сепарационная выгрузка).

Нижний край эллипсоидной формы выгрузочного патрубка расположен от внутренней стенки корпуса машины на расстоянии 12,5 мм. Высота расположенных под ним отбойников 8 мм. При конструировании выгрузочного патрубка мы считали, что турбулентные пульсации воздушного потока около отбойников будут меньше 12 мм, поэтому нижний край эллипсоидного отверстия выполнили на расстоянии 12,5 мм. Убрав все отбойники с третьей ступени корпуса мельницы на 90° по ходу движения ротора, включая и зону расположения выгрузочного отверстия, мы провели аналогичные исследования процесса измельчения песка и известняка.

Убрав турбулентные пульсации воздуха из зоны выгрузки продуктов измельчения, мы убедились, что отбойники вызывают турбулентные пульсации существенно большего масштаба, чем мы предполагали при проектировании лабораторной мельницы.

Сравнивая гранулометрические составы продуктов измельчения песка и известняка, представленные в таблице 1, полученные на машине с отбойниками в зоне выгрузки третьей ступени и без них, можно отметить, что продукты измельчения без отбойников содержат существенно меньше крупных частиц, которые выносились крупномасштабными пульсациями воздуха около отбойников корпуса мельницы. Из таблицы 1 наглядно видно, что процентное содержание продуктов измельчения известняка с размерами менее 100 мкм без сепарации при числе оборотов 4365 об/мин составляет 80%, а с сепарацией 98%, т.е. практически 100%.

Об экономической эффективности многоступенчатых мельниц ударно-отражательного действия свидетельствует тот факт, что удельные затраты энергии даже на лабораторной установке при измельчении песка и известняка составляют 160 – 180 кВт·ч/тонну при среднем размере продуктов измельчения известняка менее 20 мкм, песка – менее 120 мкм.

Удельные затраты энергии для получения такого же гранулометрического состава продуктов измельчения на других конструкциях мельниц, например, шаровых будут составлять более 800 – 1000 кВт·ч/тонну.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. А. с. 671839 СССР. Центробежная ударная мельница /П. П. Гуюмджан, В. Н. Блиничев, Н. В. Клочков, А. Н. Воскресенский. – Оpubл. 1979// Открытия. Изобрет. Пром. образцы. Товар. знаки. 1979. – № 25. – С. 23.
2. А. с. 737002 СССР. Центробежная мельница/В. Н. Блиничев, Н. В. Клочков, П. П. Гуюмджан, Н. М. Смирнов; заявитель Иван. гос. хим.-технол. ун-т. – № 2130742; опубл. 30. 05. 80, Б. И. № 20.
3. А. с. 8933252 СССР. Мельница ударного действия / В. Н. Блиничев, П. П. Гуюмджан, В. В. Бутрина, В. А. Падохин; заявитель Иван. гос. хим.-технол. ун-т. – № 2792935; опубл. 1981, Б. И. № 48.
4. А. с. 946651 СССР, МКИ В 02 С 13/09. Многоступенчатая мельница ударного действия с внутренним классификатором / Н. М. Смирнов, В. Н. Блиничев, Ю. В. Маркичев, В. В. Крошкин, О. Г.; заявитель Иван. хим.-технол. ин-т. – № 2799742/29-33. – Заявл. 18. 07. 79; опубл. 1982, Бюл. № 28.
5. А. с. 1098563 СССР, МКИ В 02 С 13 / 14. Центробежно-ударная мельница / Н. В. Клочков, В. В. Яшков, С. В. Федосов, В. Н. Блиничев, Б. С. Христиненко, А. К. Пугачёв.; заявитель Иван. хим.-технол. ин-т. – № 3584397/29-33. – Заявл. 25. 04. 83; опубл. 1984, Бюл. № 23.
6. А. с. 1235524 СССР МКИ В 02 С 13/14. Центробежная мельница /С. П. Бобков, В. Н. Блиничев, Н. В. Клочков, А. А. Дмитриевский. – № 3835181/29-33; заявл. 30. 12. 84; опубл. 07. 06. 86, Бюл. № 21. – С. 16.
7. А. с. 1470325 СССР МКИ В 02 С 13/09. Многоступенчатая мельница ударного действия / Н. М. Смирнов, О. Д. Пигулевский, В. Н. Блиничев, В. А. Падохин. – № 4274559/31 - 33; заявл. 06. 07. 87; опубл. 1989, Бюл. № 13. – С. 27.

УДК 621(075.8)

Г. В. Даровской, К. В. Шеховцов, И. С. Морозкин

ФГБОУ ВО Ростовский государственный университет путей сообщения

ОСОБЕННОСТИ РЕМОНТА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА МЕТОДОМ ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ РЕМОНТНЫХ ДЕТАЛЕЙ

Ключевые слова: метод дополнительных ремонтных деталей, импульсные процессы сварки, железнодорожный транспорт, грузовой вагон

Аннотация: Рассмотрены вопросы восстановления ответственных деталей и узлов подвижного состава железнодорожного транспорта с применением метода дополнительных ремонтных деталей. Особенностью восстановления является применение импульсных способов сварки, которые реализованы на примере ремонта буксовых узлов грузовых вагонов.

G. V. Darovskoy, K. V. Shekhovtsov, I. S. Morozkin

FEATURES OF REPAIR OF RAILWAY TRANSPORT BY THE METHOD OF ADDITIONAL REPAIR PARTS

Keywords: method of additional repair parts, pulsed welding processes, railway transport, freight car.

Abstract: The issues of restoring critical parts and assemblies of rolling stock of railway transport using the method of additional repair parts are considered. A feature of the restoration is the use of pulsed welding methods, which are implemented as an example of the repair of axle boxes of freight cars.

Восстановление методом дополнительных ремонтных деталей (далее ДРД) применяется достаточно широко при ремонте. Однако на железнодорожном подвижном составе стал применяться сравнительно недавно. Это связано прежде всего со сложной организационной структурой ремонта, а также наличием большого количества ответственных деталей на подвижном составе. От качественного проведения ремонта зависит соблюдение графика движения поездов и безопасность пассажиров и перевозимых грузов.

При ремонте железнодорожного транспорта, в большинстве случаев, применяются типовые технологические процессы, что, в свою очередь, требует определенной специфики при использовании метода ДРД.

В соответствии с отраслевыми нормативными документами [1, 2] восстановлению с применением метода ДРД подлежат изношенные поверхности направляющих челюстей корпусов букс грузовых вагонов, внутренний борт подпятникового места грузовых вагонов, разработанное отверстие для шкворня подпятников тележек всех типов КВЗ-ЦНИИ пассажирских вагонов и др.

В зависимости от условий работы ДРД могут быть запрессованы в ремонтируемую деталь (гильзы, втулки, пробки), либо крепиться к ней разными способами (рис. 1.): механически, бандажированием, с помощью клея (клеевые и клеесварные соединения), с помощью диффузионной сварки в вакууме, пайкой, с помощью электронно-лучевой сварки, дуговой сваркой, в частности, электрозаклепками [3].

На железнодорожном транспорте широкое распространение получили комбинированные способы соединения: запрессовка со сваркой по периметру детали с целью герметизации и защиты от поражения коррозии.

При этом недостатками таких процессов, в некоторых случаях, являются значительные тепловложения, что значительно увеличивает технологическое время ремонта, возможные деформации, а также индивидуальный характер ремонта.

Для устранения этих недостатков авторами предлагается применение импульсных процессов сварки. Это требует в ряде случаев дозированного тепловложения и перехода к выполнению прерывистых сварных швов при дуговой точечной сварке.



Рис. 1. Классификация способов крепления дополнительной и ремонтной деталей (* - комбинация способов сварки, комбинация сварки с запрессовкой)



Рис. 2 Отремонтированная букса: 1 – корпус буксы; 2 – минусовой токоведущий кабель; 3 – планки

Процессы с прерывистым горением дуги для плавящегося электрода могут стабильно протекать только при условии бесконтактного зажигания дуги. Для этого разработано устройство для бесконтактного зажигания дуги.

Исследования показали, что процессы с обрывами дуги малой и большой длительности являются нестабильными. Стабильным является процесс импульсно-дуговой сварки с наложением на дугу импульсов противоположной полярности, ограничением времени паузы в протекании тока и гарантированным начальным зажиганием дуги в процессе каждого цикла. При этом должны выполняться требования, предъявляемые к источникам питания для импульсно-дуговой сварки.

Примером восстановления таким способом является ремонт корпусов букс грузовых вагонов электрозаклепками под слоем флюса (рис. 2) на специальной установке.

Бесконтактное зажигание дуги для приварки планок через отверстия в пластине к ребрам букс и дозирование времени горения дуги при постановке каждой электрозаклепки позволило исключить образование выпуклостей головок и необходимость последующей после сварки механической обработки.

Контроль качества сварных соединений проводился разрушающими испытаниями на срез и металлографическими исследованиями. Усилие разрушения образца на срез для толщины планок 4,0 мм, диаметра отверстия 9,0 мм составило 3,7 кН. Глубина проплавления достигает 3,0-3,5 мм, что достаточно для обеспечения прочности соединения.

Проведенные измерения посадочных мест подшипников корпусов букс показали отсутствие деформаций, вызванных приваркой планок к ребрам.

Технико-экономические расчеты показали, что производительность ремонта букс грузовых вагонов с применением разработанной технологии увеличилась в 1,5 раза по сравнению с существующей технологией [2].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Инструкция по сварке и наплавке при ремонте грузовых вагонов, утвержденная Советом по железнодорожному транспорту государств-участников Содружества (Протокол от «4-5» ноября 2015г., № 6346)
2. Инструкция по сварке и наплавке узлов и деталей при ремонте пассажирских вагонов, утвержденная Советом по железнодорожному транспорту государств-участников Содружества (Протокол от 15-16 октября 2019 года № 71)
3. Дюргеров, Н. Г. Ремонт трибоузлов методом дополнительных деталей (научная статья) / Н. Г. Дюргеров, Г. В. Даровской, В. А. Ленивкин, К. В. Шеховцов // Журнал Труды Ростовского государственного университета путей сообщения – 2016. –№2 (35). – С. 18-24.

УДК 658

Т. Т. Каверзнева

ФГАОУ ВО Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

БЕЗОПАСНОСТЬ МОНТАЖНЫХ РАБОТ НА СТРОИТЕЛЬНЫХ ПЛОЩАДКАХ

Ключевые слова: монтажные работы, строительство, безопасность, средства защиты, травматизм, сочетанное воздействие.

Аннотация: В статье рассматриваются причины повышенного травматизма на рабочих местах строителей-монтажников. Показано, что на условия труда монтажников оказывает влияние сочетанное воздействие разнообразных опасных и вредных производственных факторов, что предполагает оценку экспозиции для учета значимости факторов в общую оценку условий труда. Показано, что для снижения травматизма на рабочих местах монтажников необходимо повышать надежность средств спасения и контролировать безопасное поведение работника.

T. T. Kaverzneva

SAFETY OF INSTALLATION WORKS ON CONSTRUCTION SITES

Keywords: installation work, construction, safety, protective equipment, injury, combined effect.

Abstract: The article discusses the causes of increased injuries at the workstations of builders and installers. It is shown that the working conditions of installers are influenced by the combined effect of a variety of dangerous and harmful production factors, which involves evaluating the exposure to take into account the significance of factors in the overall assessment of working conditions. It is shown that in order to reduce injuries in the workplace of installers, it is necessary to increase the reliability of rescue equipment and control the safe behavior of the employee.

Монтажные работы относятся к работам, где травматизм на рабочих местах особенно высок, особенно если монтажные работы проводятся на строительной пло-

щадке [1]. Сохранение жизни и здоровья работников в процессе монтажных работ требует эффективного функционирования системы охраны труда в строительных организациях, обеспечивающего соблюдение безопасности всех работ, четкого исполнения плана проведения работ.

Анализ причин, связанных с повышенным травматизмом на строительномонтажных работах [1], показывает, что на условия труда монтажников оказывает большое влияние сочетанное воздействие разнообразных опасных и вредных производственных факторов. Так, при совершении монтажных работ приходится переносить и удерживать вес деталей и инструментов (фактор тяжести труда), работать с электро- и пневмо-инструментом (электроопасность, вибрационный фактор), работать на высоте (опасность падения с высоты), работать в условиях повышенного уровня шума и запыленности воздушного потока, а также работать в сложных погодных условиях. Специальная оценка условий труда на таких местах обычно относит условия труда к третьему классу (3.1 или 3.2).

Кроме того, монтажникам приходится не только непосредственно участвовать в процессе строительства, но и проводить ремонт, техническое обслуживание объектов.

Сочетанное воздействие опасных и вредных факторов усиливает их отрицательное действие на организм человека, требует дальнейшего исследования с учетом значимости факторов в общую оценку условий труда. Значимость каждого из фактора в общую оценку предполагает оценку экспозиции, то есть, помимо оценки величины фактора, необходимы данные по продолжительности воздействия на протяжении всего рабочего дня (усредненного рабочего дня).

Для безопасности монтажников на строительной площадке очень важно обеспечивать и поддерживать техническое состояние сооружаемых конструкций. В первую очередь, техническое состояние конструкций и их элементов должны удовлетворять:

1. Условиям устойчивости;
2. Условиям надежности;
3. Условиям прочности;
4. Условиям исправности всех систем инженерно-технического обеспечения.

Перечисленных выше условия, в свою очередь, заложены в требованиях технических регламентов и проектной документации.

В процессе работы каждый работник должен быть обеспечен средствами защиты, к которым также предъявляются определенные требования [2].

При перемещении монтажника по металлоконструкциям на высоте сами конструкции являются опорной линией. Для обеспечения безопасности монтажника и снижения риска падения с высоты создается страховочная цепь или система, которая может включать в себя:

страховочную привязь, самостраховочный фал, карабины, страховочное устройство в виде СИЗ ползункового типа, страховочную веревку, анкерную точку для крепления веревки на конструкции. Все эти элементы должны удовлетворять принципам прочности и надежности [3,4]. Чтобы провести расчёт надёжности страховочной привязи, необходимо выбрать конкретный элемент страховочной системы и рассчитать вероятность его отказа, который зависит, например, от запаса прочности по предельной и действующей нагрузкам.

Чтобы свести риск падения монтажника с высоты к минимуму, нужно не только учитывать планомерные действия самой процедуры монтажа, но и следующие

факторы, влияющие на человека: психологическую подготовку, так как высота является стрессовой ситуацией для неподготовленного человека; индивидуальность страховочного снаряжения. Можно строительные леса и вышки заменять линейными опорами – (сертифицированными веревками или стальными тросами).

Стропы, выбранные по классу опасности и учитывающие особенности выполняемой работы, обеспечивают два вида страховки:

- безопасную работу на высоте и позиционирование во время монтажных работ;
- амортизацию ударной нагрузки на человека при срыве.

Кроме того, необходимо усилить работу над формированием у работников безопасного поведения, так как известно, что «человеческий» фактор остается одной из главных причин повышенного травматизма [5, 6, 7]. Особенно актуальна эта задача для рабочих мест, где условия труда относятся к третьему классу. Очевидно, что чем выше класс условий труда, тем быстрее работник устает, и тем вероятнее совершение ошибочных действий во время работы. Ошибочные действия могут быть как непреднамеренными, например, от состояния усталости, так и по причине переоценки своих профессиональных качеств, желания ускорить окончание работы, пренебрегая требованиями безопасности.

Направления мероприятий, которые можно предложить по ошибочным действиям, следующие:

1. Мероприятия по улучшению условий труда, которые позволят снизить состояние усталости в процессе работы.
2. Гласный контроль за соблюдением правил безопасности, например, введение на строительной площадке видеокамер, что будет демонстрировать работнику неотвратимость фиксации факта нарушения.
3. Формирование безопасного поведения человека через элементы обучения (например, в сфере промышленного альпинизма).

Таким образом, можно сделать следующие выводы:

1. На условия труда монтажников оказывает влияние сочетанное воздействие разнообразных опасных и вредных производственных факторов. Значимость каждого из фактора в общую оценку предполагает оценку экспозиции, то есть, помимо оценки величины фактора, необходимы данные по продолжительности воздействия на протяжении рабочего дня.

2. Безопасность монтажников на строительной площадке обеспечивается техническим состоянием сооружаемых конструкций, которые удовлетворяют условиям устойчивости, надежности, прочности и исправности всех систем инженерно-технического обеспечения.

3. Необходимо усилить работу над формированием у работников безопасного поведения через мероприятия по улучшению условий труда, которые позволят снизить состояние усталости в процессе работы; через контроль за соблюдением правил безопасности на строительной площадке с помощью видеокамер; через элементы обучения (например, в сфере промышленного альпинизма).

4. Чтобы страховочный трос гарантированно амортизировал ударную нагрузку на человека в случае падения, должны быть изучены свойства материала троса с учетом его износа.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Тархов Д.А., Каверзнева Т.Т., Идрисова Д.И. Анализ причин тяжелого и смертельного травматизма на строительной площадке // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2015. № S11-60-2. С. 244-253.
2. Каверзнева Т.Т., Мазуренко К.С. Контроль безопасности при проведении работ на высоте // Научный форум с международным участием «Неделя науки СПбПУ»: материалы научно-практической конференции. Институт военно-технического образования и безопасности СПбПУ. – Изд-во Политехн. ун-та, 2015. –248 с. (с. 187-190).
3. Каверзнева Т.Т., Сенченко В.А., Скрипник И.Л. Надежность системы обеспечения безопасности при проведении работ на высоте // 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. 471–473.
4. Совершенствование технических средств безопасности при выполнении работ на высоте / В. А. Сенченко, С. А. Карауш, Т. Т. Каверзнева, С. Л. Пушенко, Е. В. Стасева // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2017. Вып. 50(69). С. 98—105.
5. Пушенко С.Л., Стасева Е.В. Анализ и профилактика производственного травматизма при возведении высотных зданий и выполнении работ на высоте // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2016. № 44-2 (63), с.157-165.
6. Климова, Е.В. Снижение производственного травматизма путем совершенствования системы управления охраной труда / Климова Е.В., Рыжиков Е.Н. // Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле. – 2017. – № 1. – С. 41-51.
7. Климова, Е.В. Анализ проблемы охраны труда в строительной отрасли / Климова Е.В., Калатоzi В.В., Рыжиков Е.Н., Калатоzi Э.К. // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. – 2016. – № 12. – С. 100-104.

УДК 621

Ю. С. Керимов, В. Е. Иванов

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ФОРМООБРАЗУЮЩИХ КЛЕЕВЫХ СОСТАВОВ

Ключевые слова: исследование, ремонт, радиатор, надежность, прочность, клей.

Аннотация: В работе проведены исследования прочностных характеристик клеевых соединений с целью выявления эффективных формообразующих клеевых составов для ремонта радиаторов пожарных автомобилей.

Yu. S. Kerimov, V. E. Ivanov

RESEARCH OF PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF FORMING ADHESIVE COMPOSITIONS

Keywords: research, repair, radiator, reliability, strength, glue.

Abstract: The paper studies the strength characteristics of adhesive compounds in order to identify effective formative adhesive compositions for the repair of fire truck radiators.

Важной составной частью основной, специальной и вспомогательной пожарной техники является радиатор, обеспечивающий нормальную работу двигателей внутреннего сгорания. В процессе эксплуатации в результате коррозии и механических повреждений, нарушается герметичность сердцевины радиатора. Устранение такого дефекта ежегодно требуют до 18 % техники в зависимости от пробега. Восстановление работоспособности машин, имеющих течь охлаждающей жидкости в радиаторе, в настоящее время осуществляется либо заменой всего радиатора, либо пайкой трубок в месте течи, либо заглушкой трубок, имеющих дефекты.

Основным недостатком ремонта радиатора с применением пайки является то, что его можно использовать только в том случае, если точно определено место течи, и оно доступно для пайки. Заглушать трубки возможно только у разборных радиаторов. Устранение течи в трубках с помощью специальных препаратов, заливаемых в систему охлаждения, позволяет лишь временно восстановить работоспособность машин. Отсюда возникает потребность в универсальных и недорогих материалах и технологиях ремонта, не требующих специализированного оборудования и высококвалифицированного персонала.

Технологии ремонта, основанные на использовании клеевых составов, позволяют не только заменить сварку, наплавку, но и восстанавливать работоспособность техники и пожарного оборудования, восстановление которых общепринятыми способами невозможно или опасно согласно требованиям охраны труда. Применение клеевых составов позволяет восстанавливать радиаторы охлаждения без применения специального оборудования, непосредственно в подразделениях на пунктах ТО, водительским составом. Широкий ассортимент клеевых составов усложняет выбор качественного материала, в связи с этим, прочностные исследования клеевых соединений является актуальной задачей. Для проведения эксперимента были приняты следующие клеевые составы: эпоксидный клей «Сила притяжения» (Россия), холодная сварка «РОХИРОЛ» (Россия), эпоксидный клей «МОМЕНТ» (Россия), эпоксидный клей «DoneDeal» (США), эпоксидный клей «Permatex Steel Weld» (США).

Испытание клеевых составов на прочность при сдвиге проводились согласно ГОСТ 14759-69 «Клеи. Метод определения прочности при сдвиге (с Изменениями N 1, 2, 3)». Для получения образцов клеевых соединений были использованы алюминиевые пластины шириной 20 мм, длиной 200 мм и толщиной 2 мм (рисунок 1). Для увеличения адгезии между клеевыми составами и пластинами поверхности последних были ошлифованы наждачной бумагой с абразивом средней зернистости. Перед нанесением клеевого состава проводилось обезжиривание поверхности ацетоном.

Подготовка клеевых составов к применению проводилась в четком соответствии с инструкцией к каждому средству. После склеивания место соединения помещалось под десятикилограммовый груз, где выдерживалось в течение следующих 24 часов при температуре окружающей среды 18-23⁰С. Далее проводились испытания на Р-5.

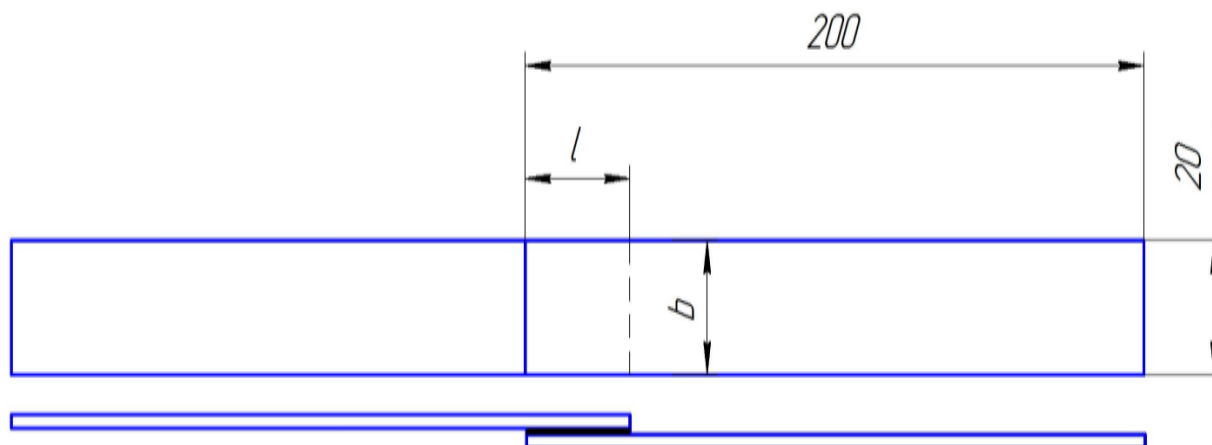


Рис. 1. Форма и размеры пластин

Первая серия опытов проводилась с алюминиевыми пластинами при температуре 18-23 °С. Результаты проведенного эксперимента были сведены в диаграмму (рисунок 2). Как видно из диаграммы лидирующую позицию занимает клей «Сила притяжения» с результатом разрушающего напряжения на сдвиг 3,12 МПа. Самый низкий результат 2,08 МПа показал клей «Рохіро!».

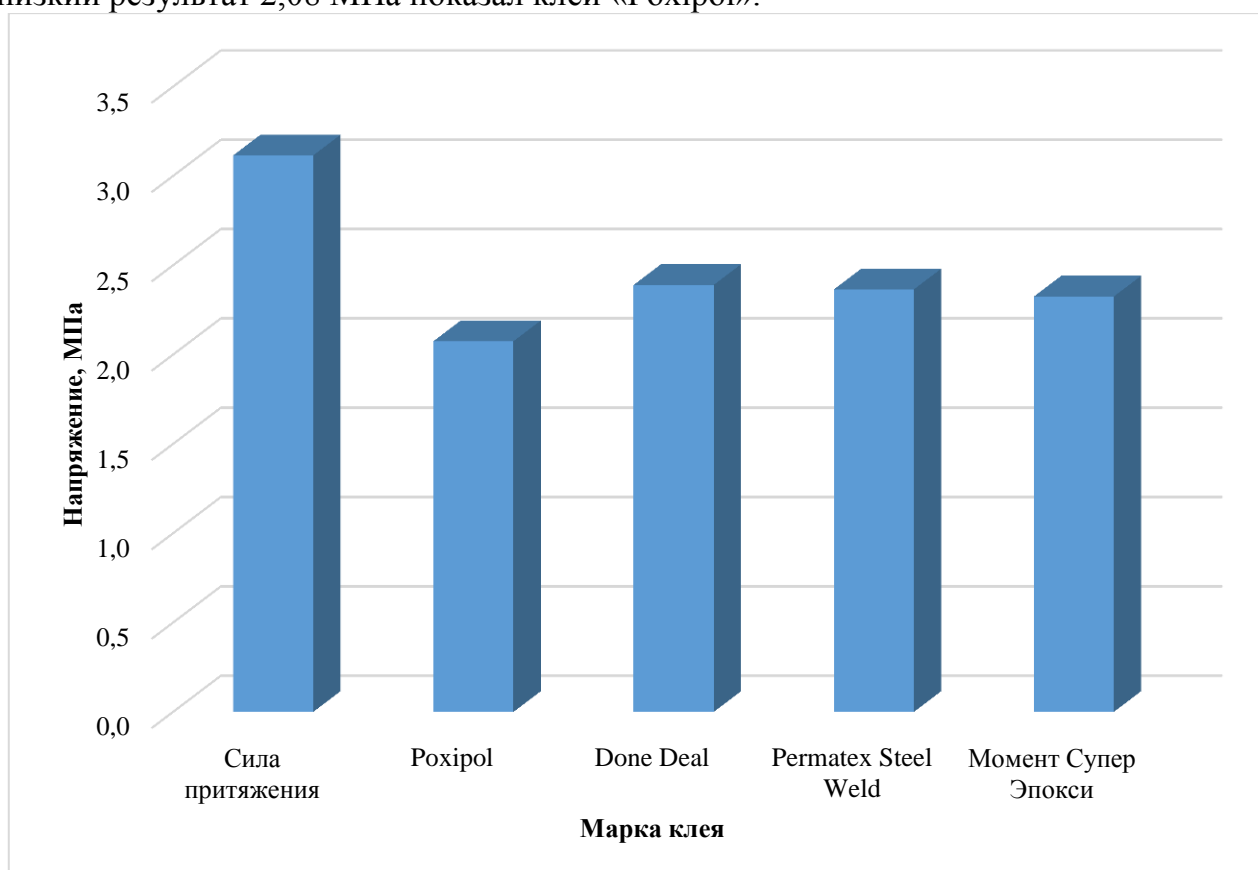


Рис. 2. Результаты эксперимента с алюминиевыми образцами при температуре 18-23 °С

Следующая серия опытов проводилась с алюминиевыми образцами, предварительно разогретыми в шкафу до 110 °С, при проведении испытаний температура образцов составляла от 100 до 110 °С. Результаты испытаний приведены на рисунке 3.

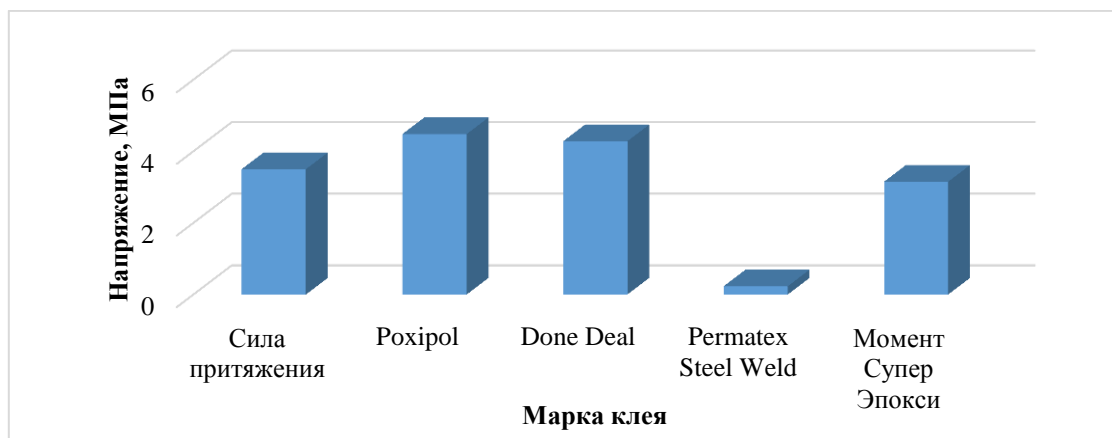


Рис. 3. Результаты эксперимента с алюминиевыми образцами при температуре 100-110 °С

Как видно из рисунка 3 лидирующую позицию занимает клей «Рохіро!л» с результатом разрушающего напряжения на сдвиг 4,48 МПа. Самый низкий результат 0,23 МПа показал клей «Permatex Steel Weld». При нагреве клеевого соединения с клеем «Permatex Steel Weld» показатели заметно снизились, так как клей в соединении потерял свои свойства и стал пластичным при температуре 110 °С.

Такие же испытания проводились с стальными пластинами при температуре окружающей среды 18-23 °С и при предварительном нагреве образцов до температуры 110 °С. По итогам проведенных испытаний на сдвиг с алюминиевыми и стальными пластинами наилучшие результаты показали клей марки «Сила притяжения» и «Done Deal». Данные марки могут быть рекомендованы для проведения ремонта радиаторов пожарных автомобилей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Иванов В.Е., Шумнов Г.С., Щукин А.А., Скачко А.А. Восстановление деталей пожарных автомобилей клеевыми составами / В.Е. Иванов, Г.С. Шумнов, А.А. Щукин, А.А. Скачко // Надежность и долговечность машин и механизмов: сборник IX Всероссийской научно-практической конференции. Иваново. 2018. С 277-279.
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., Гаджаев Н.Н., Скачко А.А. Восстановление работоспособности системы охлаждения пожарного автомобиля формообразующими клеевыми составами / В.Е. Иванов, Н.Н. Гаджаев, А.А. Скачко // Пожарная и аварийная безопасность: сборник материалов XIII Международной научно-практической конференции, посвященной Году культуры безопасности. Часть I. - Иваново: ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2018. С. 335.
4. Иванов В.Е. Скачко А.А. К вопросу о ремонте системы охлаждения двигателя внутреннего сгорания пожарных автомобилей / В.Е. Иванов, А.А. Скачко // Пожарная безопасность и защита в ЧС: сборник материалов XII Итоговой научно-практической конференции курсантов, слушателей и студентов, посвященной Году культуры безопасности. Иваново. ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2018. С 536-539.

УДК 621.314.22

В. В. Кирьянов, С. Н. Ульява, А. Л. Никифоров

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ ЭЛЕКТРОПРОВОДОК

Ключевые слова: электротехнические изделия, пожарная опасность, электроизоляционные материалы, температурный режим, старение изоляции, термодеструкция.

Аннотация: Электрооборудование занимает ведущее место в жизни современных людей, оно же и представляет опасность. Поэтому мониторинг и оценка состояния электротехнических изделий является первоочередной задачей, стоящей перед человеком. Изучение свойств и поведения изоляционных материалов, дает возможность для достижения пожарной безопасности.

V. V. Kiryanov, S. N. Yleva, A. L. Nikiforov.

INCREASED RELIABILITY OF ELECTRICAL WIRING

Keywords: electrical products, fire hazard, electrical insulation materials, temperature condition, aging of insulation, thermal degradation.

Abstract: Electrical equipment occupies a leading place in the life of modern people, and it is also a danger. Thus, monitoring and evaluating the state of electrical products is a priority facing a person. Studying the properties and behavior of insulating materials makes it possible to achieve fire safety.

Инженерные системы представляют собой комплекс технических решений, обеспечивающих нормальную жизнедеятельность потребителей. Функционирование большинства из них невозможно без электроснабжения. Передача и распределение электрической энергии на различных объектах основывается на широком использовании кабельных изделий (электрических кабелей и проводов), что определяет проблему оценки их пожарной опасности как наиболее важную.

В России, собственно, как и в других промышленно развитых странах, доля пожаров от электрических устройств ежегодно составляет от 15 до 25% от общего количества [1,2,10-12]. При этом результаты анализа статистических данных показывают, что более 50% всех пожаров от электротехнических изделий приходится на загорания от электропроводок [10-12].

Пожарная опасность электроустановок связана с применением горючих изоляционных материалов: резины, пластмасс и т.п. Основными причинами их воспламенения являются перегрузки проводов и кабелей, приводящие к возникновению коротких замыканий, следствием которых является возникновение источников зажигания в виде электрических искр и дуг. Большинство причин загорания электроустановок являются общими. В частности, все они зависят от теплового проявления электрического тока и горючести электроизоляционных материалов.

Снижение пожарной опасности электроустановок возможно за счет постоянного мониторинга электрических сетей в нормальном режиме их эксплуатации.

Защиту электрических сетей от возникновения пожаров можно обеспечить, имея необходимую информацию о режимах их работы и условий эксплуатации, предшествующих пожароопасному режиму [5-6]. Задача предотвращения вероятности возникновения воспламенения изоляции при аварийном режиме функционирования электропроводок может быть решена с помощью оценки выделения тепла в электрокабельных изделиях при их эксплуатации в различных условиях. При этом важно помнить о том, что даже незначительный, но многократный циклический перегрев проводок в процессе протекания предаварийных режимов, т.е. когда температура изоляции составляет 40-70 °С, приводит к термодеструкции полимеров, что влечет за собой потерю последними диэлектрических свойств и заканчивается пробоем изоляции и коротким замыканием [3,4,13].

Изложенные обстоятельства определяют актуальность исследований, направленных на оценку пожарной опасности электротехнических изделий в зависимости от условий эксплуатации, сопряженных с вероятностью возникновения предаварийных режимов.

В процессе проведения анализа методов определения пожарной опасности электроустановок было использовано несколько подходов, которые можно условно разделить на: детерминистические, вероятностно-статистические, статистические, вероятностные [4,7-10].

В настоящее время существует множество видов электроизоляционных материалов, большинство из которых, являясь горючими материалами по своей сути, благоприятствуют возникновению и развитию пожара. Как уже было отмечено - процессы, приводящие к возникновению пожара, зачастую инициируются задолго до наступления аварийного режима работы и развиваются с течением времени. При этом своевременная диагностика процесса развития таких процессов и разработка профилактических противопожарных мероприятий позволит значительно снизить вероятность возникновения пожара в электроустановке.

Цель представленной работы заключалась в проведении исследований пожарной опасности полимерных электроизоляционных материалов и разработке научно-обоснованных подходов к оценке их пожарной опасности, направленных на повышение уровня пожарной безопасности объектов защиты.

На долговечность и надежность работы проводок огромное влияние оказывает именно температурный режим ее функционирования. Нелишним будет заметить, что при нормальных условиях работы, изоляция работает в штатном режиме, хотя текущий по жилам электрический ток может вызывать нагрев токоведущей жилы до 130°С, что создает благоприятные условия для протекания некоторых химических реакций, которые способны привести к изменению эксплуатационных свойств изоляции.

Процесс старения изоляции, связанный с протеканием процесса термодеструкции, обусловлен на первых стадиях удалением пластификаторов, что приводит к потере эластичности. Это, вкуче с изменениями молекулярной структуры полимерного материала и последующим образованием «углеродных мостиков», сопровождается появлением микротрещин, а также снижением показателя сопротивления изоляции. Как правило, появление микротрещин сопровождается появлением токов утечки, а

образование упомянутых «углеродных мостиков» увеличивает вероятность электрического пробоя.

Факторы старения изоляции усугубляются механическими нагрузками, которые изоляция может испытывать в результате эксплуатации. К нагрузкам механического характера, в частности, относится вибрация, возникающая при работе различных устройств и механизмов. Твердые диэлектрики с течением времени становятся хрупкими и малейшее механическое воздействие на кабель приводит к ее разрушению. Установлено, что даже минимальные повреждения изоляции вызывают местный ток утечки и нагрев изоляции. В более сложных случаях отмечается появление электрических дуг. В местах повреждения со временем накапливаются загрязнения различной природы, которые способны существенно ослабить защитные функции покрытия. Существенным является и тот факт, что такие загрязнения даже при незначительном увлажнении могут стать электропроводной средой. При этом между фазовым и нулевым проводами, либо фазой и заземленными корпусами электроустановок возникает электрическая цепь: в местах повреждения происходит обугливание, наблюдается рост токов утечки, увеличивается температура, что в конечном итоге приводит к возгоранию изоляции. Поэтому влияние старения электроизоляционных материалов оказывает определяющее значение на пожарную опасность самое. В связи с этим комплекс мероприятий, направленных на снижение пожарной опасности электропроводок и повышение надежности их эксплуатации должен начинаться с контроля за состоянием изоляции и своевременным принятием мер к ликвидации выявленных нарушений.

Обеспечение и повышение уровня пожарной безопасности электроустановок требует комплексного подхода, реализация которого связана с исследованием влияния свойств наиболее широко применяемых электроизоляционных материалов и условий их эксплуатации на пожарную опасность различных электротехнических изделий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Анализ обстановки с пожарами и последствий от них на территории Российской Федерации. Департамент надзорной деятельности и профилактической работы МЧС России, Москва. www.mchs.gov.ru.
2. Брушлинский Н.Н., Соколов С.В., Вагнер П. Мировая пожарная статистика в конце XX века. –М.: Академия ГПС МВД России, 2000. -80 с.
3. Быков Е.В., Веселовский С.Б., Дудкевич А.Н. и др. Надежность кабелей и проводов для радиоэлектронной аппаратуры. –М.: Энергоатомиздат, 1982. -200 с.
- 4.Иванников В.Л. Теоретические аспекты пожарной опасности кабельных коммуникаций. -Кишинев.:КартяМолдаვენяскэ, 1989. -285 с.
- 5.Зыков В.И., Анисимов Ю.Н., Малашенков Г.Н. Противопожарная защита электрических сетей от токов утечки // Снижение риска гибели людей при пожарах: Материалы XVIII науч.-практ. конф., Ч.1. –М.: ВНИИПО, 2003. –С. 182-185.
- 6.Зыков В.И., Малашенков Г.Н. Обеспечение пожарной безопасности электропроводки // Материалы двенадцатой научно-технической конференции «Системы безопасности» -СБ – 2003 Международного форума информатизации. –М.: Академия ГПС МЧС России, 2003. –С. 240-241.

7. Кашолкин Б.И. Исследование пожарной опасности аварийных режимов в электрических проводах и разработка методов определения момента их воспламенения. Дис. на соиск. уч. степ. канд. техн. наук. МЭИ. - М., 1976.

8. Малашенков Г.Н. Статистические данные о пожарной опасности электрооборудования // Материалы девятой научно-технической конференции «Системы безопасности» - СБ – 2000 Международного форума информатизации. – М.: Академия ГПС МВД России, 2000. – С. 73-74.

9. Малашенков Г.Н. Пожарная опасность проводов и кабелей в предаварийных режимах работы электрических сетей. Дис. на соиск. уч. степ. канд. техн. наук. – М., 2007. – 162 с.

10. Пожары и пожарная безопасность в 2011 году: Статистический сборник. Под общей редакцией В.И. Климкина. - М.: ВНИИПО, 2012, - 137 с.: ил. 40. Пожары и пожарная безопасность в 2014 году: Статистический сборник. Под общей редакцией А.В. Матюшина. - М.: ВНИИПО, 2015, - 124 с.: ил. 40.

11. Пожары и пожарная безопасность в 2016 году: Статистический сборник. Под общей редакцией Д.М. Гордиенко. - М.: ВНИИПО, 2017, - 124 с.: ил. 40.

12. Пожары и пожарная безопасность в 2018 году: Статистический сборник. Под общей редакцией Д.М. Гордиенко. - М.: ВНИИПО, 2019, - 125 с.: ил. 42.

13. Смелков Г.И. Пожарная безопасность электропроводок. – М.: ООО «Кабель», 2009. - 328 с.

УДК 614.842.6

Г. В. Кувшинов, А. В. Суровегин, М. О. Баканов, А. В. Маслов

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

О ПРОБЛЕМАХ ЭКСПЛУАТАЦИИ ПОЖАРНОЙ ТЕХНИКИ В УСЛОВИЯХ НИЗКИХ ТЕМПЕРАТУР

Ключевые слова: пожар, низкие температуры, пожарная техника, проблема, надежность.

Аннотация: в докладе описаны сложности эксплуатации пожарной техники на севере, определены ключевые параметры, влияющие на надежность и долговечность пожарной техники на севере, показаны последние разработки ученых в пожарной технике для зон с низкими температурами, обозначены пути решения некоторых проблем, связанных с эксплуатацией данной пожарной техники.

G. V. Kuvshinov, A. V. Surovegin, M. O. Bakanov, A. V. Maslov

ON PROBLEMS OF OPERATION OF FIRE EQUIPMENT IN THE CONDITIONS OF LOW TEMPERATURES

Keywords: fire, low temperatures, fire fighting equipment, problem, reliability.

Abstract: The report describes the difficulties of operating fire fighting equipment in the north, identifies key parameters that affect the reliability and durability of fire fighting equipment in the north, shows the latest developments of scientists in fire fighting equipment for areas with low temperatures, identifies ways to solve some problems associated with the operation of this fire fighting equipment.

Значительная часть территории России находится в зоне очень холодного, холодного или умеренно-холодного климата: Север европейской территории, Урал, Западная и Восточная Сибирь, Дальний Восток. Все это так называемые геостратегические регионы страны.

Отсутствие на вооружении подразделений пожарной охраны этих регионов пожарной техники в северном исполнении является одной из главных условий развития пожаров до крупных размеров, число которых на Севере в зимний период обычно увеличивается.

Число крупных пожаров в зимний период в северных регионах составляет от 60 до 70% от общего числа крупных пожаров в год. Соответственно, время тушения крупного пожара на Севере зимой на 30–40% больше, чем летом. При этом установлено: чем ниже температура окружающего воздуха, тем дольше тушится пожар. Одновременно увеличивается и число отказов агрегатов и систем ПА, включая пожарнотехническое вооружение (ПТВ).

В соответствии с Основами государственной политики Российской Федерации в Арктике на период до 2020 года предусмотрено ее социально-экономическое развитие, модернизация и развитие инфраструктуры. То есть в зонах экстремально низких температур будет бурно развиваться строительство новых объектов различного назначения. А их необходимо защищать.

В холодных климатических районах в зимний период складывается особенно сложная оперативная обстановка с тушением пожаров. Низкие температуры воздуха способствуют не только увеличению количества пожаров, но и осложняют сам процесс их тушения.

Уже при температуре воздуха от -30°C использовать обычную технику становится невозможно из-за переохлаждения механизмов. При температуре -35°C поломок бывает в 10 раз больше, чем при 0°C , при использовании пожарной техники температурные ограничения недопустимы. Она должна находиться в постоянной боевой готовности и тушить пожары при любой погоде.

Особенности «северного» автомобиля

Пожарно-спасательный автомобиль, способный работать при температуре до -60°C , разрабатывался и создавался учеными Академии ГПС МЧС России совместно с инженерами ОАО «Варгашинский завод противопожарного и специального оборудования», при участии Якутского отделения РАН. Результат этой работы оказался выше всех ожиданий. Автомобиль получился не только морозоустойчивым, но и многофункциональным. Очень важно, что применять его можно в сложных погодных условиях и добровольными пожарными, и сотрудниками муниципальных организаций.

Автомобиль со сложным названием «ХЛ ПСА-С-6,0-40/100 (IVECO АМТ 6339)–40ВР» (ПСА-Север) отвечает всем задачам, которые были поставлены перед коллективом ученых — тушению крупных пожаров в населенных пунктах и на промышленных объектах в условиях низких температур, проведению аварийно-спасательных работ в районах Крайнего Севера. Особенность пожарного автомобиля заключается в расположении пожарного насоса в утепленном месте, в технологии обогрева водопенных элементов теплом отработанных газов двигателя, а также в применении специального насоса, подогревающего воду при подаче. Таким образом,

новая пожарно-спасательная машина исключает замерзание воды внутри рукавов при длительном тушении серьезных пожаров. Также в автомобиле предусмотрено дополнительное утепление кабины.

Специалистами пожарной охраны сделан ряд технических предложений, которые, по их мнению, должны быть использованы для северных пожарных автомобилей:

1. Доработка шасси, включая: применение устройств, обеспечивающих движение в условиях снежных заносов и бездорожья (снежные или зимние шины, лебедка для самовытаскивания, цепи противоскольжения с управлением их включением из кабины и т. д.); комплекс мер по утеплению и защите кабины, аккумуляторного отсека, топливного бака, подогрев зеркал заднего вида и т. п.; установка в салоне дополнительного подогревателя, систем осушения и вентиляции воздуха, а также размораживающего устройства для лобового стекла и др.

2. Доработка пожарной надстройки, которая включает: утепление цистерны и пенобака; подогрев воды и пенообразователя; утепление и подогрев насосного отсека и др.

До освоения производства северных пожарных автомобилей нового поколения предлагается разработать рекомендации по адаптации действующего парка пожарных автомобилей северных регионов применительно к условиям эксплуатации при экстремально низких температурах.

Заключение

Таким образом, эксплуатация пожарной техники в условиях низких температур является актуальной проблемой современной пожарной охраны. Необходимость поставки в регионы севера специальных пожарных автомобилей всегда будет одной из важных задач, а результат – спасенные жизни граждан.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Федеральный закон РФ от 22.07.2008 № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» (в ред. Федерального закона от 03.07.2016 № 301-ФЗ).
2. Повзик Я.С., Ключ П.П., Матвейкин А.М. Пожарная тактика. / Москва: Стройиздат.–1990.–С. 336.
3. Методические рекомендации по действиям подразделений ФПС при тушении пожаров и проведении аварийно-спасательных работ: приложение к письму МЧС России от 26.05.2010 №43-2007-18.
4. Кузнецов Ю.С., Навценя Н.В., Пивоваров В.В., Яковенко Ю.Ф. Проблемы создания пожарной техники для условий эксплуатации на севере. / Комплексная безопасность России - исследования, управление, опыт. Международный симпозиум.–2002.–С. 302-303.
5. ГОСТ 12.2.047-86 (СТ СЭВ 5236-85) Пожарная техника. Термины и определения.

УДК 531.391

Н. Н. Кузнецова

Военный учебно-научный центр военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина»

ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОБЛЕМЫ ВОЗНИКНОВЕНИЯ АВТОКОЛЕБАНИЙ БЛОКИРОВАННЫХ КОЛЕС В ПРОЦЕССЕ ТОРМОЖЕНИЯ АВТОМОБИЛЯ

Ключевые слова: автоколебательная система, блокировка колес, фрикционные системы.

Аннотация: В данном докладе изучается проблема возникновения автоколебаний в моменты торможения автомобиля после блокировки колес. Возникновение на дороге волнообразного рельефа может быть связано с воздействием такого рода автоколебаний.

N. N. Kuznetsova

RESEARCH OF THE PROBLEM OF SELF-OSCILLATION OF BLOCKED WHEELS DURING VEHICLE BRAKING

Keywords: self-oscillating system, wheel lock, friction systems.

Abstract: This report examines the problem of self-oscillation when the car brakes after the wheels are locked. The appearance of undulating terrain on the road may be associated with the impact of this type of self-oscillation.

При взаимодействии двух контактных тел часто возникают автоколебания, которые являют собой колебания частей тел друг относительно друга [1].

Автоколебания – это незатухающие колебания, которые осуществляются в некой динамической системе при отсутствии внешнего воздействия, причём амплитуда и период этих колебаний определяются свойствами самой системы. Колебания не зависят от начальных условий. Образованная таким образом система, в которой возникают такие незатухающие колебания, называется автоколебательной. Энергия автоколебаний поддерживается за счёт регулируемого самой системой поступления энергии от специального внутреннего источника. За счет этого создается периодический процесс. Таким образом, автоколебательные системы удивительны тем, что периодические движения в них возникают при непериодическом внешнем воздействии. Автоколебательные системы принципиально *нелинейны* и *неконсервативны*. Они постоянно теряют энергию, но у них есть канал обратной связи с источником энергии, который постоянно же и восполняет потерянную энергию. Поэтому автоколебания могут продолжаться очень долго.

Автоколебания происходят везде в природе, они присутствуют в различных химических и природных явлениях. Например, поющие пески или возникновение инфразвуковых колебаний при движении ветра над морскими волнами, так называемый «голос моря», и есть собственно автоколебания. Нетрудно догадаться, что в живом организме многие процессы представляют собой автоколебания. Например, ды-

хание, работа сердца и т.д. Примером автоколебательной системы являются часы с маятником. Автоколебания появляются при игре на духовых и смычковых музыкальных инструментах. Автоколебания сопровождают нас везде.

Наиболее распространенными видами автоколебаний являются фрикционные релаксационные автоколебания, которые обусловлены трением. Их легко определить по характерному скрипу.

Исследованиями динамики таких фрикционных систем занимается теория нелинейных дифференциальных уравнений. Таким образом, исследование автоколебаний в сложных системах, тем более с несколькими степенями свободы, оказывается довольно сложной задачей, часто неразрешимой аналитическими методами. В связи с этим исследование фрикционных автоколебательных систем имеет смысл начинать с рассмотрения автоколебаний в системе с двумя степенями свободы.

Составлены математические методы, алгоритмы построения модели колебаний автомобиля при его экстренном торможении на дороге с полной блокировкой колес. Эти задачи рассмотрены в теоретических и экспериментальных исследованиях [2,3].

Корпус автомобиля с центром масс C (см.рисунок) соединен с колесами пружинами и демпферами. Движение автомобиля рассматривается в плоскости Ox_1x_3 . Корпус автомобиля поворачивается вокруг оси Cx_2 на угол φ .

Пусть движения двух передних колес одинаковы, что позволяет их представить одним колесом с массой $2m$ и удвоенным моментом инерции $2J$. Аналогично для задних колес. Представленная система координат связана с корпусом автомобиля.

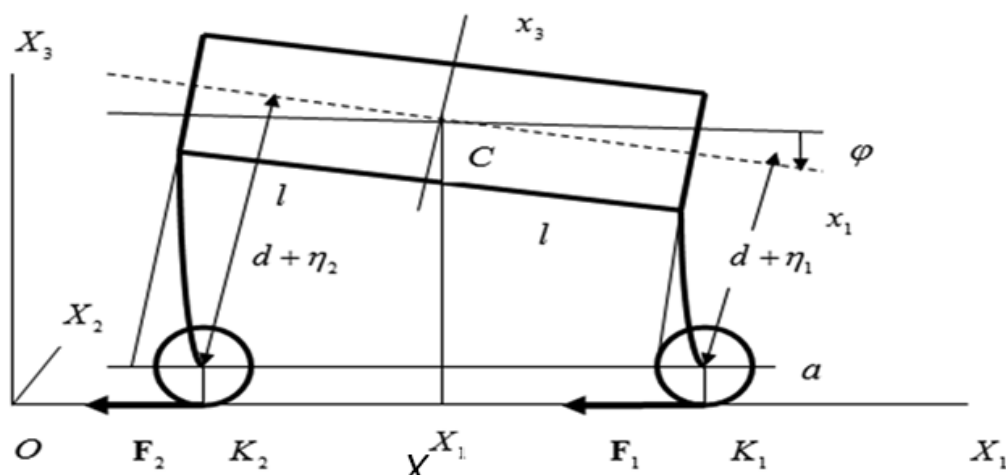


Рис.1. Модель автомобиля

Пусть X_1, X_3 координаты центра масс корпуса автомобиля. Радиус-векторы центра колес представим в виде:

$$R_i = X_1 E_1 + X_3 E_3 + \Gamma_2(\varphi) \left[(-1)^i l + \xi_i \right] e_1 - (d + n_i) e_3,$$

$$\Gamma_2(\varphi) = \begin{pmatrix} \cos \varphi & 0 & \sin \varphi \\ 0 & 1 & 0 \\ \sin \varphi & 0 & \cos \varphi \end{pmatrix}.$$

где E_1, E_3 – орты систем координат Ox_1X_3 ; e_1, e_3 – орты системы координат

$Sx_1x_2x_3, \xi_1, \eta_i$ – продольные и поперечные перемещения центров колес относительно корпуса автомобиля. Колеса заблокированы, и их угловая скорость относительно корпуса равна нулю.

Кинетическую энергию системы представим в виде

$$T = \frac{M}{2} (\dot{X}_1^2 + \dot{X}_3^2) + \frac{J_0 + 4J_1}{2} \dot{\varphi}^2 + m(\dot{x}_1^2 + \dot{x}_2^2), \quad (1)$$

где M, J_0 – масса и момент инерции корпуса автомобиля относительно его центра масс, x_i – координаты центров колес.

Значение для потенциальной энергии:

$$P = Mg X_3 + c_1 (\xi_1^2 + \xi_2^2) + c_2 [(n_1 - n_0)^2 + (n_2 - n_0)^2] \quad (2)$$

где c_1, c_2 – соответственно продольная и вертикальная жесткости подвески автомобиля для каждого колеса, n_0 – постоянная. Вертикальные перемещения колес n_1, n_2 вызывают сжатие пружин передней или задней подвески, а их изменение приводит к возникновению демпфирующих сил. Продольные перемещения ξ_1, ξ_2 порождают упругие силы деформаций элементов подвески с большим коэффициентом жесткости. Примем, что характеристики передней и задней подвески автомобиля одинаковы.

В частности, рассматривается движение автомобиля после блокировки колес, скольжение которых по дороге описывается моделью нелинейного вязкого трения с падающим участком характеристики. Построенная модель аппроксимирует модель сухого трения, когда трение покоя превосходит трение скольжения [3]. В этом случае на некоторых этапах торможения автомобиля в системе наблюдаются автоколебания (при определенных начальных условиях движения). Автоколебания колес автомобиля могут создавать такую проблему, как возникновение на дороге волнообразного рельефа. В частности, эта проблема распространяется также и на покрытия аэродромов, где используется достаточно много тяжелой автомобильной техники. Исследования характера движения такой механической системы решается числовыми примерами для уравнений Лагранжа второго рода и для уравнений, получаемым методом усреднения канонических уравнений в переменных действие-угол.

Различаются случаи «жесткого» и «мягкого» возбуждения автоколебаний. В первом, «жестком» случае для возникновения автоколебательного режима необходимо выбрать начальные условия движения из области притяжения предельного цикла, описывающего автоколебательный процесс. Условия возникновения «мягкого» возбуждения автоколебаний возникают в процессе собственно торможения автомобиля, когда скорость скольжения заблокированных колес попадает в область, характеризуемую увеличением силы трения при уменьшении скорости скольжения.

Автоколебания заблокированных колес вызывают тангенциальные силы периодического характера, которые негативно действуют на материал дороги, по которой движется автомобиль. Это обстоятельство, вероятнее всего, является причиной возникновения пластических деформаций материала дороги, поверхность которой приобретает волнообразный рельеф, особенно в местах интенсивного торможения автомобилей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ланда П.С. Автоколебания в системах с конечным числом степеней свободы. М. Либроком. 2010. 360 с.

2. Кручинин П. А., Магомедов М. Х., Новожилов И. В. Математическая модель автомобильного колеса на антиблокировочных режимах движения // Изв. РАН. МТТ. — 2001. — № 6. — С. 63—69.

3. Новожилов И.В., Павлов И.С., Фрольцов В.А. «О поведении автомобиля на «миксте»» // Изв. РАН. МТТ. — 2001. — № 3.

УДК 614.8.084

А. Р. Марчук, В. С. Блинков

ФГАОУ ВО Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

НАДЕЖНОСТЬ СРЕДСТВ СПАСЕНИЯ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ АВАРИЙНО-СПАСАТЕЛЬНЫХ РАБОТ ПРИ ОБРУШЕНИИ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

Ключевые слова: надежность, средства спасения, аварийно-спасательные работы, аварии, обрушения зданий и сооружений.

Аннотация: В статье рассматриваются пути повышения эффективности проведения аварийно-спасательных работ при обрушении зданий и сооружений, что позволит снизить последствия масштабных бедствий в стране. Показано, что сокращение времени реагирования служб спасения на наступление сигнала о бедствиях, а также усиление надежности средств спасения при работе на высоте являются наиболее перспективными направлениями деятельности аварийно-спасательных служб.

A. R. Marchuk, V. S. Blinkov

RELIABILITY OF RESCUE MEANS EMERGENCY RESCUE WORKS DURING DESTRUCTION OF BUILDINGS AND STRUCTURES

Keywords: reliability, rescue equipment, emergency rescue operations, accidents, collapse of buildings and structures.

Abstract: The article discusses ways to increase the effectiveness of emergency rescue operations in the collapse of buildings and structures, which will reduce the consequences of large-scale disasters in the country. It is shown that reducing the response time of rescue services to the onset of a distress signal, as well as increasing the reliability of rescue equipment when working at height, are the most promising areas of emergency rescue services.

Введение.

При проведении аварийно-спасательных работ (АСР) после обрушений зданий и сооружений на спасателя одновременно могут воздействовать несколько опасных факторов: множество травмоопасных факторов субъективного и объективного характера, большого количества элементов случайности, погодные условия. Основными принципами деятельности аварийно-спасательных служб (АСС), аварийно-спасательных формирований (АСФ) и спасателей являются:

- принцип гуманизма, предусматривающий приоритетность задач спасения жизни и сохранения здоровья людей, защиты природной среды при возникновении чрезвычайных ситуаций (ЧС);
- принцип единоначалия руководства;
- принцип оправданного риска и обеспечения безопасности;
- принцип постоянной готовности к оперативному реагированию на ЧС и проведению работ по их ликвидации. (151-ФЗ «Об аварийно-спасательных службах и статусе спасателей», статья 3) [1].

МЧС России инициировало закрепление в законе понятия «оправданный риск» [2, 3], понятие не исключает ответственность за действия и несвоевременность действий спасателей. При этом принятие необоснованных решений ради выполнения поставленных задач любой ценой не считается правомерным.

Актуальность темы исследования обусловлена необходимостью совершенствования средств спасения и степенью готовности спасательных формирований обеспечить спасение людей при произошедших в результате стихийных бедствий или техногенных катастроф обрушениях зданий и сооружений.

Цель работы заключается в совершенствовании готовности аварийно-спасательных служб к эффективному устранению последствий после обрушения зданий и сооружений, а также в повышении надежности средств спасения.

Критериями надежности при подборе сил и средств проведения АСР при обрушении зданий и сооружений являются [4]:

1. Минимальное время проведения АСР.
2. Эффективность (состав сил и средств АСФ должен максимально, эффективно выполнять задачу по проведению АСР при обрушении зданий и сооружений).
3. Согласованность проведения АСР.
4. Учет внешних условий.
5. Высокое материально-техническое оснащение АСФ и обеспечение жизнедеятельности АСФ во время проведения спасательных работ.
6. Обеспечение жизнедеятельности пострадавшего населения (поиск, деблокирование, транспортировка, оказание первой помощи; обеспечение жильем, питанием, водой, обогрев, развертывание пунктов временного размещения ПВР).

Рассмотрим *критерии надежности* при подборе сил и средств АСР при обрушениях зданий и сооружений, как и чем можно их обеспечить.

- Время проведения спасательных работ должно быть минимальным. Спасатели пользуются термином «золотой час», так как некоторые травмы требуют оперативной доставки пострадавших в больницу или оказания первой помощи на месте получения травмы [5].
- Время проведения спасательных работ зависит от профессиональной подготовки спасателей, в том числе от физико-психологической подготовки.
- Высокий темп действий для сокращения времени выполнения АСР. При дефиците времени успешное выполнение задачи иногда невозможно добиться простым увеличением темпа действий, тогда необходимо проводить изменение структуры деятельности, например, выбирать другую технологию проведения АСР, тактики, другой метод (способ), оборудование [6,7].
- На эффективность проведения АСР влияют возможности проведения объема работ силами одного или нескольких формирований. Если количества сил и средств недостаточно их удваивают или утраивают.

- Согласованность действий всех привлеченных служб к данным работам.
- На время и эффективность выполнения АСФ большое влияние оказывает влияние внешних условий: погодные условия (гроза, дождь, снег), температура окружающей среды, время суток, повышенное атмосферное давление. При проведении работ на высоте в неблагоприятных условиях необходимо усилить контроль безопасности [8,9], поскольку известно, что даже в обычных условиях работы на высоте относятся к наиболее травмоопасным [10] и требуют высокой надежности страховочных систем [11].
- Создание инженерной поддержки материально-технического оснащения. АСФ, выехавшее для проведения АСР, должно иметь достаточное материально-техническое оснащение для выполнения задачи.
- График посменной работы (если спасатели работают в одну, две или три смены, т.к. спасатель работает в опасных условиях).
- Создание резерва сил, средств механизации из-за выхода из строя оборудования и снаряжения (при проведении АСР на высоте при обрушении зданий и сооружений при интенсивной работе постоянно выходит из строя альпинистская веревка из-за трения, грязных условий, нехватки протекторов).
- Необходимо постоянно проводить разведку, оценку обстановки и мониторинг окружающей среды; в случае ухудшения погоды, повторного обрушения и т. д. принимать экстренные необходимые меры.
- Одним из основных критериев является организация управлением АСР. Работы начинаются по прибытии первого АСФ, затем более подготовленное формирование для проведения данных работ определяет, кто и на каком участке работает. На высоте работают наиболее подготовленные и имеющие специальный допуск. Руководители спасательных работ отвечают за организацию и безопасное проведение работ на высоте, проводят инструктажи, составляют план проведения работ (ППР), проводят периодический осмотр СИЗ. Руководители дежурных смен имеют также классность не ниже второго. Остальные спасатели - не ниже третьего класса выполняют эти работы в качестве исполнителей.
- Обеспечение жизнедеятельности пострадавшего населения, обеспечение водой надлежащего качества [12] и пищей. При необходимости устанавливают два мобильных пункта временного размещения (ПВР): для пострадавшего населения и АСФ. ПВР служит пунктом обогрева, там спасатели оказывают психологическую поддержку, поят пострадавших горячим чаем. Для лагеря спасателей необходимо установить палатку для отдыха и обогрева. Установкой ПВР может заниматься смена, которая находится на отдыхе. Освещение в ночное время осуществляется осветительными установками (световая башня).
- Подготовка спасателей и обучение. Принцип готовности АСС, АСФ к оперативному реагированию на ЧС и проведению работ по их ликвидации предполагает постоянную подготовку и обучение спасателей безопасной работе в любых ЧС. Постоянная работа в условиях риска может сформировать склонность к риску. У склонных к риску людей низкий уровень психической напряженности. Склонность к рисковому поведению может проявляться как направленность на риск, поэтому эффективность действий таких спасателей в экстремальных условиях высока. Это следует учитывать при расстановке сил на опасных участках работы, которыми и являются работы на высоте условиях обрушения зданий и сооружений [13].

Выводы:

1. Нормативно-правовая база, регламентирующая организацию безопасности проведения АСР, имеет пробелы в отношении некоторых видов работ и допускает неоднозначность трактовки, в результате в ряде случаев для обеспечения собственной безопасности спасателю приходится опираться на имеющийся опыт, профессионализм и здравый смысл.

2. Каждый из критериев надежности при подборе сил и средств проведения АСР при обрушении зданий и сооружений имеет большое значение для безопасного и эффективного выполнения АСР.

3. Анализ методик оценки готовности показал ряд недостатков: несоответствие современным требованиям методологии и процедуры определения ряда элементов (показателей) готовности; отсутствие системы, включающей в себя полный перечень элементов и показателей готовности, раскрывающей их содержание и порядок оценки – системы показателей; невозможность учёта степени влияния элементов на общий уровень готовности; невозможность использования в полной мере существующих методов оценки готовности для оценки готовности спасательных формирований по причине различного их предназначения, оснащения, штатной структуры, масштабов и условий применения, способов управления подразделениями.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Федеральный закон РФ № 151-ФЗ «Об аварийно-спасательных службах и статусе спасателей» от 22 августа 1995 г. (с изменениями от 2 июля 2013 г. № 185-ФЗ).

2. Постановление Правительства РФ №1091 «О некоторых вопросах аттестации аварийно-спасательных служб, аварийно-спасательных формирований, спасателей и граждан, приобретающих статус спасателей» от 22 декабря 2011 г. (с изменениями от 6 марта 2015 г.).

3. Приказ МЧС России № 450 «О введении в действие инструкции по инспектированию (проверке) формирований поисково-спасательной службы МЧС России» от 4 июля 1996 г.

4. Дёмин А.Ю. Комплексная методика оценки готовности АСС (АСФ) к действиям по Предназначениям // «Предупреждение. Спасение. Помощь». Сборник материалов XXVII Международной научно-практической конференции, 16 марта 2017 года. – Химки: ФГБВОУ ВО АГЗ МЧС России. – 2017. – 82 с. (С. 20-26).

5. Каверзнева Т.Т. Физиология человека : учеб. пособие / Т.Т. Каверзнева. – СПб.: Изд-во Политех. ун-та, 2008. – 155 с.

6. Буинский Л.Г., Мясников Д.В. Анализ применения сил и средств ФГКУ «Уральский учебный спасательный центр МЧС России» в чрезвычайных ситуациях на территории Уральского федерального округа // «Предупреждение. Спасение. Помощь». Сборник материалов XXVII Международной научно-практической конференции, 16 марта 2017 года. – Химки: ФГБВОУ ВО АГЗ МЧС России. – 2017. – 82 с. (С. 27-32).

7. Воронин С.В., Каверзнева Т.Т. Научно-технический прогресс как основополагающий фактор развития современных систем передачи извещений о пожаре // Сборник статей по материалам XI Всероссийской научно-практической конференции “Сервис безопасности в России: Опыт, проблемы, перспективы. Современные методы и технологии предупреждения и профилактики возникновения чрезвычайных ситуаций: 27 сентября 2019 года. СПб.: ФГБВОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России. – 436 с. (с. 360-362).

8. Каверзнева Т.Т., Мазуренко К.С. Контроль безопасности при проведении работ на высоте // Научный форум с международным участием «Неделя науки СПбПУ»: материалы научно-практической конференции. Институт военно-технического образования и безопасности СПбПУ. – Изд-во Политехн. ун-та, 2015. – 248 с. (с. 187-190).

9. Каверзнева Т.Т., Сенченко В.А., Скрипник И.Л. Надежность системы обеспечения безопасности при проведении работ на высоте // 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. 471–473.

10. Тархов Д.А., Каверзнева Т.Т., Идрисова Д.И. Анализ причин тяжелого и смертельного травматизма на строительной площадке // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2015. № S11-60-2. С. 244-253.

11. Совершенствование технических средств безопасности при выполнении работ на высоте / В. А. Сенченко, С. А. Карауш, Т. Т. Каверзнева, С. Л. Пушенко, Е. В. Стасева // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2017. Вып. 50(69). С. 98—105.

12. Маркитанова Л.И., Кисс В.В., Каверзнева Т.Т. Водоснабжение и очистка сточных вод предприятий пищевой промышленности: учеб. пособие / Л. И. Маркитанова, В. В. Кисс, Т. Т. Каверзнева ; Федеральное агентство по образованию, Гос. образовательное учреждение высш. проф. образования Санкт-Петербургский гос. ун-т низкотемпературных и пищевых технологий. Санкт-Петербург, 2006. – 134 с.

13. Шеханов Е.А. Состояние оценки деятельности территориальных органов МЧС России // «Предупреждение. Спасение. Помощь». Сборник материалов XXVII Международной научно-практической конференции, 16 марта 2017 года. – Химки: ФГБОУ ВО АГЗ МЧС России. – 2017. – 82 с. (С. 77-80).

УДК 531.8

А. Н. Ниткин, Е. С. Чумаков, В. Т. Крылов

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ МАШИН

Ключевые слова: машины, механизмы, повышение, надежность, совершенствование, параметры

Аннотация: В статье рассматриваются различные пути и способы повышения надежности машин и механизмов.

A. N. Nitkin, E. S. Chumakov, V. T. Krylov

WAYS TO IMPROVE MACHINE RELIABILITY

Keywords: cars, machinery, increase, reliability, perfection, parameters.

Abstract: The article discusses various ways and means of improving the reliability of machines and mechanisms.

Актуальностью темы является то, что постоянно увеличивается потребность к повышению надежности машин и механизмов.

Системы и средства по улучшению надежности машин и механизмов многообразны и должны быть использованы на каждом этапе планирования, конструирования

ния, производства и работы. Осуществляемые в этой отрасли мероприятия подразделяются на несколько курсов.

Один из важнейших курсов – увеличение износостойкости изделий изготавливаемой продукции к внешним воздействиям. К нему относятся принципы изготовления прочных и износостойких узлов и механизмов за счет их правильно подобранной структуры и правильного использования в соответствующей среде.

Вышеуказанный курс охватывает все современные достижения в области производства и технологии, которые дают возможность значительно повышать стойкость конструкции, которые свойственны для данного вида машин.

Усовершенствование сопротивляемости узлов к внешним воздействиям взаимосвязано с вопросами, предстающими перед производителями, конструкторами и эксплуататорами не только из-за надежности, но и из-за потребности создавать такого рода технические характеристики конструкции, увеличивать и быстроту машин, снижать их размеры и плотность металла.

К средствам увеличения сопротивляемости агрегатов к внешним воздействиям можно отнести следующие факторы: подбор материалов стойких к изнашиванию, снижение нагрузок на механизмы, выбор правильных методов смазывания материалов, которые снижают технологическую наследственность.

Но какие бы средства увеличения сопротивляемости ни применялись, их противодействие внешним сопротивлениям не бесконечно. Применять в узлах и агрегатах только жидкостное трение невозможно. Не бывает таких материалов, которые бы не деформировались в результате их применении из-за воздействия разных критических температур.

Если ко всему сказанному добавить, что бывают источники как внешних, так и внутренних воздействий на машину, и что постоянно увеличиваются условия к ее параметрам, то можно смело утверждать, что применяемые средства увеличения надежности обязательны, но несовершенны. Они упираются в уровень развития определенной области техники.

Следующий курс увеличения надежности работы машин – это защита и отделение от негативных воздействий. Тут применяются следующие мероприятия: монтаж машин на фундамент, выполнение пылезащищенной и влагозащищенной поверхности, разработка специальных условий для сопротивления различным температурам.

Для всех перечисленных случаев создаются наиболее благоприятные условия. К примеру, создание помещений, поддерживающих постоянную температуру и влажность, с серьезными требованиями к уровню запыленности воздушной среды, обеспечивая выпуск очень точных и максимально надежных механизмов, а также повышает надежность работы технологического оборудования. Применяются разного рода устройства для поглощения вибрации и звука. Также к защитному оборудованию относят экраны для защиты от тепловых излучений, а также радиации. Выполняют защиту от влаги, агрессивной среды, оборудование, которое утилизирует отходы, устанавливают фильтрующие элементы для смазочного материала, топлива и воздуха. Но и способы изоляции от внешних воздействий тоже не безграничны. Полностью исключить возможность защиты от вредных воздействий машин и механизмов невозможно, да и достаточно дорого. Нужно заметить, что в процессе работы самой машины невозможно исключить внутренние факторы колебаний, такие как вибрация, тепловыделение и т.п.

В некоторых моментах можно добиться увеличения надежности за счет использования правильных конструктивных решений, а не за счет траты денег на изготовление новых устройств.

Со стороны надежности, более правильной будет конструкция машины и узлов, когда достигается максимально возможное время работы машины в целом при указанной безотказности и упорядоченных тратах на ее ремонт и обслуживание.

К примеру, выбор правильных параметров узла трения создаст очень продолжительную защиту точности, подбор рациональной схемы механизма и допуска на поверхностное сопряжение снизит время приработки (притирки), а расчет механизма на его износ даст возможность получить одинаково ровный износ, и снижения его влияния на выходные параметры продукции.

Главным выбором, для правильного конструирования узла или механизма должна быть проделана расчетная работа, которая объединяет преобразования выходных характеристик механизма с ходом повреждения и способы мониторинга надежности, которые мы рассмотрели выше в статье. С помощью этого мы можем найти такие пути решения, при которых износ, деформация, усталость на выходные параметры механизма будет оказывать максимально низкое воздействие. Важно предусмотреть, чтобы устройство механизма обязательно должно быть ремонтнопригодным, взаимозаменяемым и готовым к проведению диагностики.

Современной тенденцией для разработки новых работоспособных с высоким потенциалом машин и механизмов является приспособливание автоматики для увеличения надежности.

Однако проблема осложнения с надежностью машин и механизмов появилось как раз-таки с ее автоматизацией, с потребностью обеспечения ее бесперебойного функционирования и взаимосвязь гидравлических, механических, электронных систем.

Автоматическое управление затрудняет разрешение проблемы надежности, в связи с тем, что разрабатываются новейшие производительные, энергоемкие и сложные системы. Но данная ситуация является проблемным вопросом, пока не будут решены задачи по увеличению надежности, и будут продолжать использоваться те средства, которые применяются для старых машин без системы автоматизации.

Естественно, для автоматизированных машин и механизмов очень важно развивать качество используемых материалов, систему смазывания, конструкцию агрегатов и деталей. Плюс к этому имеется еще одно сильное средство для повышения надежности. Это система – применение самой автоматики для гарантированно долгосрочной работы машины при различных и критических условиях ее использования.

Использование в автоматизированных машинах цепей с разного рода микро-датчиками, увеличение и высококачественное преобразование функций, которые выполняются автоматикой, возникновение идей инженерной кибернетики в принцип работы машин и все большее использование мехатронных систем, в которых действуют механика и электроника. Все вышесказанное диктует нам использовать современные средства автоматики.

Использование машин и механизмов с такими возможностями, как самонастраивание и саморегулирование, которые схожи с живым организмом имеют такие системы приспособления к меняющимся режимам и условиям функционирования, позволяет машине иметь возможность проводить заданную работу, но и выполнять свои прямые функции очень долгий период, не боясь внешних и внутренних процессов,

выполняемых в машине. Настоящие достижения широко используются во многих машинах, например, транспортных и энергетических.

В системы управления таких машин встраиваются микродатчики с системой обратной связи, в результате чего машина автоматически управляет выполняемыми действиями, фиксирует режим работы и настраивает на нужный режим.

В будущем дальнейший процесс совершенствования подобных идей и применение автоматизации для осуществления руководства определенными механизмами наладки, настройки и корректировки, увеличение функций системы управления и контроль за изменениями определенных видов выходных параметров раскрывают большой потенциал для получения наивысшего уровня надежности машины.

Ввиду того, что ухудшение состояния машин и механизмов при их использовании взаимосвязано с меняющимися процессами, машина связана с этими процессами, как средство автоматического управления. Регулирование этих процессов – это правильное направление для решения проблемы надежности машин, где устаревшие методы стали совсем неактуальны. По вышесказанному можно привести следующие примеры: функция регулировки зазоров между сопрягающимися деталями; при смене физического состояния – функция корректировки движения механизмов; формирование оптимальной толщины масляной пленки и т.д.

В настоящий момент, в связи с тем, что вычислительная техника и технические возможности управления имеют большие достижения, появляется огромное количество настоящих (подлинных) и высокоэффективных автоматизированных режимов работы устройств.

Данный путь развития надежности должен постоянно совершенствоваться, так как для всех машин и механизмов можно задать высокий уровень работоспособности.

Для обеспечения высокой степени надежности многосложных машин, как раз применяются все вышеуказанные способы. Применение наиболее эффективного способа зависит от качества информации о надежности. Наиболее ценная информация – своевременно полученная в начале сборки машины. Это необходимо для установки нужного уровня надежности.

В реальности ситуация такая, что при создании новых машин, параметры ее надежности сформированы ориентировочно, соответственно характеристики надежности машин могут не соответствовать указанным. Все это позволяет выявить после продолжительной эксплуатации реальную степень надежности.

Следовательно, проведение расчетных работ, а также прогнозирование надежности, регулирование и гарантия показателей надежности, регламентация темпов наступления старения. Все это требуется для повышения надежности.

По степени надежности совершенной будет такая машина, которая при длительном периоде эксплуатации будет соответствовать заданным параметрам. Для этого необходима такая машина, которая будет самостоятельно восстанавливать свои параметры, предотвращать аварийные ситуации, передавать информацию о текущем состоянии.

Конструирование машин, которые сохраняли бы свою надежность при всей длительности эксплуатации – важнейшее направление машиностроения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Остяков Ю.А. «Проектирование механизмов и машин: эффективность, надежность и техногенная безопасность: Учебное пособие» Издательство: "Инфра-М" (2018)
2. Надежность машин и механизмов: учебник/ В.А. Черкасов и [др.] под ред. Б.А. Кайтукова и В.И. Скеля; М-во образования и науки РФ: НИУ МГСУ, 2015. 272 с.
3. Расчет и проектирование деталей машин: учеб. пособие /А.А. Андросов. – Ростов н./Д. Изд-во Феникс, 2006. – 285 с.
4. Детали машин и основы конструирования / М.Н. Ерохин. – М. : КолосС, 2005. – 464 с.

УДК 621.1

Д. Е. Новиков, И. И. Ведерникова

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

ВЛИЯНИЕ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ НА ХЛАДОСТОЙКОСТЬ СТАЛЕЙ

Ключевые слова: закалка, улучшение, хладостойкость.

Аннотация: Объектом исследования является определение возможностей термической обработки низколегированных сталей по повышению комплекса механических свойств, отвечающих за долговечность работы сталей в условиях климатического холода.

D. E. Novikov, I. I. Vedernikova

INFLUENCE OF HEAT TREATMENT ON THE COLD RESISTANCE OF STEELS

Keywords: hardening, improvement, cold resistance.

Abstract: The object of the research is to determine the possibilities of heat treatment of low-alloy steels to improve the complex of mechanical properties responsible for the durability of steel in the conditions of climatic cold.

Одним из важнейших показателей, определяющих спрос на проектируемый объект, является его качество. Обеспечение необходимого качества возможно при удовлетворении эксплуатационных требований, предъявляемых к деталям машин. Работоспособность и надежность детали обеспечиваются за счет выполнения следующих основных требований: прочности, жесткости и стойкости к различным воздействиям (износу, вибрации, температуре и др.). Выполнение требований прочности при статическом, циклическом и ударном нагрузках должно исключить возможность разрушения, а также возникновения недопустимых остаточных деформаций. Требования жесткости к детали или контактной поверхности сводятся к ограничению возникающих под действием нагрузок деформаций, нарушающих работоспособность изделия, к недоступности потери общей устойчивости для длинных деталей, подвергающихся сжатию, и местной – у тонких элементов. Должна быть обеспечена износостойкость детали, которая существенно влияет на долговечность работы механизма. Достаточ-

но, чтобы для каждой детали выполнялись не все перечисленные выше требования, а лишь те, которые связаны с ее эксплуатацией.

Целью работы является определение возможностей термической обработки низколегированных сталей по увеличению комплекса механических свойств отвечающих за долговечность работы сталей в условиях климатического холода. Исследования проводились на низкоуглеродистых низколегированных конструкционных сталях 09Г2С, ТТ309, 32Г2А. Контролировались такие механические свойства как ударная вязкость $KCV-40^{\circ}C$ Дж/см², предел текучести $\sigma_{0,2}$ МПа, предел прочности σ_b МПа, доля вязкой составляющей % и относительное удлинение %, по общепринятым гос-тированным методикам.

Для проведения исследований были выбраны конструкционные стали, зачастую используемые в одинаковых климатических условиях с одинаковыми требованиями к их механическим показателям. Однако эти стали значительно разнятся по своему химическому составу.

Сталь 09Г2С обладает невысокой концентрацией углерода. Это оказывает положительное влияние на стойкость при отрицательных температурах, что связано с понижением доли перлита, так как пластинки цементита в составе перлита обладают низкой пластичностью, и при низких температурах границы «феррит-цементит» в перлите играют роль препятствий, у которых скапливаются дислокации при их скольжении, и служат местами зарождения трещин. Марганец повышает прочность, не снижая пластичности, и резко снижает красноломкость стали, вызванную влиянием серы. Он способствует уменьшению содержания сульфида железа FeS, так как образует с серой соединение сульфид марганца MnS. Так же марганец измельчает зерно феррита и повышает (до концентрации Mn в чистом железе 3,4 % и более) его пластичность, что приводит к понижению порога хладноломкости. Стали содержащие в своем составе количество кремния выше технологической примеси (обычно не превышает 0,37 %) при обработке на одинаковую твердость с нелегированными обладают несколько более высоким запасом вязкости, а при равной температуре отпуска превосходят нелегированную сталь по показателям прочности, уступая ей, однако, в отношении вязкости. Добавление титана в сталь 09Г2С делает ее наследственно мелкозернистой, что способствует повышению технологичности этой стали. Помимо этого титан является сильным карбидообразующим элементом, что благоприятно сказывается на прочностных свойствах и измельчении зерна в стали. Сталь ТТ309 имеет более высокое содержание углерода, чем сталь 09Г2С.

Увеличение количества углерода в стали выше 0,21 % при содержании Mn более 1,4 % ухудшает свойства из-за выделения прослоек цементита по границам зерен. Также появляются участки грубого бейнита в продуктах распада аустенита, что ухудшает свойства сталей. Исходя из этих факторов содержание Mn в составе стали лимитируется 1,2–1,4 %. При наличии некогерентных частиц в матрице (дисперсное упрочнение) образуются дислокационные петли при огибании препятствий скользящими дислокациями, что также повышает работу разрушения. Поэтому в стали используют легирование Mo и Cr – элементами, образующими с компонентами стали упрочняющие фазы – карбиды и карбонитриды, что также обеспечивает измельчение зерна. Кроме того, молибден, обладая химическим сродством к фосфору, понижает его химический потенциал в твердом растворе, что (согласно теории диффузии) снижает диффузионную подвижность атомов фосфора и тем самым затрудняет его сегрегацию на границах зерен.

Сталь 32Г2А имеет самое высокое количество углерода из трех выбранных. Данная сталь легирована Mn по такому же принципу, как и сталь ТТ309. Помимо этого она имеет более высокие требования к чистоте по вредным примесям. Более никаких особенностей по химическому составу данная сталь не имеет. Анализ полученных результатов по режимам показывает, что после нормализации сталь 09Г2С обладает самыми низкими из испытываемых сталей прочностными показателями, но самыми высокими пластическими показателями. Сталь 32Г2А обладает самыми высокими прочностными характеристиками, однако пластические характеристики превосходят сталь ТТ309. Сталь ТТ309 обладает промежуточными значениями прочностных характеристик и самыми низкими пластическими свойствами. После проведения улучшения картина существенно изменяется. Сталь ТТ309 обладает как самыми высокими прочностными показателями, так и самыми высокими пластическими. Сталь 32Г2А обладает самыми низкими и прочностными и пластическими показателями. Сталь 09Г2С занимает промежуточное значение. Такие результаты обусловлены следующими факторами. Сталь 09Г2С является наследственно мелкозернистой и содержит незначительное количество углерода. Эти два фактора позволяют этой стали обладать значительным запасом вязкости, что в свою очередь позволяет в широких диапазонах варьировать температуры термической обработки, а значит и управлять фазовым составом.

Нагрев под закалку до температуры 920°C позволяет получить аустенит повышенной гомогенности без увеличения размера зерна. Незначительно заниженная температура отпуска позволяет, в свою очередь, получить более высокие прочностные характеристики без опасения падения пластических свойств. Доля вязкой составляющей в изломе в этом случае составляет 90 %. Сталь ТТ309 обладает достаточным содержанием углерода для получения высоких прочностных характеристик, помимо этого наличие таких карбидообразующих элементов, как Cr и Mo, упрочняет твердый раствор и в значительной мере измельчает зерно в стали, что благоприятно сказывается как на прочностных, так и на пластических свойствах. Большой запас стали ТТ309 по прочностным свойствам позволяет без опасений поднимать температуру высокого отпуска для обеспечения высоких значений вязкости и хладостойкости. Доля вязкой составляющей в изломе составляет порядка 100 %.

Сталь 32Г2А обладает относительно высоким содержанием углерода и повышенной чистотой по содержанию вредных примесей. Это позволяет ей иметь достаточные прочностные характеристики, однако небольшой запас пластичности не позволяет в широком диапазоне варьировать температуру термической обработки. Доля вязкой составляющей в образцах составляет лишь 6 %. При помощи термической обработки можно существенно повысить хладостойкость низколегированных сталей, но для каждой стали существуют свои особенности лимитирующие возможности получения необходимого комплекса свойств. Наиболее перспективными показывают себя стали легированные карбидообразующими элементами. Уменьшение содержание углерода в стали положительно сказывается на повышении хладостойкости стали, однако следует учитывать, что с понижением содержания углерода прочностные характеристики так же падают. На нелегированных конструкционных сталях получение высоких значений хладостойкости затруднено. Из проведенных исследований видно, что сталь ТТ309 обладает высокими значениями хладостойкости, показатели стали 09Г2С ниже, чем у ТТ309, но тоже имеют высокие значения. На стали 32Г2А высоких значений хладостойкости достигнуть не удалось.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Влияние режимов механической обработки стали 09Г2С на формирование остаточных напряжений: [Электронный ресурс].
2. 09Г2С – Термообработка - Металлический форум: [Электронный ресурс].
3. Пастухова, Б.Н. Научные основы материаловедения: Учебн для вузов / Б.Н. Пастухова. - М.: Изд-во МВТУ им. Н.Э. Баумана, 2009. - 336с.
4. Материаловедение. Технология конструкционных материалов. Ведерникова И.И. / Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина. Иваново, 2012.
5. Кнорозов, Б.В. Технология металлов /Б.В. Кнорозов, Л.Ф. Усова, А.В. Третьяков, И.А. Арутюнова, С.П. Шабашов, В.К. Ефремов. Москва: "Металлургия", 1979 г., 904 с.
6. Фетисова, Г.П. Материаловедение и технология металлов: Учебник / Г.П. Фетисова. - М.: Высш.шк., 2008. - 640с.
7. Солнцев, Ю.П. Металловедение и технология металлов: Учебн. для вузов /Ю.П. Солнцев, В.А. Веселов, В.П. Деменцова и др. - М.: Metallurgy, 2011.-512с.
8. Повышение износостойкости рабочих поверхностей деталей машин. Ведерникова И.И. Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина. Иваново, 2013.
9. Технология упрочнения рабочих поверхностей деталей машин. Ведерникова И.И., Егоров С.А. Сервис в России и за рубежом. 2013. № 1 (39). С. 123-129.

УДК 69.002.5

В. И. Новиков

ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, город Санкт-Петербург

ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ ПЕРЕДАЮЩЕГО УСТРОЙСТВА СВЕРХВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ, ПРИМЕНЯЕМОГО ПРИ СТРУЙНОЙ ЦЕМЕНТАЦИИ ГРУНТОВ

Ключевые слова: струйная цементация, буровой став, уплотнительная манжета, моделирование, тепловой баланс, распределение температурного поля.

Аннотация: В статье рассмотрены вопросы повышения надежности в узле «гидро-съемник-буровой вал», применяемого в технологии струйной цементации грунтов. Проанализированы применяемые материалы для уплотнительных элементов, используемых в данном конструктивном узле. Рассчитано распределение температуры в буровом вале. Показано, что уплотнительные элементы применяемых устройств сверхвысокого давления обладают неудовлетворительной степенью надежности, вследствие высокой тепловой нагрузки.

V. I. Novikov

THE IMPROVEMENT OF RELIABILITY OF THE TRANSMITTING HIGH PRESSURE DEVICE OF THE JET-GROUTING MACHINES

Keywords: jet-grouting, drilling bar, sealing, modeling, heat balance, thermal conductivity equation, temperature field distribution.

Abstract: The article discusses the issues of improving reliability in the unit "hydraulic puller-drill shaft" used in the jet-grouting technology. It was analyzed the materials used for the sealing elements of this structural unit. The temperature distribution in the drill shaft is calculated. It is shown that the sealing elements of the used high pressure devices have an unsatisfactory degree of reliability, due to the high thermal load.

Самой простой и распространенной структурной схемой оборудования для струйной цементации, которая на настоящий момент наиболее применяется для проведения инъекционного закрепления грунта, является схема предусматривающая наличие источника высокого давления, коммуникаций, передающих высоконапорную струю цементного раствора и технологического инструмента. Но вследствие довольно высокой протяженности передающих магистралей высокого давления и сложных условий эксплуатации происходит снижение надежности, повышается опасность для обслуживающего персонала и выявляются значительные гидравлические потери по длине, что ведет к завышению приводной мощности, а значит, осложняется подбор оборудования и растут эксплуатационные затраты.

Информация, приведенная в литературных источниках как отечественных, так и зарубежных, в значительной степени касается в основном опыта применения технологии струйной цементации в различных ситуациях. Приведены исследования описывающие как параметры получаемого грунтобетона, так и влияние технологических параметров процесса струйной цементации. Кроме того, большое количество исследований посвящено влиянию грунтобетонных колон на изменение параметров дорог и грунтов, тоннелей и котлованов, фундаментов и т.д. Поскольку оборудование для струйной цементации в основной своей массе проектируется и производится иностранными компаниями, то лишь незначительное количество исследований посвящено проектированию таких устройств [1], [2], [4] и соответственно вопросам их надёжности.

Наименьшей надежностью, в указанной схеме оборудования обладает гидросъемник, основной причиной выхода из строя которого является нагрев поверхностей [1]. Основываясь на разработанных методиках [6] [9], рассмотрим материалы, применяемые при производстве уплотнений для гидросъемника. Самыми распространенными материалами для производства уплотнений являются эластомеры, характерными представителями которых являются каучук и фторкаучук, а также термопласты – полиуретан, полиэфирная смола и др. [5]. В первую очередь к эластомерам относят:

1. Акрило-нитрилбутадиеновый каучук (рабочие температуры – от -30°C до $+110^{\circ}\text{C}$). Этот вид каучука очень распространен в сфере производства уплотнений, т.к. благодаря своим химическим свойствам прекрасно совместим с минеральными жидкостями.

2. Фторкаучук (рабочие температуры – от -20°C до $+200^{\circ}\text{C}$). К преимуществам фторкаучука относят хорошую стойкость к высоким температурам и к воздействию химически агрессивных сред.

3. Этилен-пропилен каучук (рабочие температуры – от -50°C до $+150^{\circ}\text{C}$). Основная область применения этилен-пропилен каучука в устройствах, работающих в контакте с горячей водой, в том числе и в контакте с паром, а также фосфатными эфирными маслами и этиленгликолевыми жидкостями.

Термопласты – это материалы, которые при нагревании обратимо переходят в пластичное или вязкотекучее состояние и затем происходит формообразование непосредственно в изделия. Наиболее распространены термопласты на основе полиуретана, полиацетали, полиэфирной смолы, политетрафторэтилена. [5]

1. Полиацеталь (рабочие температуры – от -40°C до $+110^{\circ}\text{C}$). Термопластичный материал, обладающий высокой прочностью наряду с высокими показателями жесткости и твердости.

2. Политетрафторэтилен (рабочие температуры – от -200°C до $+200^{\circ}\text{C}$). Характеризуется следующими свойствами: низкий коэффициент трения и эффект самосмазывания; является диэлектриком; приобретает высокие механическая прочность при использовании наполнителей; инертен практически ко всем промышленным жидкостям и химикатам.

3. Полиуретан (рабочие температуры – от -40°C до $+100^{\circ}\text{C}$). Термопластичный материал, который изготавливается из высококачественных полиэфиров, придающие ему следующие свойства: хорошую прочность и высокую устойчивость к абразивному износу.

4. Полиэфирная смола (рабочие температуры – от -40°C до $+140^{\circ}\text{C}$). Данный полимер нашел применение при изготовлении колец противовыдавливания, используемых для поддержки элементов уплотнения.

Характер повреждения уплотнения значительно зависит от конструкции и типа уплотнения и пары материалов поверхностей. Для уплотнений с поверхностями из материалов с высокой твердостью характерны повреждения, вызванные работой в режиме отсутствия смазки. При трении уплотнения и вала выделяется теплота и в случае недостаточной смазки уровень теплового потока может достигать значительной величины.

Учитывая выше сказанное необходимо провести моделирование распределения теплового поля, для проведения которого, может быть использован «Компас-3DFEM». Это программное обеспечение, позволяет решать прикладные задачи прочности, теплообмена и т.д. методом конечных элементов. Результатом расчета могут быть значения напряжений или температур [7].

Соответственно построены 3D-модель бурового вала, по поверхности которого происходит тепловыделение. Она представляет собой цилиндрическую часть бурового вала гидросъемника длиной 188 мм, с внутренним глухим отверстием $\varnothing 45$ мм для подачи водно-цементной смеси. В данном расчете рассматривается модель бурового вала без фланцевых элементов закрепления. Материал бурового вала «Сталь 10», с соответствующими механическими и физическими свойствами. Генерирование сетки произведено элементами с максимальной длиной стороны 5 мм и с максимальными коэффициентами сгущения на поверхности и разрежения в объеме – 1 и 1,5 соответственно. В результате в сетка содержит 25664 конечных элементов и 6843 узлов.

Для того чтобы задать тепловую нагрузку необходимо рассчитать значение температуры, воздействующей на контактные поверхности. Известно значения величины выделяемой тепловой мощности, при давлении 36 МПа она составляет 7,6 кВт за 3 минуты [3], поэтому количество выделившейся за то же время теплоты будет равняться произведению мощности на время и составлять 1368 кДж. Так же количество теплоты представляет собой произведение удельной теплоемкости вещества (для стали составляет приблизительно $500 \text{ Дж/кг}^{\circ}\text{C}$ [6], [25]), массы вещества (составляет

9,6 кг) и изменения температуры (от начального значения 20°C до конечного искомого (T_2)). Поскольку задаваемым значением является величина температуры, то формула для расчета T_2 имеет вид:

$$T_2 = \frac{Q}{c \cdot m} + T_1, \quad (1)$$

где Q – количество теплоты, Дж;

c – удельная теплоемкость вещества, Дж/кг $^{\circ}\text{C}$;

m – масса вещества, кг;

T_1 – начальное значение температуры, $^{\circ}\text{C}$.

Подставляя численные данные в выше приведенную формулу, получаем значение температуры равное 240°C , температура остальных поверхностей соответственно принята 20°C . Выполнив все условия для проведения моделирования, был произведен соответствующий расчет распределения температуры в выбранном участке бурового вала. Распределение теплового поля показано на рисунке 1. Следует отметить, что глубина проникновения в материале вала наиболее высокой температуры (более 200°C) составила около 15 мм.

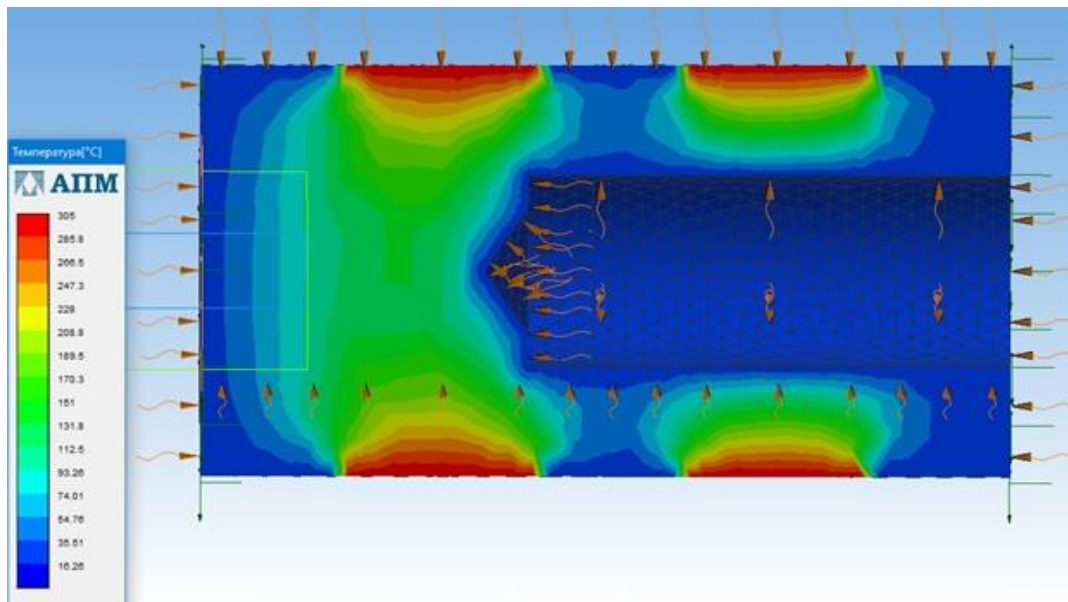


Рис. 1. Модель распределения теплового поля в участке бурового вала

Анализируя полученные результаты можно сделать вывод, что полимерные материалы, применяемые в настоящее время для изготовления уплотнительных элементов не способны выдержать температуру, возникающую в процессе эксплуатации устройств для струйной цементации грунтов. Соответственно для повышения надежности конструктивного узла «гидросъемник-буровой вал» необходимо применять уплотнительные элементы, изготовленные из материалов, способных выдерживать значительные тепловые нагрузки, либо влиять на тепловой баланс в системе «гидросъемник-буровой вал» путем изменения технологических параметров, что несомненно скажется на производительности или уменьшать тепловыделение путем изменения морфологии контактных поверхностей [8, 10] за счет введения дополнительной обработки поверхности бурового вала.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гарипов М.В., Головин К.А. Разработка конструкции расширителя прокалывающей установки для закрепления неустойчивых горных пород / Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2013. – № 1. – С.326-329.
2. Головин К.А. Обоснование параметров и создание оборудования для гидроструйной цементации неустойчивых пород в горном производстве, диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук / Тульский государственный университет. – Тула, 2007. – 336 с.
3. Головин К.А., Маликов А.А., Пушкарев А.Е. Тепловой режим работы гидросъемника высокого давления на установках гидроструйной цементации. / Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2015. – № 4. – С.46-52.
4. Леонтьев Н.С. Выбор и обоснование конструктивных параметров и режимов работы гидросъемника гидроструйной бурильной машины автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / Тульский государственный университет. – Тула, 2012. – 16 с.
5. Манжетное уплотнение. [Электронный ресурс] – URL: <http://www.dic.academic.ru> (дата обращения 05.13.2020).
6. Новиков В.И. Особенности расчета теплового баланса гидросъемника бурового става при струйной цементации грунтов // Актуальные вопросы современной науки Сборник статей по материалам XX международной научно-практической конференции. Т1. – Уфа: Издательство «Дендра», 2019. – С.104-108.
7. Новиков В.И., Кокоулин Д.А. Особенности выбора для дальнейшего изучения обучающимися систем автоматизированного проектирования // ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ ПАРАЛЛЕЛИ: Материалы VI Международной научно-практической конференции. – Санкт-Петербург, СПбГАСУ, 2018. – С.609-613.
8. Новиков В.И., Мурашкин С.Л., Фоломкин А.И. Технологические возможности чистовой обработки турбинных лопаток электролитно-плазменным методом / Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. – 2012. – № 1-2 (147). –С. 105-108.
9. Новиков В.И., Пушкарев А.Е., Воронцов И.И. Методика моделирования теплового баланса элементов конструкции строительно-дорожных машин для струйной цементации грунтов / Научно-технический вестник Брянского государственного университета. – 2019. – № 3. – С.369-376.
10. Новиков В.И., Фоломкин А.И. Влияние формы детали на шероховатость ее поверхности после электролитно-плазменного полирования // Современное машиностроение. Наука и образование. – 2014. – № 4. – С. 1169-1176.

УДК 62-762.89

Д. Ю. Палин, А. В. Топоров

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ МАГНИТОЖИДКОСТНЫХ УПЛОТНЕНИЙ С ЭЛАСТОМЕРНЫМ МАТЕРИАЛОМ ДЛЯ ГЕРМЕТИЗАЦИИ ВАЛОВ ПОЖАРНЫХ НАСОСОВ

Ключевые слова: насосное оборудование, торцевое уплотнение, магнитожидкостное уплотнение, магнитная система, магнитный эластомерный материал.

Аннотация: В работе рассмотрены перспективы развития и применения магнитожидкостных уплотнений с магнитной системой, состоящих из магнитного эластомерного материала для герметизации валов пожарных насосов. Представлены результаты расчетов распределения магнитного поля и магнитной индукции в рабочем зазоре уплотнения.

D. Y. Palin, A. V. Toporov

PROSPECTS FOR USING MAGNETOFLUIDIC SEALS WITH ELASTOMERIC MATERIAL FOR SEALING FIRE PUMP SHAFTS

Keywords: pumping equipment, end seal, magnetic fluid seal, magnetic system, magnetic elastomeric material.

Abstract: The paper considers the prospects for the development and application of magnetic fluid seals with a magnetic system consisting of a magnetic elastomeric material for sealing the shafts of fire pumps. The results of calculations of the distribution of the magnetic field and magnetic induction in the working gap of the seal are presented.

В настоящее время для герметизации валов пожарных насосов применяются традиционные уплотнения. По статистическим данным 90 % случаев аварийных разрушений подшипниковых узлов вызвано неудовлетворительной работой таких уплотнений. Основным фактором, влияющим на отрицательную работу подшипниковых узлов насосного оборудования, является незначительная потеря герметичности традиционных уплотнений в условиях интенсивной эксплуатации. Следовательно, выход из строя традиционных герметизаторов снижает не только рабочие характеристики пожарного насоса, но и может повлечь выход из строя всего насосного оборудования [1, 2].

На (рис. 1) показано, что выход из строя уплотнения вала является самой распространенной причиной поломки насоса [3].

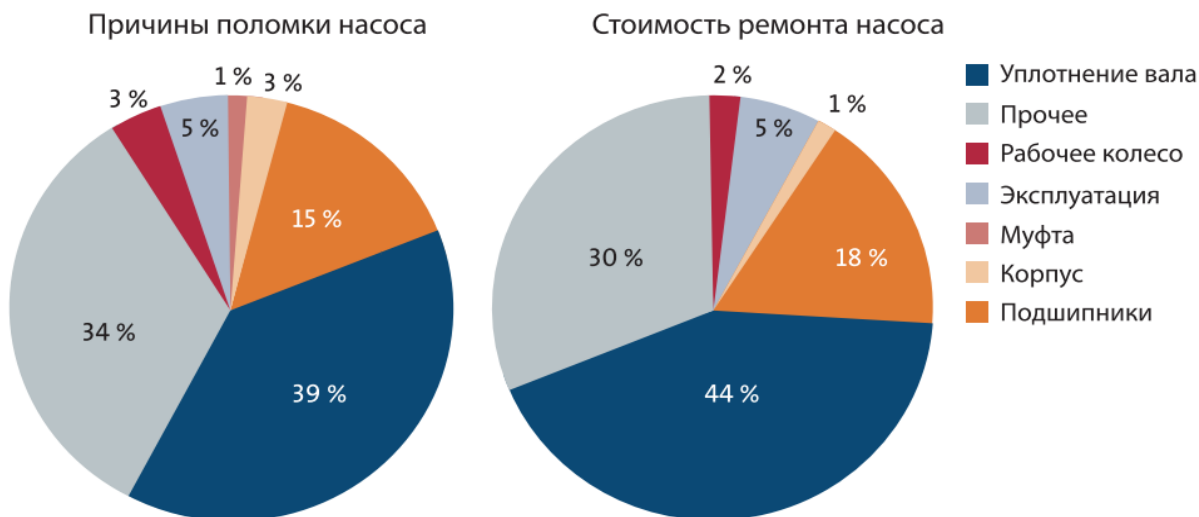


Рис. 1. Основные причины поломок насосного оборудования

Одним из наиболее распространённых герметизаторов вала центробежного пожарного комбинированного насоса (НЦПК-40/100-4/400) является торцевое уплотнение, представленное на (рис. 2) [3].

Торцевое уплотнение работает в непосредственном контакте с поверхностью вала. Вследствие высокой скорости вращения вала происходит нагрев трущихся элементов рабочей области уплотнения. Соответственно, воздействие температуры приводит смазочный элемент, который находится между сопряженными деталями, к испарению и высыханию. При отсутствии смазочной оболочки температура в рабочей области уплотнения может достигать нескольких сот градусов Цельсия за несколько минут. Поэтому обжиг деталей из эластомеров является распространённым повреждением торцевых уплотнений [3].

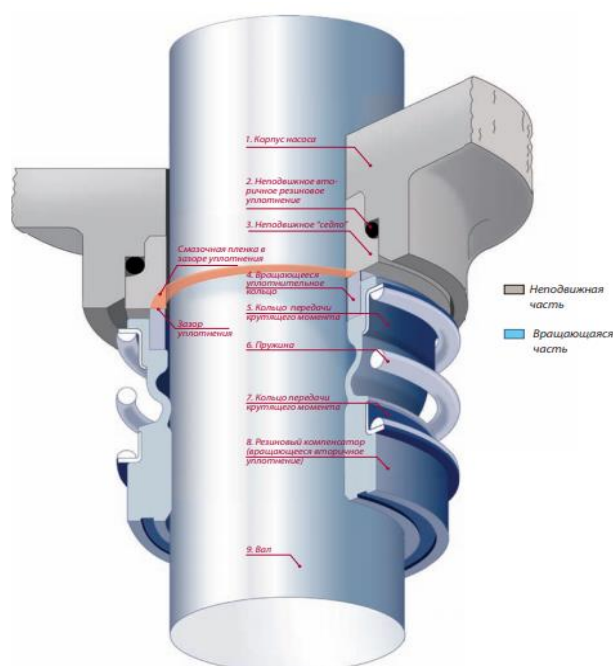


Рис. 2. Торцевое сальниковое уплотнение вала

Встречаются и другие неисправности торцевых уплотнений, например механические вибрации, которые приводят к увеличению нагрузки, действующей на каждую деталь торцевого уплотнения вала. Возникновение вибраций может быть вызвано трением жестких поверхностей элементов уплотнения о вал, а также износом подшипниковых узлов насосного оборудования. В результате механических вибраций повышается износ вращающейся поверхности вала, которая сопровождается осевыми царапинами. Трение сопряженных элементов в рабочей области уплотнения постоянно удаляет защитный оксидный слой с вала, что приводит к коррозии [3].

Повысить герметичность и увеличить рабочие характеристики пожарного насоса можно за счет применения новых уплотнительных устройств.

На (рис. 3) представлено модельное магнитожидкостное уплотнение (далее) МЖУ, в котором источником магнитного поля являлся магнитный эластомерный материал в форме кольца [4].

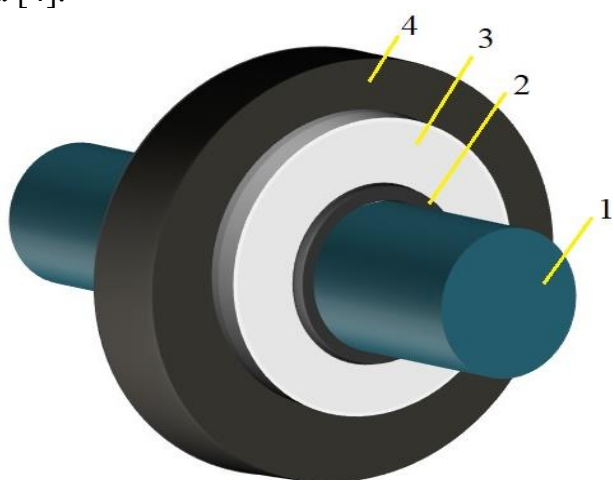


Рис. 3. Конструкция магнитожидкостного уплотнения: 1 – магнитопроводный вал; 2 – магнитное эластомерное кольцо; 3 – корпус уплотнения из полимерного материала; 4 – демпфирующим материалом служит пористая резина на основе каучука

Для конструкции, представленной на (рис. 3), были проведены магнитные расчеты при помощи программы конечно элементного моделирования FEMM 4.2. Результатами расчетов магнитной системы МЖУ являлось распределение магнитной индукции и картина магнитного поля, представленное на (рис. 3 а, б) [4].

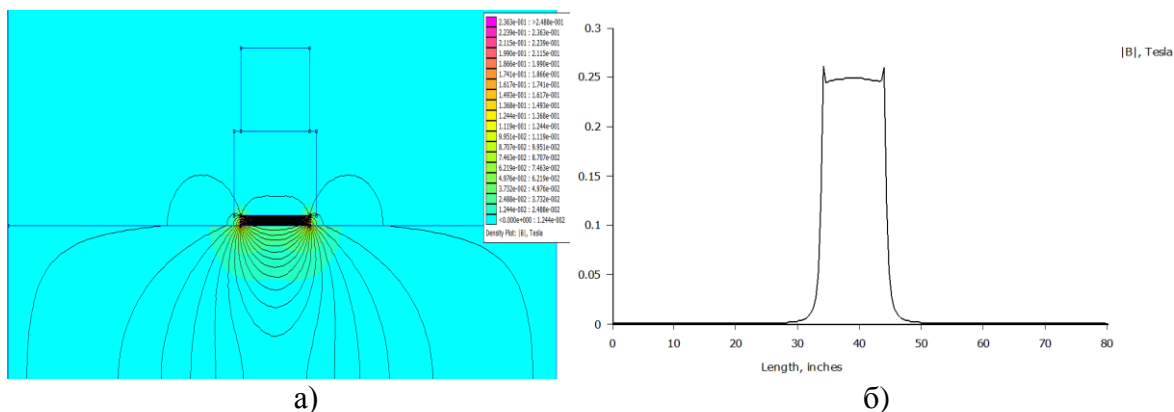


Рис. 4. Данные расчета: а) - распределение магнитного поля в рабочей зоне магнитожидкостного уплотнения; б) - распределение магнитной индукции в рабочей области магнитожидкостного уплотнения

Результаты магнитных расчетов показывают, что магнитная индукция в рабочем зазоре уплотнения достигает 0.27 Тл. Следовательно, магнитная система МЖУ, состоящая из магнитного эластомерного материала в форме кольца, обеспечивает достаточную величину магнитной индукции в рабочем зазоре уплотнения. Таким образом, можно сделать вывод, что представленная конструкция МЖУ позволит увеличить срок службы вращающегося узла насосного оборудования. Однако, в бытовых условиях конструктивное исполнение магнитной системы МЖУ практически невозможно, так как требуется соединить между собой две кромки магнитного эластомерного материала [4].

Другим устройством для герметизации вала насосного оборудования является МЖУ с магнитной системой из магнитного эластомерного материала в форме шайбы, представленное на рис. 5 [5]. Шайбы такой формы можно изготовить методом выруб-ки как в бытовых, так и в технологических условиях.

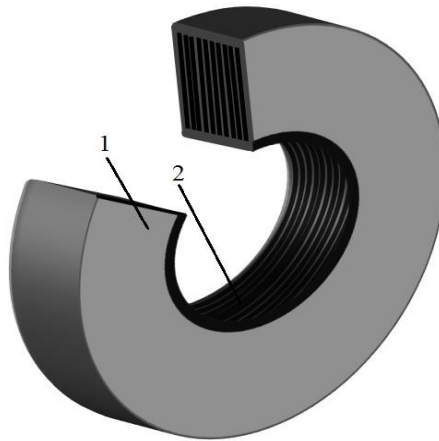


Рис. 5. Конструкция магнитожидкостного уплотнения: 1 – корпус уплотнения из полимерного материала; 2 – магнитные эластомерные шайбы

Для определения рациональной конфигурации магнитной системы МЖУ были проведены магнитные расчеты. Результаты, полученные в ходе расчетов, представлены на (рис. 6 а, б) [5].

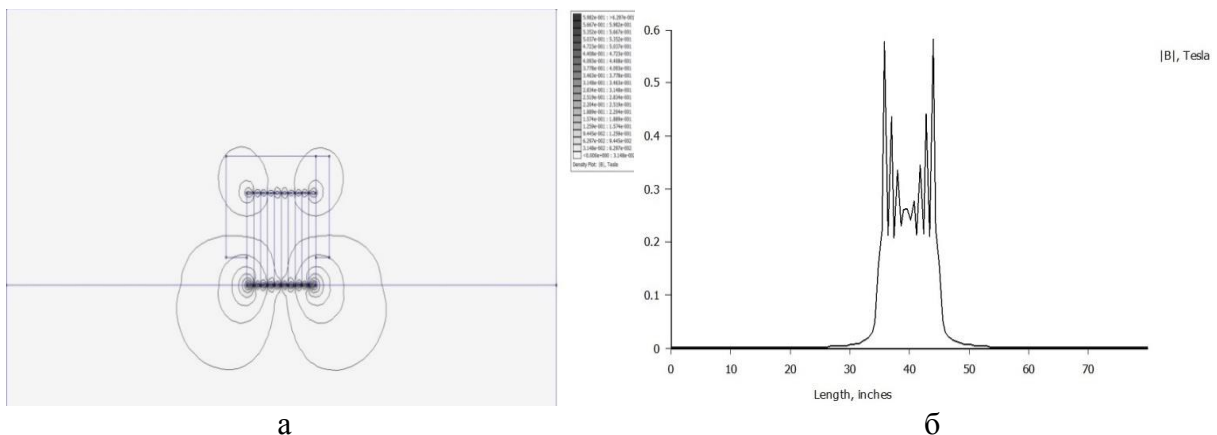


Рис. 6. Результаты расчетов: а - распределение магнитного поля в рабочей зоне магнитожидкостного уплотнения; б - распределение магнитной индукции в рабочей области магнитожидкостного уплотнения

Как видно из (рис. 5 а), основная часть линий магнитного потока пересекает рабочую область МЖУ. Магнитная индукция в рабочем зазоре имеет пиковые значения 0.62 Тл (рис. 5 б). Среднее значение магнитной индукции для данной конструкции составляет порядка 0.22 Тл, что достаточно для удержания магнитной жидкости в рабочей области уплотнения. Наличие перепадов величин магнитной индукции соответствует краям шайб. На внутренних кромках магнитных эластомерных шайб образуются магнитожидкостные пробки (рис. 5 б), которые удерживают действующий перепад давлений [5].

Таким образом, анализ уплотнительных устройств показал, что МЖУ с магнитной системой, состоящей из магнитного эластомерного материала выполненного в форме шайб, является перспективным направлением в области герметизации валов пожарных насосов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ашуров Д. А., Заренков В. В., Солодун С. А., Соколов Г. П., Жиганов К. В., Данилов П. В., Горский В. Е., Бочкарев А. Н. Обзор уплотнительных устройств, применяемых в пожарных насосах. / Молодой ученый. — 2019. — №15. — С. 29-32.
2. Баусов А. М. Комбинированные магнитожидкостные уплотнения подшипниковых узлов сельскохозяйственной техники: Дис. ... д-ра техн. наук: 05.20.03: Москва, 2004 265 с.
3. Карстен Б. Торцевые уплотнения вала насосов. / Copyright GRUNDFOS Management A/S. — 2009. — С. 1-108.
4. Палин Д. Ю., Топоров А. В.1, Арефьев И. М. Разработка комбинированного магнитожидкостного уплотнения вала пожарного центробежного насоса. / Надежность и долговечность машин и механизмов. — 2019.— С. 129-133.
5. Топоров А. В., Палин Д. Ю., Киселев В. В. Расчет магнитной системы комбинированного магнитожидкостного уплотнения. / Современные проблемы гражданской защиты. — 2019. — №2 (31). — С. 83-89.

УДК 614.841

И. А. Пустовалов, И. Л. Скрипник

ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

ВЛИЯНИЕ АГРЕССИВНЫХ ФАКТОРОВ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ НА НАДЕЖНОСТЬ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ С НАНЕСЕННЫМ НА НИХ ТОНКОСЛОЙНЫМ ВСПУЧИВАЮЩИМСЯ ОГНЕЗАЩИТНЫМ ПОКРЫТИЕМ

Ключевые слова: вспучивающееся огнезащитное покрытие, надежность, старение, агрессивная среда.

Аннотация: Рассмотрены особенности функционирования металлических конструкций с тонкослойным вспучивающимся огнезащитным покрытием (ТВОП) в условиях воздействия агрессивных факторов окружающей среды. Проведен эксперимент, показывающий

поведение ТВОП под влиянием факторов внешней среды. Определены дальнейшие направления исследования.

I. A. Pustovalov, I. L. Skrypnyk

THE INFLUENCE OF AGGRESSIVE ENVIRONMENTAL FACTORS ON THE RELIABILITY OF METAL STRUCTURES WITH A THIN LAYER INFLATABLE FLAME RETARDANT COATING APPLIED TO THEM

Keywords: intumescent fire retardant coating, reliability, aging, aggressive environment.

Abstract: The features of functioning of metal structures with a thin-layer bulging fire-resistant coating (tvoп) under the influence of aggressive environmental factors are considered. An experiment was performed showing the behavior of tvos under the influence of environmental factors. Further research directions are defined.

В настоящее время задачи защиты металлоконструкций приобретают актуальное значение. Это связано с расширением географических мест их применения и возросшей потребностью для использования.

Металлоконструкции применяются для строительства объектов нефтегазового комплекса [1,2]. К ним также относят морские нефтеналивные и нефтепродуктовые терминалы (МННТ), число которых постоянно увеличивается. Сейчас в РФ их насчитывается 25. Металлоконструкции просты в использовании и экономически выгодны, однако, при пожаре очень быстро нагреваются и уже через 15-40 минут после его начала могут снизить свои расчетные прочностные характеристики в два раза, а при последующем воздействии высоких температур или их перепада разрушиться [3,4].

Защита металлоконструкций состоит из следующих составляющих:

- повышение предела огнестойкости при воздействии пламенного горения [5,6];
- коррозионную обработку при функционировании в условиях агрессивных сред [7].

Оба этих мероприятия выполняются при использовании пассивных средств защиты металлоконструкций, к которым относятся ТВОП [8].

Вследствие расположения МННТ на большой территории РФ, в регионах с различными климатическими факторами агрессивной среды, то на их эксплуатационные характеристики оказывается разное воздействие [9]. На металлоконструкции влияют следующие климатические факторы: солевой туман, ультрафиолетовое излучение, низкие температуры, высокая влажность, эрозия, высокий показатель кислотности. Под воздействием них происходит разрушение полимерных связей ТВОП.

Надежность ТВОП связана со способностью выполнять свои огнезащитные функции в условиях воздействия агрессивных сред в течение заданного эксплуатационного периода. Как правило, ТВОП состоят из компонентов: источник углерода, катализатор, вспучивающийся агент, пленкообразователь. Под воздействием агрессивных факторов изменяется установленная пропорция данных составляющих в составе покрытия, вследствие чего надежность характеристики могут выйти за пределы допустимых значений на этапе нормальной эксплуатации [10,11]. Поэтому надо снижать скорость старения ТВОП за счет повышения стабильности макроэлементов покрытия.

Существует большое количество способов снижения скорости старения полимерных композиций, одними из которых являются:

- качественное нанесение покрытия на металлоконструкцию;
- исключение попадания в матрицу полимера молекул кислорода или электролитов, способствующих протеканию электрохимической коррозии;
- внедрение в полимер компонентов (стабилизаторов), влияющих на устойчивость к воздействию изменения погодных явлений.

Введение стабилизаторов в состав полимерных композиций повышает его устойчивость к перепадам температуры. Они повышают адгезионные свойства вещества, вследствие чего усиливается взаимодействие его с субстратом.

Так, как некоторые агрессивные факторы окружающей среды связаны с воздействием водных компонентов, то были проведены эксперименты на огнезащитных составах с целью определения степени влагопроницаемости при гидротермическом старении.

Для этого испытываемые металлические образцы с нанесенным ТВОП поместили в QUV (погодный тестер). В нем создавали реальные погодные условия взаимодействия ТВОП с агрессивными факторами окружающей среды. Имитация атмосферных воздействий на открытом воздухе проводилась на ТВОП в течение 21 цикла (что соответствует 10 годам эксплуатации) воздействия негативных факторов. Моделировались следующие условия окружающей среды: ультрафиолетовое излучение – с помощью специальных люминесцентных ламп; влажность – с использованием водяных брызг и тумана; повышенная температура – с помощью термоэлектронагревателя.

После проведения теста на ускоренное старение был выполнен качественный анализ покрытия по внешнему виду поверхности, а также изменению толщины сухой пленки. На Рис. 1 (а, б) показано состояние образцов после прохождения 21 цикла ускоренного старения.

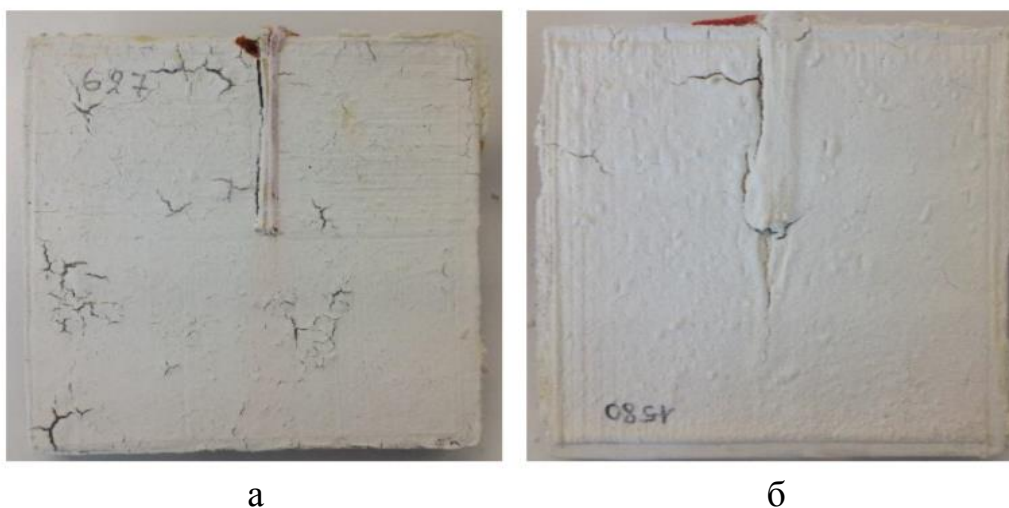


Рис. 1. Внешний вид металлоконструкций с нанесенным на них ТВОП после прохождения 21 цикла ускоренного старения

Проведенные результаты исследования показали, что в процессе старения уменьшается толщина сухой пленки покрытия. А так же появляются видимые дефекты (трещины, вспучивания, отслоение от подложки).

Дальнейшие исследования целесообразно проводить по следующим направлениям:

- оценить время огнестойкости, связанное с толщиной сухой пленки покрытия и стального листа;
- сделать расчет скорости теплоотдачи прямо пропорциональной толщине пленки и величине теплового потока;
- определить потерю массы и изменение коэффициента вспучиваемости, в зависимости от величины теплового потока и толщины стального листа.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Иванов А.В., Скрипник И.Л., Сорокин А.Ю., Савенкова А.Е. Научно-методические основы управления электростатическими свойствами жидких углеводородов для обеспечения пожарной безопасности предприятий нефтегазового комплекса // Научный электронный журнал. Вестник Уральского института государственной противопожарной службы МЧС России. 2018/№ 2 (19), С.98-109.
2. Михайлова В.И., Скрипник И.Л., Иванов А.В. Моделирование систем орошения резервуаров нефтепродуктов в условиях применения модифицированных водногелевых составов // Научно-аналитический журнал. Проблемы управления рисками в техносфере, № 4 (52)-2019, С. 51-60.
3. А.В. Иванов, И.Л. Скрипник, Е.Н. Кадочникова. Применение углеродных нанотрубок для защиты огнезащитных покрытий // XIV Международная научно-практическая конференция “Комплексная безопасность и физическая защита. Труды VII Мемориального семинара профессора Б.Е. Гельфанда”. 2018.– С. 293-297.
4. Столяров С.О., Скрипник И.Л. Исследование процесса углеводородного горения и используемые при этом способы огнезащиты // Пожарная и техносферная безопасность: проблемы и пути совершенствования: научный журнал. –Вып. 3(4).-Донецк: ГОУВПО «Академия гражданской защиты» МЧС ДНР, 2019. - С. 183-188.
5. А.А. Боева, И.Л. Скрипник, Е.Н. Кадочникова. Вопросы повышения термической стабильности материалов с помощью углеродных нанотрубок // «Пожарная и промышленная безопасность» УГНТУ, «Актуальные проблемы и тенденции развития техносферной безопасности в нефтегазовой отрасли»: Материалы I-ой международной научно-практической конференции, посвященной 15-летию кафедры «Пожарная и промышленная безопасность» УГНТУ». УФА 2018. С. 56-59.
6. А.В. Иванов, И.Л. Скрипник, И.А. Пустовалов. Разработка термостойкой полимерной композиции для тепловой защиты технологического оборудования // Актуальные вопросы совершенствования инженерных систем обеспечения пожарной безопасности объектов: сборник материалов V Всероссийской научно-практической конференции, Иваново, 19 апреля 2018 г. - Иваново: ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2018. – С. 184-187.
7. А.В. Иванов, И.Л. Скрипник, С.В. Воронин. Уменьшение процесса коррозии металла при воздействии переменного частотно-модулированного сигнала // Научно-аналитический журнал. Проблемы управления рисками в техносфере, № 1 (49)-2019, С. 14-24.
8. Столяров С.О., Скрипник И.Л. Применение синергизма для создания оптимального состава огнезащитных покрытий // Современные пожаробезопасные материалы и технологии: сборник материалов Международной научно-практической конференции, посвященной 370-й годовщине образования пожарной охраны России, Иваново, 11 декабря 2019 г. - Иваново: ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2019. – С.216-221.

9. И.А. Пустовалов, И.Л. Скрипник. Проблемы обеспечения огнезащитной эффективности атмосферостойких вспучивающихся покрытий в условиях функционирования морских нефтеналивных терминалов. «Актуальные проблемы и тенденции развития техносферной безопасности в нефтегазовой отрасли»: материалы II-ой Международной научно-практической конференции. – УФА: Изд-во УГНТУ, 2019. С. 49-52.

10. И.Л. Скрипник, С.В. Воронин. Способ расчета показателя надежности образца пожарной техники // Надежность и долговечность машин и механизмов: сборник материалов VIII Всероссийской научно-практической конференции, Иваново, 13 апреля 2017 г. - Иваново: Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2017. – С. 215-218.

11. А.В. Иванов, В.И. Михайлова, И.Л. Скрипник. Повышение надежности пожарной техники в условиях теплового воздействия при горении нефтепродуктов // Надежность и долговечность машин и механизмов: сборник материалов VIII Всероссийской научно-практической конференции, Иваново, 13 апреля 2017 г. - Иваново: Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2017. – С. 91-94.

УДК 614.843

П. В. Пучков, Б. Н. Бикмурзин

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

ПОИСК РАЦИОНАЛЬНОЙ КОНСТРУКЦИИ УСТРОЙСТВА ДЛЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ РАБОТОСПОСОБНОСТИ РУКАВНЫХ ЛИНИЙ НА ПОЖАРЕ

Ключевые слова: пожарный рукав, повреждение, восстановление работоспособности, устройство, зажим

Аннотация: в данной статье предлагается техническое решение, направленное на модернизацию конструкции зажима для восстановления работоспособности напорного рукава диаметром 55 мм при его поперечном разрыве. Предложена новая конструкция зажима.

P. V. Puchkov, B. N. Bikmurzin

SEARCH FOR A RATIONAL DEVICE DESIGN TO RESTORE THE PERFORMANCE OF BAG LINES IN A FIRE

Keywords: fire hose, damage, recovery, device, clip

Abstract: This article offers a technical solution aimed at modernizing the clamp design to restore the performance of the pressure hose with a diameter of 55 mm at its transverse break. A new clamp design is proposed.

Установлено, что напорные пожарные рукава используются значительно чаще, чем другие виды пожарного оборудования. При этом до 85% отказов пожарного оборудования приходится на долю пожарных напорных рукавов. Однако повышение срока службы пожарных напорных рукавов и уменьшение их дефицита на пожаре достигается не только разработкой новых износостойких материалов, покрытий и тех-

нологий для их создания, но и разработкой способов и устройств, позволяющих на пожаре в кратчайшие сроки провести ремонт вышедшего из строя рукава.

При тушении пожара напорные пожарные рукава подвергаются механическим воздействиям, в результате которых происходит повреждение рукава, что в свою очередь влечет снижение количества или полное прекращение подачи огнетушащих веществ, увеличение времени тушения пожара. Основными причинами выхода из строя пожарных напорных рукавов являются: абразивный износ, разрывы и проколы, прогары, порезы оболочки, отслоение внутреннего слоя и разъедание оболочки агрессивными веществами.

Разрыв пожарных напорных рукавов на пожаре происходит из-за механических повреждений при прокладке магистральных и рабочих линий. При этом повышение рабочего давления в рукавной системе приводит к потерям огнетушащих веществ и появлению свищей, продольных и поперечных разрывов.

Следует отметить, что каждая минута пожара приносит огромный материальный ущерб как самому зданию или сооружению, так и материальным ценностям, находящимся в нем. Поэтому чем скорее будет ликвидировано горение, тем меньший ущерб пожаром будет нанесен объекту. В настоящее время отсутствуют устройства, которые могли бы восстановить работоспособность рукавной линии при поперечном разрыве напорного рукава или при его порезе размером более 100 мм.

Проанализировав возможные причины отказов пожарных напорных рукавов на пожаре и современные способы устранения их неисправностей в Ивановской пожарно-спасательной академии ГПС МЧС России была разработана конструкция нового устройства и изготовлен опытный образец. Данное устройство должно обеспечить оперативное восстановление подачи огнетушащих веществ при поперечном разрыве напорного рукава. Данное устройство представлено на рисунке 1.

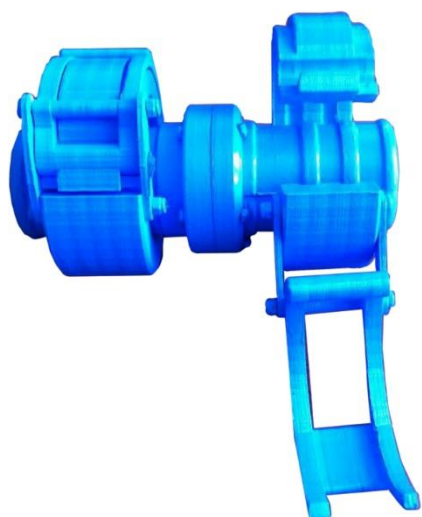


Рис. 1. Макет опытного образца устройства для восстановления работоспособности напорных рукавов

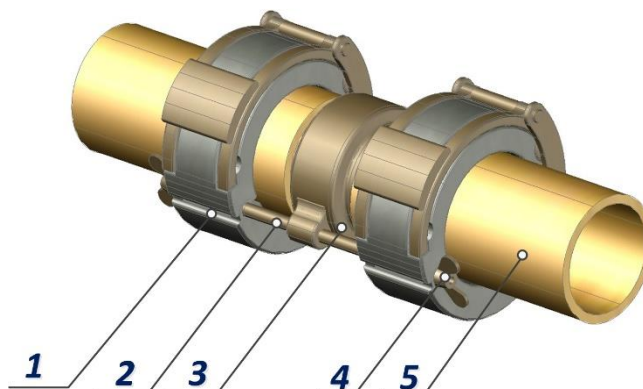


Рис. 2. Трехмерная модель устройства для восстановления работоспособности напорных рукавов (в собранном виде): 1 - зажим; 2 – ось; 3 - соединительная втулка с проушиной; 4 - винт «Барашек»; 5 - пожарный напорный рукав

Достоинствами данного устройства являются: отсутствие прямых аналогов; надежность и простота использования; возможность дальнейшего использования поврежденного рукава при тушении пожара; долговечность. В качестве недостатка данного устройства можно считать его область применения и достаточно большой вес. Данное устройство подходит только для одного тип-размера рукавов диаметром 55 мм.

Устройство для восстановления работоспособности напорных рукавов состоит из соединительной втулки с проушиной (3) и установленными на нее двумя зажимами (1) на общей оси (2) (рис. 2).

После опытной эксплуатации разработанного устройства возник вопрос по оптимизации конструкции зажимов данного устройства. Большой запас прочности зажима ведет к повышенной металлоемкости, увеличению массы изделия в целом и повышению себестоимости. Поэтому целью данной работы являлось усовершенствовать конструкцию зажима и нивелировать существующие недостатки. Для решения вопросов модернизации необходимо было решить следующие задачи:

1. Снизить излишнюю металлоемкость зажимов, сохранив прочность.
2. Снизить массу устройства за счет перфорации деталей зажима.
3. Уменьшить габариты устройства.

На рисунках 3а и 3б представлены старая конструкция зажима и новая. Все трехмерные модели устройства выполнены в трёхмерной системе автоматизированного проектирования и черчения AutoCAD.

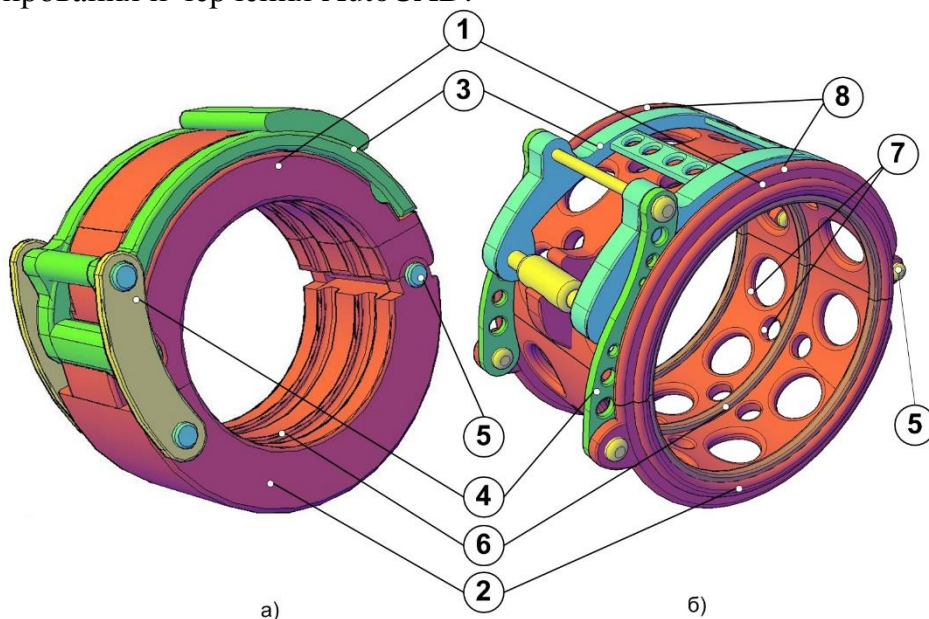


Рис. 3. Трёхмерная модель конструкции зажимов в положении «ЗАКРЫТО»:

- 1 – верхнее полукольцо; 2 – нижнее полукольцо; 3 – прижимная скоба; 4 – кронштейн;
 5 – шарнир; 6 – оребрение; 7 – перфорация; 8 – ребра жесткости : а- зажим старого образца;
 б – зажим нового образца

Зажим нового образца (рис. 5б) имеет меньшую массу, а следовательно и металлоемкость. В корпусе зажима предусмотрена перфорация для снижения веса конструкции. Перфорация не снижает прочности конструкции зажима. Также усовершенствована прижимная скоба зажима, она стала легче и компактнее. В ходе работы

была изменена конструкция шарнира, обеспечивающего подвижность верхнего и нижнего полуколец (рис.4).

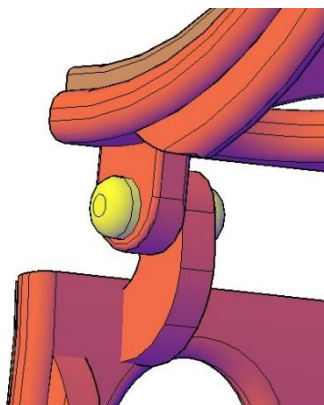


Рис. 4. Шарнирное соединение верхнего и нижнего полуколец зажима

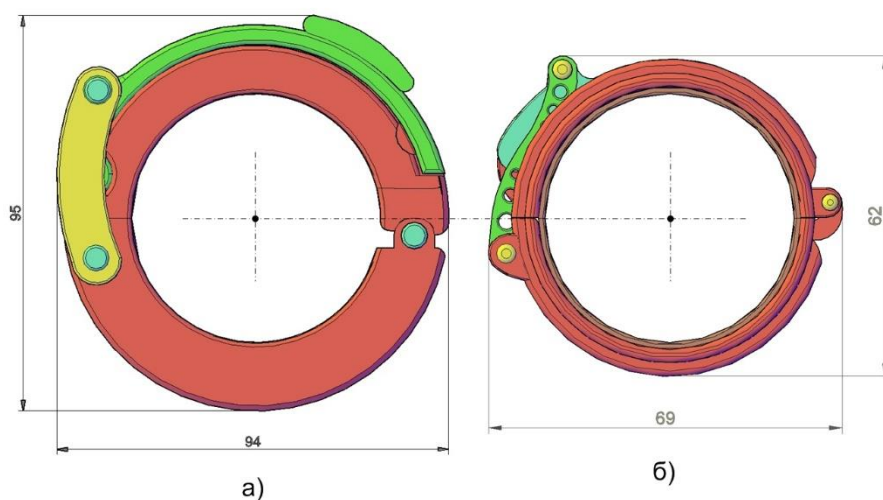


Рис. 5. Зажим в закрытом положении (главный вид): а – старого образца; б – нового образца

После конструктивной доработки конструкции зажима устройства значительно уменьшились его габариты (рис.5). Габаритные размеры старого и нового образца зажимов составляют 95х94 мм и 62х69 мм соответственно.

Соединительная втулка с проушиной *поз.3* (рис.2) на которую помещаются и фиксируются концы пожарных рукавов конструктивных изменений не претерпела.

На рисунках 6а и 6б представлено устройство для восстановления работоспособности рукавных линий на пожаре старого и нового образцов.

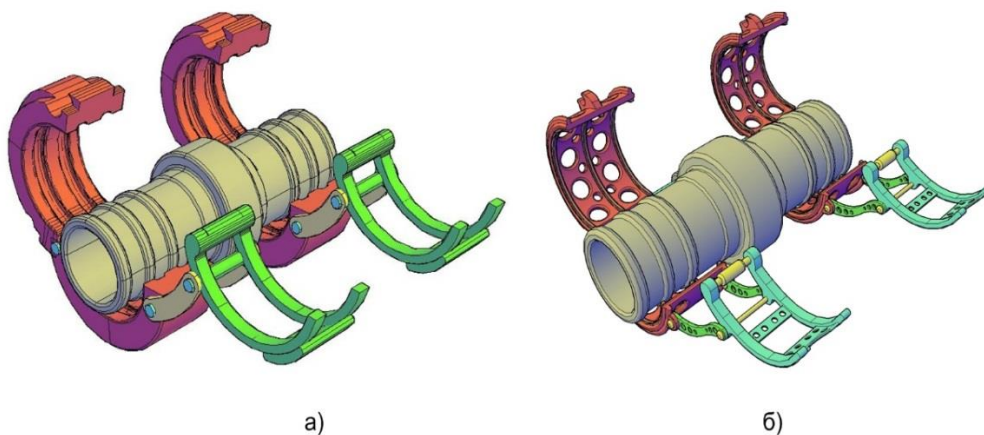


Рис. 6. Устройство для восстановления работоспособности рукавных линий на пожаре: а – старого образца; б – нового образца

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, 27.04.2012. Заявка № 2011147880/02 от 24.11.2011.

2. Топоров А.В., Малый И.А., Потёмкина О.В., Никитина С.А., Пучков П.В., Топорова Е.А., Покровский А.А. Комбинированное магнитожидкостное уплотнение вала. Патент на полезную модель RU 135048, 27.11.2013. Заявка № 2013128306/06 от 20.06.2013.

3. Топоров А.В., Пучков П.В., Топорова Е.А. Основные направления использования магнитной наножидкости в пожарной технике. / Пожарная безопасность: проблемы и перспективы. - 2015. Т. 2. № 1 (6). - С. 120-122.

4. Полетаев В.А., Пучков П.В. Повышение качества поверхностей трения деталей электронасосов. / Заводская лаборатория. Диагностика материалов. - 2015. Т. 81. № 9. - С. 74-76.

УДК 621.3.019.3 + 681.518

Е. Ю. Решетова, Н. А. Кропотова

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

НАДЕЖНОСТЬ РАБОТОСПОСОБНОСТИ МЕХАНИЧЕСКИХ СИСТЕМ КАК ПОКАЗАТЕЛЬ ОХРАНЫ ТРУДА

Ключевые слова: надежность работы механических систем, работоспособность, показатель охраны труда, безопасность эксплуатации, причины отказов механических систем.

Аннотация: в данной статье рассматривается надежность работоспособности механических систем как основной показатель охраны труда. Автором приводятся статистические данные несчастных случаев на производстве и их основные причины. Недостатки обеспечения технической эксплуатации механических систем автор сводит как показатель охраны труда.

Е. Yu. Reshetova, N. A. Kropotova

RELIABILITY OF MECHANICAL SYSTEMS PERFORMANCE AS AN INDICATOR OF LABOR PROTECTION

Keywords: reliability of mechanical systems, performance, labor protection index, operation safety, causes of mechanical systems failures.

Abstract: This article discusses the reliability of mechanical systems as the main indicator of labor protection. The author provides statistical data on industrial accidents and their main causes. The author summarizes the disadvantages of ensuring technical operation of mechanical systems as an indicator of labor protection.

С развитием промышленности и науки современное общество ее видоизменяет, следуя логике понимания, изменяется и ее продукт. С увеличением благосостояния общества потребности его растут и создавая рамки новых стандартов и критериев. В связи с этим масштабы производства растут, а вопросы безопасности на сегодня остаются актуальными и требуют конкретных решений.

Промышленное производство становится источником возникновения несчастных случаев на производстве, аварий, катастроф, хотя и динамика их снижается, но

остается на достаточно высоком уровне. Об этом свидетельствуют статистические данные (рис. 1).

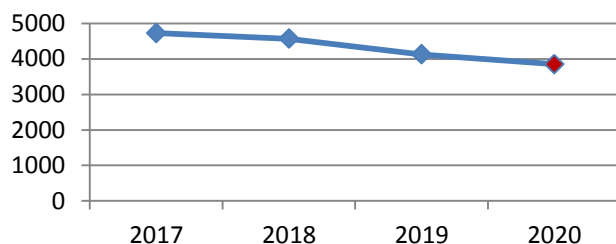


Рис. 1. Анализ несчастных случаев на производствах в России [1] за последние три года и прогнозируемая величина в 2020 г.

Основные причины аварий и несчастных случаев:

- отступление от требований проектной и технологической документации;
- нарушение регламента ремонтных работ;
- неудовлетворительное техническое состояние оборудования;
- неэффективность производственного контроля;
- неосторожные или несанкционированные действия исполнителей работ;
- неправильная организация производства работ.

Обобщенные статистические данные причин несчастных случаев на производстве в России за 2019 год приведены на рис. 2.

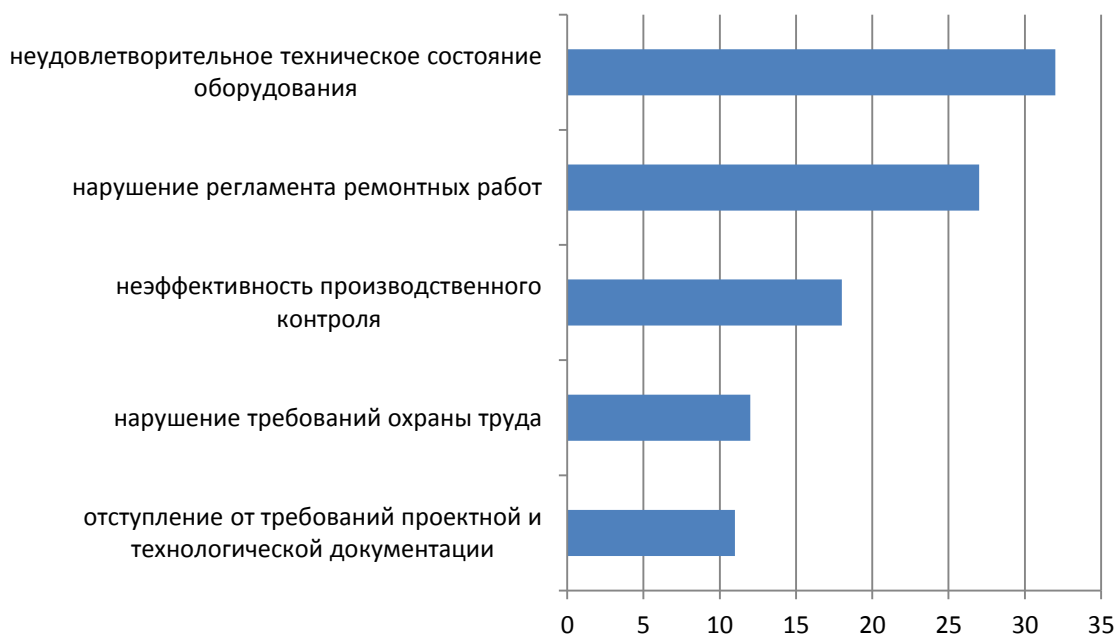


Рис. 2. Основные причины несчастных случаев на производстве в 2019 г.

Из полученных данных видим, что к техническим причинам, связанным с особенностями работы механических (технических) систем можно отнести 43% от общего числа всех причин, а это составляет 1773 несчастного случая.

К техническим причинам на производстве в нашем случае отнесем следующие инженерные особенности механических систем:

- несовершенство механических систем производственного процесса;
- конструктивные недостатки оборудования, приспособлений, инструментов;

- недостаточная механизация тяжелых работ;
- несовершенство ограждений, предохранительных устройств, средств сигнализации и блокировок;
- прочностные дефекты материалов, не известные ранее.

Аварийность свойственна многим отраслям промышленности: химической, угольной, нефтегазовой промышленности, транспорту. Проблема предупреждения экстремальных ситуаций приобретает особую актуальность в атомной энергетике, химической промышленности, при эксплуатации военной техники, и т.д. Решение вопросов безопасности, в том числе связано с развитием надежности технологического оборудования и проведением оценки рисков производства.

Для определения опасности необходимо определить четыре позиции:

- возможные сбои, неполадки и ошибки, которые могут привести к авариям, а также сценариям возможных аварий;
- необходимые превентивные мероприятия, которые должен принять руководитель во избежание аварии;
- возможные последствия аварий;
- меры, которые должны быть приняты при локализации аварии и ликвидации ее последствий.

Работоспособность технологического оборудования и надежность ее эксплуатации во многом определяются надежностью технических и механических систем. Обозначим факторы, которые негативно сказываются на работоспособности технической системы:

- большое количество деталей системы, отказ одного звена может привести к отказу всей системы;
- оценка работоспособности механической системы достаточно сложна и зависит от многих эмпирических данных, известно, что увеличение эмпирики приводит к увеличению расхождения с практикой;
- отсутствие статистических данных конкретных механических систем, поскольку применение механических систем достаточно обширно и каждая механическая система требует нестандартного решения, поэтому практически отсутствует статистика [2];
- наличие вариации отдельных элементов механической системы может сказаться на выходных данных всей системы.

Таким образом, чем сложнее механическая система, тем более специфическими особенностями она обладает. Наряду с отрицательными факторами следует отметить положительные факторы:

- техническая система регулируема и функциональна;
- не все элементы системы одинаково влияют на надежность всей системы.

Основным показателем надежности и безопасности механических систем может служить вероятность безотказной работы – вероятность проведения технологических процессов без происшествий в течение некоторого периода времени.

Для повышения надежности сложных механических систем в условиях эксплуатации рекомендуется проведение ряда превентивных мероприятий:

- внедрение научных методов эксплуатации;
- постоянный мониторинг эксплуатационных данных;
- связь проектируемых инновационных изделий с их производством;
- высококвалифицированный персонал [3].

Приведенные мероприятия позволят обеспечить качественное выполнение эксплуатационных мероприятий по обеспечению надежности различных механических систем различного инженерно-технологического производства. Подразумевается, что накопленный опыт позволит создать базу для решения задач сегодняшнего дня, и для создания будущих механических систем повышенной безопасности обеспечивающую их работоспособность и надежность. А исходя из проанализированных данных и как показатель охраны труда.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Асмоловский, Н. И Браун, Б.: надежность механических систем и деталей – ТН-3.2
2. Механическая надежность Approach-Case Study Application, Technical Note, Rev. 1, 2016.
3. Статистика производственного травматизма по данным Росстата. URL: <https://rosinfostat.ru/travmatizm/>
4. Кропотова Н.А. Огнезащита металлических конструкций быстровозводимых зданий // Сборник материалов 8-ой научно-практической конференции «Ройтмановские чтения». - М.: Академия ГПС МЧС России, 2020. – С. 65 – 70.
5. Кропотова Н.А. Превентивные меры профессиональных заболеваний и травматизма // NovaInfo.Ru - № 113, 2020. – С. 61 – 62.

УДК 621.317.334

М. С. Сайкин, В. П. Федосеева

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

РАЗРАБОТКА И АНАЛИЗ КОНСТРУКЦИЙ МАГНИТОЖИДКОСТНЫХ ДАТЧИКОВ ВИБРАЦИЙ

Ключевые слова: магнитожидкостный датчик, чувствительный элемент, постоянный магнит, магнитная жидкость, вибрации.

Аннотация: Разработаны конструкции магнитожидкостных датчиков вибраций с чувствительным элементом на постоянном магните. С учётом анализа конструктивных особенностей магнитожидкостных датчиков даны рекомендации по их выбору для диагностики вибраций оборудования различного назначения при различных условиях эксплуатации.

M. S. Saikin, V. P. Fedoseeva

DEVELOPMENT AND ANALYSIS OF MAGNETIC-LIQUID STRUCTURES VIBRATION SENSORS

Keywords: magnetic fluid sensor, sensitive element, permanent magnet, magnetic fluid, vibration.

Abstract: The designs of magneto-liquid vibration sensors with a permanent magnet sensitive element are developed. Taking into account the analysis of the design features of magneto-

liquid sensors, recommendations are given for their choice for diagnosing vibration of equipment for various purposes under various operating conditions.

При динамических режимах работы машин и механизмов возникают вибрации отдельных узлов. Это приводит к снижению ресурса работы оборудования и увеличивает возможность возникновения аварий.

Для диагностики уровня вибраций используются датчики, имеющие различный принцип действия, обладающие конструктивными особенностями, массогабаритными параметрами и эксплуатационными характеристиками [1].

В последнее время разработаны магнитожидкостные датчики для измерения вибраций (МЖДВ). Их основные преимущества: простота конструкции и монтажа, высокие надёжность и чувствительность.

Корпус датчика крепится к отдельному узлу машины или механизма, для которого проводится диагностика его вибросостояния. При использовании нескольких датчиков можно получить полный мониторинг вибросостояния оборудования.

Конструкция любого магнитожидкостного датчика вибраций содержит чувствительный элемент в виде кольцевого постоянного магнита. В большинстве случаев на оборудование действуют периодические гармонические, реже негармонические колебания, которые вызывают смещение чувствительного элемента в корпусе датчика. В измерительной обмотке наводится ЭДС. Её частота пропорциональна частоте вибраций и обрабатывается электронным блоком. Электронный блок контролирует работу оборудования и производит его отключение при возникновении недопустимого уровня вибраций.

Магнитная жидкость (МЖ) удерживается пондеромоторной силой в зазоре, между чувствительным элементом и внутренней цилиндрической поверхностью корпуса датчика. Наличие магнитной жидкости в зазоре создаёт условия для левитации чувствительного элемента и его перемещения с минимальным коэффициентом трения.

Одна из конструкций МЖДВ [2] представлена на рис.1

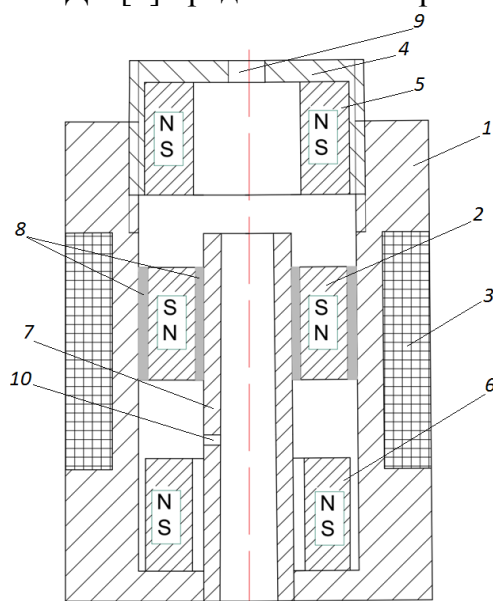


Рис.1. Конструкция магнитожидкостного датчика вибраций

В немагнитопроводном корпусе 1 датчика расположен чувствительный элемент 2 в виде кольцевого магнита. На внешней поверхности корпуса расположена измерительная обмотка 3. В торцевой крышке 4, имеющей возможность осевого перемещения по резьбе закреплён кольцевой постоянный магнит 5. В немагнитопроводном корпусе расположен кольцевой постоянный магнит 6. Эти магниты ориентированы одноименными полюсами относительно полюсов чувствительного элемента. Через кольцевые постоянные магниты 2 и 6 проходит полый немагнитопроводный стержень 7. Чувствительный элемент 2 образует зазоры, один из которых с корпусом 1, а другой с полым немагнитопроводным стержнем 7. Зазоры заполнены магнитной жидкостью (МЖ) 8. Наличие сквозного отверстия 9, в крышке 4 и отверстия 10 в немагнитопроводном стержне 7 обеспечивают равенство перепада давлений во внутренних объёмах корпуса и внешней среде, что способствует повышению чувствительности измерений.

При возникновении вибраций оборудования происходят колебания чувствительного элемента 2. Его смещение вызывает наведение ЭДС в измерительной обмотке 3, частота которой пропорциональна частоте вибраций. Силы отталкивания, создаваемые кольцевыми постоянными магнитами 5 и 6, не допускают соприкосновения чувствительного элемента 2 с ними.

В датчике предусмотрена возможность регулирования чувствительности измерений. Это достигается изменением расстояния между торцевой крышкой 4 и чувствительным элементом 2, что позволяет регулировать чувствительность и диапазон измеряемых вибраций. Уменьшение этого расстояния приводит к возрастанию сил отталкивания, действующих на подвижный магнит, что снижает чувствительность измерений, а контролируемый диапазон частот переходит в низкочастотную область. При увеличении этого расстояния силы отталкивания, действующие на подвижный магнит, уменьшаются, повышается чувствительность измерений вибраций в области высоких частот.

Недостаток данной конструкции датчика заключается в значительной величине градиента, который действует на МЖ, находящейся на кромках чувствительного элемента. Это вызывает расслоение МЖ, что приводит к изменению метрологических характеристик датчика [3].

Для снижения величины градиента магнитной индукции, действующего на магнитную жидкость, разработана конструкция датчика, в которой кольцевой постоянный магнит помещён в защитный немагнитопроводный кожух [5].

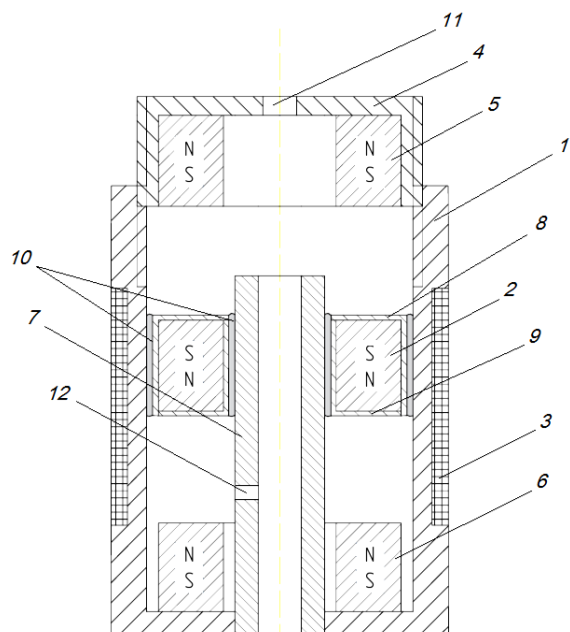


Рис.2. Конструкция магнитожидкостного датчика вибраций с защитным кожухом

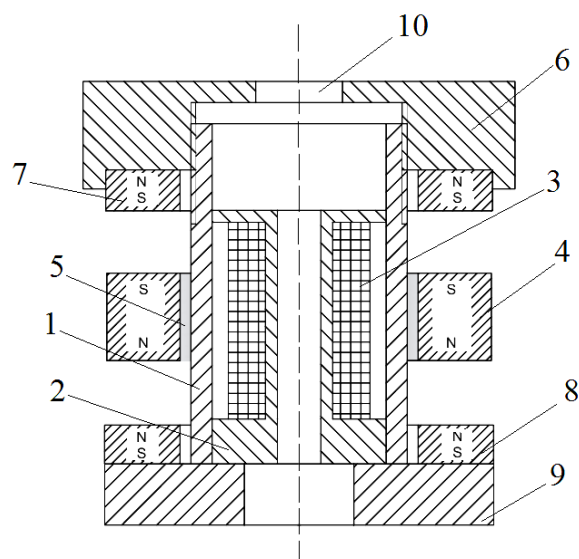


Рис.3. Конструкция магнитожидкостного датчика вибраций с внутренним расположением измерительной катушки

Защитный кожух состоит из двух частей 8 и 9. В остальных конструктивных элементах представленные конструкции аналогичны друг другу.

Основное отличие МЖДВ (рис.3) [5] является возможность его дозавправки без демонтажа с действующего оборудования, а также расширение диапазона настроек эксплуатационных параметров.

В этом датчике внутри полого немагнитопроводного стержня 1, расположена катушка 2 с измерительной обмоткой 3.

Чувствительным элементом в датчике является кольцевой постоянный магнит 4. Магнитная жидкость 5 удерживается пондеромоторной силой в зазоре между стержнем 1 и чувствительным элементом 4. Чувствительный элемент 4 ориентирован одноименными полюсами к магниту 7, установленному в крышке 6 и магниту 8, расположенному в основании 9 устройства. Через чувствительный элемент 4 и кольцевой постоянный магнит 8 магнитного подвеса проходит полый немагнитопроводный стержень 1. В торцевой крышке 6 выполнено отверстие 10.

При возникновении вибраций происходят колебания чувствительного элемента 4, который перемещается вдоль немагнитопроводного полого стержня 1. В измерительной обмотке 3 наводится ЭДС, частота изменения которой пропорциональна частоте вибраций. Силы отталкивания, создаваемые кольцевыми постоянными магнитами 7 и 8, не допускают соприкосновения чувствительного элемента 4 с ними.

Перемещением крышки 6 в осевом направлении изменяют расстояние между кольцевыми магнитами подвеса. Это позволяет настраивать чувствительность и диапазон измеряемых вибраций. Кроме этого, регулирование эксплуатационных параметров устройства может быть достигнуто за счет подбора магнитных характеристик подвижного кольцевого магнита 4.

Магнитная жидкость 5 удерживается пондеромоторной силой в зазоре, образованном между полым немагнитопроводным стержнем 1 и чувствительным элементом 4, что обеспечивает его удержание без касания чувствительного элемента и стержня.

Основными преимуществами этой конструкции является возможность дозаправки и перезаправки устройства без его разборки и демонтажа с действующего оборудования, а наличие резьбы, на обращённых поверхностях полого немагнитопроводного стержня и крышки позволяет производить настройку эксплуатационных параметров.

Представленные конструкции магнитожидкостных датчиков вибраций имеют следующие технические характеристики:

- частотный диапазон 4 – 5000 Гц;
- чувствительность свыше 500 мВ/g;
- диапазон ускорений 0,2-300 g;
- диапазон температур $\pm 60^{\circ}\text{C}$.

Магнитожидкостный датчик вибраций (рис.1) не может применяться для решения ряда технических задач, где требуется обеспечить повышенную стабильность метрологических характеристик в течение длительного срока эксплуатации. Однако данная конструкция может эксплуатироваться при наличии высокой амплитуды горизонтальных перемещений, что обеспечивается высоким значением подъёмной силы обеспечивающей левитацию чувствительного элемента.

Высокая стабильность метрологических характеристик обеспечивается применением конструкции МЖДВ (рис. 2). В этой конструкции на МЖ действует пониженный градиент магнитного поля, что создаёт благоприятные условия для повышения ресурса работы датчика.

Обе конструкции датчиков могут эксплуатироваться как в помещении, так и на открытом воздухе.

МЖДВ (рис.3) предназначен для эксплуатации в закрытых помещениях или защищённом оборудовании. Датчик имеет возможность дозаправки даже во время эксплуатации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Датчики: Справочное пособие / Под общ. ред. В.М. Шарапова, Е.С. Полищука. Москва. Техносфера. 2012. – 624 с.
2. Сайкин М. С., Федосеева В. П. Устройство для измерения вибраций. Патент на полезную модель, RU 184838, 12.11.2018. Заявка № 2018125789 от 12.07.2018.
3. Сайкин М.С., Федосеева В.П. Исследование распределения магнитной индукции в магнитожидкостном датчике вибраций. В сборнике: Надёжность и долговечность машин и механизмов. Сборник материалов IX Всероссийской научно-практической конференции. 2018. С. 205-208.
4. Сайкин М.С., Федосеева В.П. Устройство для измерения вибраций. Патент на полезную модель, RU 189089, 13.05.2019. Заявка № 2019102636 от 30.01.2019.
5. Сайкин М.С., Федосеева В.П. Устройство для измерения вибраций. Патент на полезную модель, RU 195546, 31.01.2020. Заявка № 2019127832 от 03.09.2019.

УДК 614.82

А. Х. Салихова, И. Ю. Федотов

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ОБОРУДОВАНИЯ ГАЗОРАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ ПУНКТОВ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ОБЪЕКТОВ

Ключевые слова: газораспределительный пункт, горючий газ, пожарная опасность, взрывозащита.

Аннотация: В современных условиях состояние технологического оборудования большинства промышленных объектов находится в изношенном состоянии. Поэтому существует высокая вероятность возникновения повреждения оборудования с последующим выходом горючих веществ в окружающее пространство и созданием условий возникновения пожара или взрыва. В статье предлагаются решения, направленные на повышение надежности оборудования газорегуляторного пункта.

A. H. Salikhova, I. Y. Fedotov

INCREASE OF RELIABILITY OF OPERATION OF EQUIPMENT OF GAS DISTRIBUTION POINTS OF PRODUCTION FACILITIES

Keywords: gas-distributing point, flammable gas, fire hazard, explosion protection.

Abstract: In modern conditions, the state of technological equipment in most industrial facilities is in a worn-out state. Therefore, there is a high probability of damage to the equipment with the subsequent release of flammable substances into the surrounding space and the creation of conditions for fire or explosion. The article offers solutions aimed at improving the reliability of gas control point equipment.

Требования Федерального закона от 22.07.2008 г №123 – ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» [1] устанавливают, что каждый объект защиты должен иметь систему обеспечения пожарной безопасности. Целью создания системы обеспечения пожарной безопасности объекта защиты является предотвращение пожара, обеспечение безопасности людей и защита имущества при пожаре. Система обеспечения пожарной безопасности объекта защиты включает в себя систему предотвращения пожара, систему противопожарной защиты, комплекс организационно-технических мероприятий по обеспечению пожарной безопасности. Работа выполнена на примере газораспределительного пункта (далее – ГРП) АО «Бахчисарайский комбинат "Стройиндустрия"».

Технологическое оборудование ГРП состоит из следующих основных блоков:

- Блок №1 - очистка газа от механических примесей.
- Блок №2 - замер расхода газа.
- Блок №3 - редуцирование газа.
- Блок №4 - отключающее устройство.

Блок №1 - сухой очистки газа состоит из 2-х параллельно соединенных фильтров типа FA 11/350, до и после которых установлены отключающие затворы, что позволяет периодически их очищать. Байпас фильтров (затвор № 6) служит для подачи газа в обход фильтров при необходимости их отключения.

Блок №2 - замер расхода газа состоит из диафрагмы, в комплекте с регистрирующими приборами расхода, давления и температуры газа на щите № 1.

Блок №3 - редуцирование газа представляет собой две одинаковые нитки трубопроводов из которых одна рабочая, другая резервная с автоматическим вводом в действие при понижении давления на выходе из ГРП.

Анализ пожарной опасности позволил сформулировать выводы. Повышенную пожарную опасность производства определяют такие параметры, как: сложность технологических линий; значительное количество горючего газа (природный газ), большое число емкостей и аппаратов, в которых находится газ под высоким давлением и при высокой температуре, разветвленная сеть технологических трубопроводов с многочисленной запорно-пусковой и регулирующей арматурой и контрольно-измерительными приборами; высокая теплота сгорания и скорость выгорания природного газа.

С точки зрения потенциального воздействия на окружающую среду, аварийное разрушение трубопроводов и технологического оборудования с природным газом сопровождается [2,3,4]:

- образованием волн сжатия за счет расширения в атмосфере природного газа, заключенного под давлением в объеме «мгновенно» разрушившейся части трубопровода или оборудования, а также волн сжатия, образующихся при воспламенении газового шлейфа и расширении продуктов сгорания;
- термическим воздействием пожара на окружающую среду в случае воспламенения газа.

Основными поражающими факторами аварий на площадке хранения горючих газов являются [2,3]:

- избыточное давление во фронте воздушной ударной волны, образующейся при расширении газа при разгерметизации оборудования или трубопроводов и при сгорании ГВС;
- разлет осколков (фрагментов) трубы и оборудования;
- создание локальной зоны загазованности при истечении газа без воспламенения;
- прямое огневое воздействие и тепловой поток с поверхности пламени при горении шлейфа газа.

В качестве наиболее вероятного сценария развития аварии принято следующий сценарий: утечка газа из газопровода внутри помещения ГРП ⇒ поступление газа в объем помещения ⇒ наличие источника зажигания ⇒ одновременное образование облака взрывоопасной смеси ⇒ попадание взрывоопасного облака в зону нахождения источника зажигания ⇒ зажигание ГВС ⇒ взрыв газового облака ⇒ разрушение помещения ГРП, попадание в зону возможных поражающих факторов людей и/или оборудования ⇒ поражение персонала предприятия избыточным давлением от ударной волны и тепловым излучением.

Размеры и форма факела зависят от характера повреждения трубопроводов, арматуры; чаще всего факел образуется осесимметричной (при истечении продукта из

круглых отверстий) или веерной струей из щелевых отверстий. Высота пламени зависит, главным образом, от количества истекающего продукта и может достигать 50 м и более (расход газа около 20 кг/с). Выходящий газ при неполном сгорании горит желтым или красным пламенем, горение сопровождается сильным свистящим шумом. Высота пламени в 2 – 2,5 раза больше среднего диаметра площади горения; линейная скорость выгорания 90 см/ч. Температура горения составляет 1300°С и более. При факельном горении всегда имеется опасность температурной деформации уже в первые 5-10 мин. Омываемых пламенем или находящихся вблизи него конструкций и технологических аппаратов. В процессе горения газа почти всегда имеется опасность разрыва трубопроводов в результате быстрого нарастания в них давления и снижения прочности материала трубопровода вследствие обогрева.

Помещение газорегуляторного пункта согласно расчетам относится к категории А «повышенная взрывопожароопасность».

Главный вид аварии на газораспределительных пунктах (далее – ГРП) – утечка транспортируемого газа с последующим развитием чрезвычайной ситуации (далее – ЧС). Основной причиной является нарушение режима работы газотранспортной сети. Так как на компрессорных станциях, откуда подается газ в магистральные газопроводы, не всегда возможна бесперебойная транспортировка газа, из-за насосов, которые работают под переменным напряжением, вследствие чего наблюдаются скачки напряжения в электросети.

Возникновение аварийных разрывов на газопроводах, а также на подключенных к ним сосудах и аппаратах связано с физическими эффектами двух видов:

- внутренними - нестационарными газодинамическими процессами в самих трубопроводах или сосудах, определяющими динамику выброса природного газа в атмосферу;
- внешними - определяющими воздействие процесса разрушения участка трубопровода или сосуда высокого давления на окружающую среду. Внешние эффекты сопровождаются:
- образованием волн сжатия за счет расширения в атмосфере природного газа, выброшенного под давлением из разрушенного участка трубопровода (сосуда), а также волн сжатия, образующихся при воспламенении подводящих и отводящих газопроводов и расширении продуктов его сгорания;
- образованием и разлетом осколков (фрагментов) разрушенного участка трубопровода (сосуда, аппарата);
- термическим воздействием пожара на окружающую среду.

Причины аварий следующие:

- механические повреждения наружных газопроводов при производстве земляных работ 99 (26 %);
- повреждения подземных газопроводов, вызванные потерей прочности сварных стыков (разрывы) из-за брака, допущенного при строительстве - 25 (7 %);
- коррозионные повреждения подземных газопроводов - 19 (5 %);
- повреждения надземных газопроводов транспортными средствами и в результате природных явлений - 40 (11 %);
- прочие - 31 (8 %).

К основным причинам, приводящим к отказу оборудования, относятся:

- прекращение подачи энергоресурсов;

- физический износ, коррозия и эрозия, механические повреждения, температурная деформация оборудования и трубопроводов;
- опасности, связанные с типовыми процессами;
- причины, связанные с ошибками персонала;
- причины, связанные с внешними воздействиями природного и техногенного характера.

Анализ отечественных нормативных документов по вопросам обеспечения пожаровзрывобезопасности нефтегазовых объектов и зарубежных данных по обеспечению пожаровзрывобезопасности производств и объектов потребления природного газа показывает, что для предупреждения и ликвидации аварий, связанных с пожарами и взрывами, необходимо, в первую очередь, проведение комплекса мероприятий по обеспечению выполнения требований пожарной безопасности при осуществлении технологических процессов и реализации комплекса инженерно-строительных решений.

Предотвращение образования горючей среды на объекте с горючим газом обеспечивается следующими способами: изоляцией горючей среды (газ находится в трубопроводе); максимальной механизацией и автоматизацией технологических процессов, связанных с обращением горючих веществ; установкой пожароопасного оборудования (фильтры, вентили, отключающие устройства) на открытых площадках; применением устройств защиты газопровода от повреждений и аварий (подземная прокладка трубопровода с устройством футляров, обработка защитным покрытием стальных участков трубопровода). Вокруг отдельно стоящего газорегуляторного пункта устанавливается охранная зона в виде территории, ограниченной замкнутой линией, проходящей на расстоянии 10 м от здания ГРП.

Для предупреждения образования горючей концентрации в аппаратах с газами используются следующие технические решения:

1. Поддержание рабочей концентрации горючего газа в смеси с окислителем за концентрационными пределами воспламенения с помощью систем автоматики; при этом условие безопасности следующее:

$$C_p < C_{НПРП} \quad \text{или} \quad C_p > C_{ВПРП}$$

2. Флегматизация негорючими (инертными) газами. Такое решение используется при наличии смеси горючего газа с окислителем, находящейся в пределах воспламенения или близкой к ним.

3. Перед заполнением газом резервуары продувают инертными газами.

4. Организация принудительной и естественной вентиляции в помещениях, в которых осуществляются процессы получения, хранения горючих газов.

5. Защита резервуаров с горючими газами от солнечной радиации путем окрашивания резервуаров в белый или серебристый цвет или устройство защитных экранов.

6. Оборудование технологического оборудования с горючими газами приборами контроля и автоматики технологических параметров процесса.

7. Устройство предохранительных клапанов, обратных клапанов на трубопроводах для защиты от гидравлических ударов.

8. Неполное заполнение резервуаров (на 85%).

9. Защита надземных резервуаров и трубопроводов с горючими газами теплоизоляцией, которая задерживает их прогрев при пожарах.

В данной работе предлагаются устройства противовзрывной защиты газовых фильтров и трубопроводов, проложенных в здании ГРП.

В работе был проведен расчет для предотвращения разрушения здания при аварийном взрыве метановоздушной смеси, необходимо предусмотреть в наружном ограждении (стенах) помещения одинарные проемы, застекленные стеклами толщиной 3 мм. Необходимо предусмотреть в наружном ограждении (стенах) помещения одинарные проемы, застекленные стеклами толщиной 3 мм с размерами 1×3 м на площади не менее $F_{\text{ост.}} = C_1 \cdot S_{\text{ост.}} = 1 \cdot 123,5 = 123,5$. Если же применять стеклопакеты из двух стекол, то $S_{\text{ост.}} = 545,67 \text{ м}^2$.

По результатам проведенного обзора научно-технических разработок противопожарной защиты и патентного поиска мы предлагаем два способа противопожарной защиты трубопроводов с горючими газами:

1. Способ огнепреграждения для газопроводов с горючими смесями. Изобретение позволяет повысить надежность огнепреграждения и безопасность эксплуатации газопроводов. Сущность изобретения заключается в отводе части газового потока из газопровода в атмосферу и в измерении величины усилия на огнепреграждающий элемент, в зависимости от которой осуществляют подачу газа к потребителю. Целью изобретения является повышение безопасности эксплуатации газопроводов и коммуникаций. Цель достигается тем, что в известном способе, включающем пропускание газа через трубчатый кожух или кассетный узел и полое пространство, при взаимодействии детонационной волны с кассетным узлом, фронт волны делят на два потока, один из которых выводят из газопровода, а энергию второго потока, направленного в защищаемый газопровод, гасят подвижным кассетным узлом, при помощи которого одновременно перекрывают газопровод для предотвращения повторного взрыва.

2. Способ взрывозащиты систем транспортировки газов. Сущность изобретения: способ включает перемещение газов через пламегасящую каталитически активную насадку с теплообменником, охлаждающий теплоноситель в который подают при достижении насадкой температуры, равной рабочей температуре катализатора, и прекращают его подачу при достижении насадкой температуры, не превышающей температуру начала работы катализатора, причем при возникновении пламени осуществляют разогрев насадки до температуры начала работы катализатора.

Задачей предлагаемого к внедрению изобретения является расширение диапазона рабочих скоростей газовых потоков, обеспечивающих разность слоя 0,40-0,90.

Поставленная задача достигается предлагаемым способом, заключающимся в том, что газы проходят через пламегасящую каталитически активную насадку, которую при возникновении пламени, независимо проникло ли оно в огнепреградитель или нет, разогревают до температуры начала работы катализатора. При достижении насадкой температуры, равной рабочей температуре катализатора, подают охлаждающий теплоноситель и прекращают его подачу при достижении насадкой температуры, не превышающей температуру начала работы катализатора.

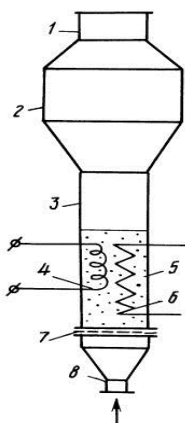


Рис. 1. Схема огнепреградителя

На чертеже (рис. 1) схематически изображен огнепреградитель, в котором проводили опыты. Позицией 1 обозначен выходной патрубок, 2 сепарационная зона, 3 корпус огнепреградителя, 4 теплоэлектронагреватель, 5 насадка, 6 теплообменник, 7 газораспределительная решетка, 8 входной патрубок.

Диаметр огнепреградителя 100 мм, высота 700 мм. В качестве транспортируемого газа использовали 9,5 об. смесь метана с воздухом. В качестве насадки использовали катализатор ИК-12-70 фракционного состава 1-1,5 мм. Газовоздушную смесь направляют в огнепреградитель, поджигают над выходным патрубком. Пламя проникает во внутрь огнепреградителя и задерживается свободной поверхностью катализатора.

При возникновении пламени насадку огнепреградителя нагревают, подавая в теплообменник пар или пропуская ток через теплоэлектронагреватель. При достижении слоев температуры начала работы катализатора подачу теплоносителя или пропускание тока прекращают.

Температура слоя катализатора повышается за счет протекания реакции окисления на поверхности катализатора. Пламя гаснет. В теплообменник подают теплоноситель (воду). При снижении температуры слоя катализатора ниже температуры начала работы катализатора подачу теплоносителя прекращают.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Федеральный закон от 22 июля 2008 года №123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности».
2. ГОСТ Р 12.3.047-2012. ССБТ. Пожарная безопасность технологических процессов. Общие требования. Методы контроля.
3. Приказ МЧС России от 10.07.2009 г. №404 «Методика определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах».
4. СП 12.13130.2009 Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности.
5. <http://www.findpatent.ru>.

УДК 614.843.2

И. В. Сараев, И. М. Мурза

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

УСТРОЙСТВО ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ОПЕРАТИВНОГО РЕМОНТА НАПОРНЫХ ПОЖАРНЫХ РУКАВОВ НА ПОЖАРЕ

Ключевые слова: пожарный рукав, ремонт, напорные пожарные рукава, повреждение, отказ.

Аннотация: В статье рассматривается принципиально-новый подход к ремонту напорных пожарных рукавов. Отмечается, что рассматриваемый вид ремонта возможно проводить непосредственно на месте проведения аварийно-спасательных работ по тушению пожара. Наряду с этим представлен алгоритм действий по применению разработанного устройства при проведении ремонта напорных пожарных рукавов.

I. V. Saraev, I. M. Murza

DEVICE FOR RAPID REPAIR OF PRESSURE HOSES IN A FIRE

Keywords: fire hose, repair, pressure fire hoses, damage, failure.

Abstract: The article considers a fundamentally new approach to repairing pressure fire hoses. It is noted that the considered type of repair can be carried out directly on the site of emergency rescue operations to extinguish the fire. Along with this, the algorithm of actions for the application of the developed device during the repair of pressure fire hoses is presented.

Общеизвестно, что пожарные рукава являются основным видом пожарного оборудования и от их работоспособности зависит уровень эффективности и успешность выполнения задачи по тушению пожара. Пожарные рукава, применяемые в подразделениях, неприхотливы в работе и не требуют специальных условий при эксплуатации, при этом они используются значительно чаще, чем другие виды пожарного оборудования и вооружения. Известно, что до 85% отказов пожарной техники приходится именно на долю пожарных рукавов [1]. Причём из общего числа отказов, обнаруженных на рукавах различного диаметра, 60% приходится на «свищи», 30% - на разрывы защитного слоя и 10% на срыв соединительных головок, выдавливание уплотнительных колец. Из общего количества входов из строя 25% из них обнаруживаются на пожарах и учениях, 75% выявляются при испытаниях [2, 3].

Известно, что в процессе использования напорные рукава (НР) получают повреждения, которые могут быть исключены при ремонте. Ремонту подлежат, предварительно вымытые и высушенные напорные пожарные рукава (НПР).

На сегодняшний день напорные пожарные рукава, подвергшиеся повреждению, ремонтируются следующими, основными способами, указанными в методическом руководстве [4].

Разработанный способ (ремонт посредством клёпки)

В отличие от предыдущих способов ремонта, данный выполняется с наименьшими затратами на время и финансовые средства.

Для проведения ремонта путем клёпки необходимо иметь: шайбы (Ø25мм.), заклепки (Ø4,7мм.), молоток, бокорезы, пассатижи, резиновые шайбы и «челнок».

Разработанное устройство – «Челнок» [5] представлено на рисунке, которым производится ремонт, предназначен для доставки заклёпки, шайбы и прокладки к месту разгерметизации напорного пожарного рукава – «свища». Обеспечивает, быстрый, надёжный ремонт рукава для постановки в боевой расчёт, при размере «свища» от 5 до 10 мм.

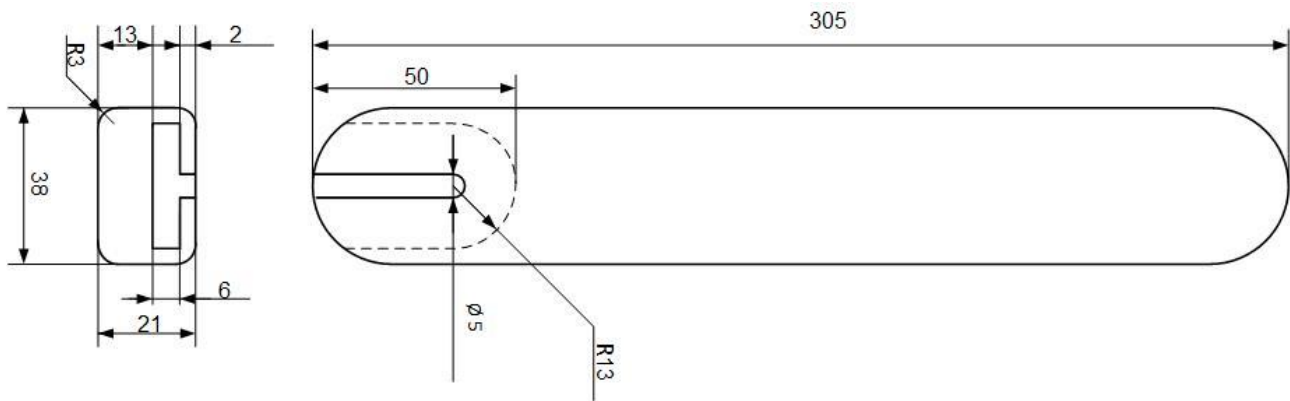


Рис. 1. Общий вид разработанного устройства «Челнок»

Достоинства разработанного устройства и способа ремонта:

- 1) не требует дорогостоящих инструментов;
- 2) не требует дорогостоящих материалов;
- 3) быстрота ремонта;
- 4) сразу после ремонта рукав ставится в расчёт;
- 5) не требует сложных специальных навыков;
- 6) надёжность.

Резиновая шайба вырезается ножницами, по размеру шайбы, из резинового материала подходящей толщины и жесткости. В качестве материала можно использовать: лёгочный мешок от КИП-8 (в настоящее время не используется в пожарной охране), велосипедная камера, жгут медицинский и другие.

При использовании данного способа ремонта, алгоритм действий выглядит следующим образом:

- 1) необходимо взять заклёпку и надеть на неё шайбу, затем резиновую прокладку (можно самодельную, указывалось выше);
- 2) выделить место повреждения напорного пожарного рукава;
- 3) полученное изделие вставляем в паз «Челнока»;
- 4) «Челнок» помещаем во внутреннюю часть повреждённого напорного пожарного рукава через соединительную головку;
- 5) продвигаем «Челнок» за счёт своей массы к, отмеченному ранее, месту «свища» и вставляем в него заклёпку;
- 6) придерживая заклёпку снаружи, извлекаем её из паза «Челнока»;
- 7) продвигаем «Челнок» далее таким образом, чтобы «свищ» оказался по его центру и опираем заклёпку на «Челнок»;
- 8) на выступающую часть заклёпки надеваем резиновую и металлическую шайбы;
- 9) с помощью молотка заклёпываем шайбы между собой, максимально прижимая шайбы друг к другу;
- 10) извлекаем «Челнок» из рукава по наикратчайшему пути;
- 11) продолжаем действия по тушению пожара или испытываем рукав и ставим его в расчёт.

Таким образом, разработанный способ ремонта пожарных рукавов отличается от известных тем, что позволяет проводить оперативный ремонт напорных пожарных рукавов непосредственно на месте пожара и в условиях подразделения, что несомненно повысит эффективность действий пожарно-спасательных подразделений по

тушению пожара за счёт значительного сокращения временных затрат на восстановление работоспособности рассматриваемых видов пожарно-технического оборудования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сараев, И.В. Относительная общая польза – дополнительный комплексный критерий выбора пожарных рукавов / И.В. Сараев, А.Г. Бубнов, В.Ю. Курочкин, Ю.Н. Моисеев, А.Д. Семенов // Пожаровзрывобезопасность. – 2015. – № 4. – С. 66-71.
2. Полозов А. А., Самохвалов Ю. П. Определение относительных частот использования пожарного оборудования на пожарах // Пожаровзрывобезопасность, –2006, – Т. 15, № 4, – С. 62–65.
3. Анализ эксплуатации пожарной и аварийно-спасательной техники подразделений МЧС России Ивановской области за период с 2009 по 2014 годы.
4. Методическое руководство по организации и порядку эксплуатации пожарных рукавов. – Москва. – 2007. – 21 с.
5. Сараев, И.В. Разработка устройства для оперативного ремонта пожарных рукавов на месте пожара / И.В. Сараев, И.М. Мурза // Пожарная и техносферная безопасность: проблемы и пути совершенствования. – 2020. – № 1(5). – С. 526-528.

УДК 629.7.017.1

Н. Л. Сафонова, Д. В. Конорев

ВУНЦ ВВС «ВВА им. проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»

КЛАССИФИКАЦИЯ ОТКАЗОВ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ АВИАЦИОННОЙ ТЕХНИКИ

Ключевые слова: отказы, классификация отказов, внезапные и постепенные отказы, параметр потока отказов, эксплуатационные стадии жизненного цикла самолета.

Аннотация: В статье рассмотрены основные изменения технического состояния авиационной техники на эксплуатационной стадии ее жизненного цикла. Дана их классификация по признаку отказов и анализа их причин.

N. L. Safonova, D. V. Konorev

CLASSIFICATION OF FAILURES OF THE TECHNICAL STATE OF THE AIRCRAFT

Keywords: failures, classification of failures, sudden and gradual failures, failure flow parameter, operational stages of the aircraft life cycle.

Abstract: The article discusses the main changes in the technical condition of aircraft at the operational stage of its life cycle. Their classification is given on the basis of failures and an analysis of their causes.

В результате воздействия в процессе эксплуатации на авиационную технику различных по своей природе факторов (объективных и субъективных) техническое состояние машин изменяется. Самолет внезапно или постепенно утрачивает работоспособность и дальнейшая его эксплуатация с эффективностью не ниже заданной становится невозможной. Однако при рассмотрении проблемы сохранения и своевременного восстановления работоспособности самолетов весьма важное значение приобретает не только знание характера отказов, но и закономерность их возникновения.

Рассмотрим наиболее распространенные группы отказов, объединив их по классификационному признаку. Все отказы можно классифицировать:

по характеру процесса возникновения:

- внезапный отказ, который возникает в результате скачкообразного изменения значений одного или нескольких основных параметров в работе самолета;

- постепенный отказ, возникающий в результате постепенного изменения значений одного или нескольких основных технических характеристик в работе машины (естественный износ отдельных деталей или механизмов в агрегатах, узлах и т.д.);

по возможности предотвращения:

- предотвращаемый отказ, появлению которого предшествуют наблюдаемые изменения в физико-химической структуре составных частей самолета или в их работе;

- непредотвращаемый отказ, до появления которого не наблюдаются какие-либо изменения в физико-химической структуре составных частей самолета или в их работе;

по связи с другими отказами:

- независимый отказ, возникновение которого не связано с действием другого отказа в составных частях машины;

- зависимый отказ, возникающий в результате действия другого отказа;

по степени влияния на работоспособность самолета:

- полный отказ, вызывающий полное нарушение работоспособности самолета;

- частичный отказ, вызывающий ухудшение качества функционирования самолета (потеря мощности в двигателе, нарушение в работе рулевого управления и др.);

по времени существования:

- устойчивый отказ, который может быть устранен только в результате мер, принятых для восстановления работоспособности самолета (проведения ремонта);

- самоустраняющийся отказ (сбой), который самопроизвольно исчезает без вмешательства обслуживающего персонала;

- перемежающийся многократно повторяющийся сбой;

по признаку проявления:

- явный отказ, который может быть обнаружен внешним осмотром, опробованием или пуском двигателя;

- неявный отказ, который может быть обнаружен только с помощью специального оборудования и специальных измерений, проведением диагностики с применением диагностической аппаратуры;

по объему и характеру восстановления:

- расстройка – нарушение нормального режима работы систем самолета или агрегатов из-за неправильной установки или регулировки при полностью исправных агрегатах, узлах самолета;

- повреждение – событие, заключающееся в нарушении исправного состояния машины или ее агрегатах, узлах или составных частях;
- авиационное происшествие – это событие, вызванное грубым нарушением правил эксплуатации или производственными недостатками самолета;
- по причине возникновения:
 - конструкционный отказ, обусловленный ошибками или несовершенством принятых методов конструирования или недоработками;
 - технологический отказ, обусловленный нарушением или несовершенством принятого технологического процесса или материала;
 - эксплуатационный отказ, обусловленный нарушением установленных правил эксплуатации или внешними воздействиями, не предусмотренными для условий эксплуатации данного изделия.

Отказы, приведенные выше, возникают независимо от того, какие причины их вызвали, наступают либо внезапно, вследствие резкого скачкообразного изменения параметров (состояния), либо постепенно. Поэтому в зависимости от характера изменения параметра или технического состояния самолета различают отказы внезапные и постепенные.

При рассмотрении общих закономерностей изменения технического состояния самолетов во времени эти две классификационные группы отказов представляют интерес. Результатом необратимых процессов в системах двигателя, агрегатах, узлах, в сборочных единицах являются внезапные отказы, вызывающие неожиданное (иногда аварийное) изменение параметров работы двигателя или его систем, которые приводят к нарушению нормальной, а иногда критической работы отдельного агрегата, узла или самолета в целом. Характер внезапных отказов предусмотреть нельзя, они возникают случайно, неожиданно и предсказать, когда они произойдут, невозможно, так как полнота контроля параметров, имеющихся в работе систем самолета, ничтожно мала.

К внезапным отказам относятся такие неисправности, как поломки двигателя и его систем, агрегатов, узлов, перегорание, обрыв, короткие замыкания в системе электрооборудования, нарушение герметичности в системах двигателя и т. д. Основными причинами появления внезапных отказов являются резкие изменения условий эксплуатации самолета, нарушение рабочих режимов (перегрев, резкое падение давления в системе смазки, тормозной системе, работы гидравлических систем и др.), дефекты производства и проектирования и боевые повреждения.

Постепенные отказы зарождаются в виде незначительных ухудшений в работе самолета в результате старения материалов, износа трущихся частей, деформации под влиянием механической и электрической нагрузок, изменения свойств материалов под влиянием тепла, холода, влаги, света и других внешних факторов. Как правило, постепенные отказы приводят к медленному ухудшению качества изделия: уменьшению мощности или чувствительности, снижению сопротивления изоляции, увеличению свободного хода, шаткостей и усилий в рабочих механизмах, загрязнению оптики и т.п., которые перерастают в отказ.

Необратимые физико-химические изменения в структуре элементов конструкции являются основной причиной постепенных отказов, которые неизбежно приводят к постепенным изменениям одного или нескольких параметров изделия. Эти структурные изменения, как правило, связаны с действием внутренних и внешних факторов, обуславливающих старение и износ.

Процесс старения и износа обычно протекает с различными скоростями, зависящими как от внешних условий, в которых осуществляется эксплуатация, так и от причин внутреннего характера, от индивидуальных особенностей составных частей самолета. Поэтому период износа различных агрегатов, узлов и элементов колеблется в весьма широких пределах от нескольких минут до нескольких лет.

Постепенные отказы не имеют ярко выраженных признаков, поэтому в самолете они часто обнаруживаются с некоторым опозданием лишь в процессе технического осмотра или проведения диагностики. Но постепенные отказы в отличие от внезапных тесно связаны с закономерными изменениями в составных частях самолета (агрегата, узла, детали или сборочной единицы). Поэтому, если известны степень воздействия и характер вызванного изменения, представляется возможным предсказать время появления этих отказов и предпринять специальные меры по их предотвращению. В этом и заключается существенное различие между внезапными отказами, представляющими собой чистую случайность, и постепенными отказами, являющимися следствием непрерывных закономерных изменений характеристик в работе агрегатов и систем самолета.

В качестве характеристики, позволяющей производить количественную оценку безотказности автомобиля в каждый данный момент времени, используется параметр потока отказов. Под параметром потока отказов понимается среднее количество отказов ремонтируемого образца в единицу времени, взятое для рассматриваемого момента времени. Наблюдения за техническими характеристиками различных самолетов в процессе эксплуатации показывают, что изменение во времени интенсивности отказов (параметра потока отказов) при их длительном использовании во времени происходит по вполне определенному закону. На рисунке 1 представлен график изменения параметра потока отказов самолета во времени.

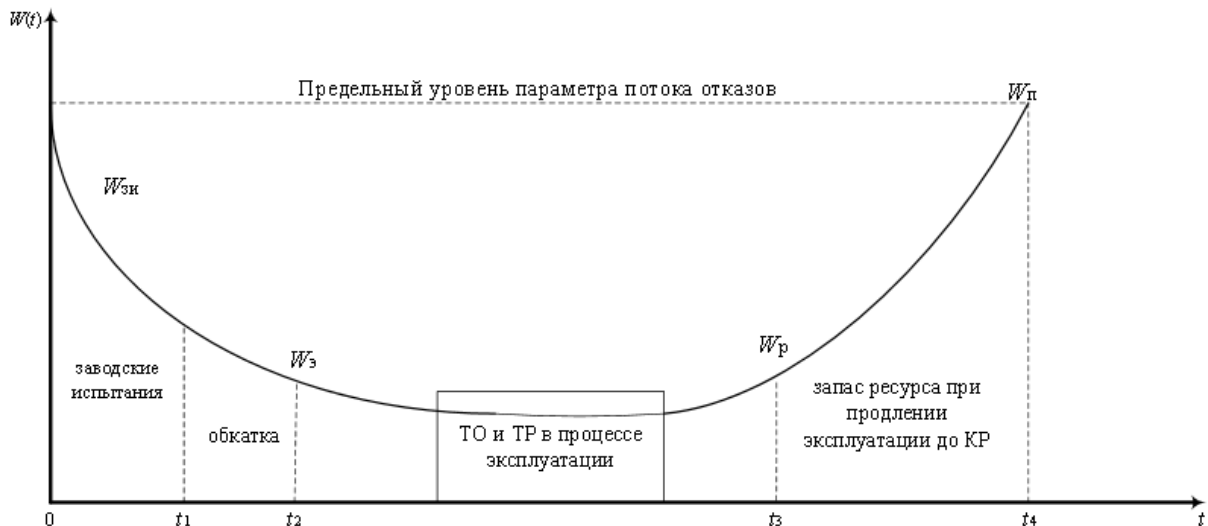


Рис.1. График изменения параметра потока отказов самолета во времени:

t —время эксплуатации; t_1 —окончание заводских испытаний; t_2 —начало использования по назначению; t_3 —момент отправки самолета в капитальный ремонт; W_p —предельный уровень параметра потока отказов

На рисунке 1 видны типичные четыре периода эксплуатации, когда происходят изменения параметра потока отказов во времени: заводских испытаний (от 0 до t_1);

обкатки (от t_1 до t_2); нормальной работы, когда проводятся плановые технические обслуживания и текущие ремонты (от t_2 до t_3); естественного износа (старения) (от t_3 до t_4) в максимальный период отказов.

На участке от 0 до t_1 характер изменения параметра потока отказов объясняется наличием большого числа внезапных отказов самолета из-за элементов, имеющих скрытые внутренние дефекты, ошибок, допущенных при проектировании и в процессе производства, и др.

На участке от t_1 до t_2 (т. е. в самом начале эксплуатации) изменения параметра потока отказов объясняются наличием внезапных отказов самолета из-за элементов, имеющих скрытые внутренние дефекты, допущенные при проектировании, ошибки пилота из-за его неопытности и др. По мере выхода из строя дефектных составных частей и последующей их замены исправными параметр потока отказов самолета уменьшается и, достигнув определенного уровня W_3 , становится к моменту t_2 приблизительно постоянной величиной. Таким образом, участок от t_1 до t_2 графика является участком, в пределах которого происходит обкатка деталей в узлах и агрегатах самолета.

На участке от t_2 до t_3 параметр потока отказов самолета характеризуется наиболее низким уровнем. В этот период отказы в основном носят внезапный характер. Его продолжительность периода наибольшая по сравнению с другими периодами и зависит главным образом от полноты и качества проводимого планового технического обслуживания и качества выполненных работ при проведении текущего ремонта, а также условий эксплуатации самолета.

Участок от t_3 до t_4 характеризуется возрастанием параметра потока отказов от W_p до W_n вследствие естественного износа или старения составных частей самолета. С наступлением этого периода дальнейшая эксплуатация изделия становится экономически нецелесообразно, и самолет обычно отправляется в ремонт.

Данный график позволяет сделать несколько выводов. Во-первых, самый сложный период выявления недостатков и возможных отказов в самолете приходится на период заводских испытаний. Во-вторых, для обеспечения высокой работоспособности самолета в начальный период эксплуатации необходимо, прежде всего, произвести качественную обкатку самолета. В противном случае вероятность отказа, не проработанного в заводских условиях агрегата, узла или механизма будет недопустимо высока.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ Р 53863-2010 Воздушный транспорт. Система технического обслуживания и ремонта авиационной техники. Термины и определения. - М.: Стандартинформ, 2011. - 43 с.
2. Чекрыжев, Н.В. Анализ отказов и повреждений авиационной техники, влияющих на безопасность полётов /Н.В. Чекрыжев//Альманах современной науки и образования.- 2013. -№10(77). -С. 177–180.

УДК 62.22

В. С. Суворов, В. В. Киселев

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИЙ ПРИ ВЫСОКИХ ТЕМПЕРАТУРАХ ЗА СЧЕТ НАНЕСЕНИЯ ОГНЕСТОЙКОГО ПОКРЫТИЯ

Ключевые слова: сталь, покрытие, температура, защита, прочность, надежность

Аннотация: Повышенные температуры при пожарах оказывают существенное влияние на прочностные свойства металлоконструкций, снижает надежность их дальнейшей эксплуатации. Поэтому, чрезвычайно важно обеспечить их качественную защиту от перегрева. В работе описаны возможные способы защиты и приводится технология изготовления разработанного защитного огнестойкого покрытия.

V. S. Suvorov, V. V. Kiselev

IMPROVING THE RELIABILITY OF METAL STRUCTURES AT HIGH TEMPERATURES DUE TO FIRE-RESISTANT COATING

Keywords: steel, coating, temperature, protection, strength, reliability

Abstract: Elevated temperatures during fires have a significant impact on the strength properties of metal structures, reduces the reliability of their further operation. Therefore, it is extremely important to ensure their high-quality protection against overheating. The possible methods of protection are described in the work and the manufacturing technology of the developed protective fire-resistant coating is described.

В настоящее время в строительстве чаще всего применяются железобетонные монолитные конструкции, а также металлические и деревянные конструкции. В качестве железобетонных конструкций применяются монолитные колонны и плиты перекрытия, образуя смешанную конструктивную систему с несущими стенами и колоннами. В роли металлических конструкций выступают колонны, используемые в качестве несущих элементов для покрытия в спортивных залах. Основными элементами покрытия являются клееные деревянные балки. Использование клееных конструкций заводского изготовления обеспечивает быстроту монтажа. Эти конструкции имеют более высокое качество, устойчивы к загниванию.

Проведя анализ статистических данных о пожарах на территории Российской Федерации, пришли к выводу, что каждый шестой пожар возникает в зданиях, в которых присутствуют в качестве несущих элементов металлоконструкции. Согласно нормативным документам требования к таким конструкциям определяются параметром – пределом огнестойкости. Этот параметр, как известно, указывает на временной промежуток, в течение которого конструкционный материал сохраняет свои прочностные свойства при температуре 500°C.

Часто при пожарах в закрытых помещениях мы можем наблюдать большие значения температуры нагрева. Нередко температура нагрева достигает порядка 700 °С. Известно, что уже при 600 °С мы можем наблюдать снижение прочностных свойств металлоконструкций до трех раз по значению предельного напряжения.

Обеспечение устойчивости зданий в условиях пожара огнестойкости строительных конструкций в соответствии с нормами является весьма актуальной проблемой. Это связано с применением новых видов конструкций в строительстве, они обычно рассчитываются по всем правилам и стандартам строительной механики, но разрушаются при пожаре в течение нескольких минут.

Область применения различных способов огнезащиты определяют с учетом требуемого предела огнестойкости металлических, железобетонных и деревянных конструкций, ее типа и ориентации в пространстве (колонны, стойки, ригели, балки, связи), вида нагрузки, действующей на конструкцию (статическая, динамическая), температурно-влажностного режима эксплуатации и производства работ по огнезащите (сухие, мокрые процессы), степени агрессивности окружающей среды, увеличение нагрузки на конструкцию за счет огнезащиты, эстетических требований и др.

В данной работе были проведены исследования по оценке прочности стали, подвергшейся температуре до 700 °С и последующему охлаждению. Кроме этого, был предложен огнезащитный состав, призванный снизить негативное влияние температуры на прочностные свойства стальных образцов. В ходе исследования применялась стандартная методика оценки прочности на растяжение углеродистой стали. Для испытания на растяжение использовалась машина Р-5, а для нагрева образцов – муфельная печь (рис. 1). В качестве испытуемого материала была выбрана сталь марки Ст3. Образец представлял собой стальную пластину прямоугольного сечения с размером площади поперечного сечения 150 мм².

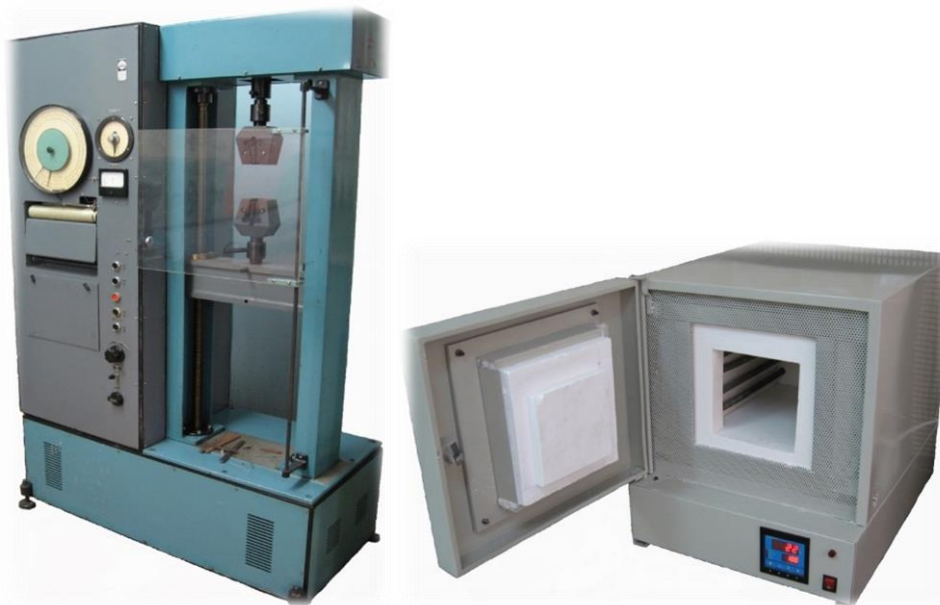


Рис. 1. Лабораторное оборудование.

Испытуемый образец испытывался как без применения огнезащиты, так и с ее применением. Сегодня на рынке представлены различные типы огнезащиты стальных конструкций, в данной работе оценку прочности стальных образцов проводили с

применением разработанного состава. В отличие от существующих покрытий технология изготовления предлагаемого отличается простотой. Сухие компоненты взвешиваются на технических весах с погрешностью 0,5 % по массе и перемешиваются в смесителе периодического действия. Время перемешивания не менее 5 мин. Жидкое стекло (ЖС) разбавляется горячей водой с температурой не более 80 °С при постоянном перемешивании в течение 3 мин до плотности 1,2 г/см³ (в соответствии с ГОСТ 10078-81). Допускается разбавлять жидкое стекло холодной водой (20 °С) при условии увеличения времени перемешивания до 10 мин. Разбавленное жидкое стекло фильтруется через сито № 05 (ГОСТ 3584-73). Сухая смесь и жидкое стекло загружаются в соответствующие емкости установки аэродинамического действия для нанесения покрытия [1].

Результаты проведения испытаний стальных образцов представлены в таблице.

Таблица Результаты испытаний

№ образца	Тип огнезащитного покрытия образца	Температура нагрева образца, °С	Время нагрева образца, мин	Предельная прочность, МПа
1	Стальной образец без покрытия	20	15	714,3
2	Стальной образец без покрытия	700		228,4
3	Краска огнезащитная Eсofire			345,5
4	Краска огнезащитная ОЗК-01-Р			358,7
5	Разработанное огнезащитное покрытие			378,6

Из представленных экспериментальных данных видим, что образец подвергшейся нагреву до 700 °С значительно потерял показатель прочности. Снижение составило 3,1 раза. Показатель прочности снизился до 228,4 МПа. При таком значении прочности вероятность проявления эффекта ползучести металла значительна, также значительна и вероятность обрушения конструкции, несущим элементом которой будет стальная деталь с таким значением прочности. В ходе испытаний свою эффективность подтвердили огнезащитные покрытия. Их действие основано на том, что при нагревании происходит вспучивание покрытия и образование слоя пористого материала на защищаемой поверхности. Продолжительность действия огнезащиты зависит от типа применяемого состава, но и тех нескольких дополнительных минут, в течение которых сохраняется достаточная прочность стальных элементов несущих конструкций, может стать достаточным для предотвращения обрушения здания. Сравнивая показатели предельной прочности незащищенного образца и образцов с различными типами огнезащитных покрытий, можем увидеть, что показатель прочности у образцов с покрытиями выше на 51 – 66 %. Таким образом, доказана эффективность применения огнезащитных покрытий стальных деталей, подвергающихся нагреву до высоких температур. Следует учитывать, что выбирая огнезащитное покрытие, нужно внимательно изучать его технические характеристики и свойства. Показатель защиты

от огня у различных покрытий не одинаков. Предложенное и описанное в данной работе огнестойкое покрытие предназначено для защиты металлоконструкций от высоких температур и не уступает показателям защиты зарекомендовавших себя на рынке существующих составов. Основным преимуществом разработанного покрытия является то, что оно имеет простую технологию изготовления и относительно невысокую стоимость компонентов, а также дополнительно не утяжеляет металлоконструкции.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Киселев В.В., Кропотова Н.А., Архангельский К.А. Влияние высоких температур при пожаре на прочность металлоконструкций. / Материалы XI международной научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «ЭНЕРГИЯ -2016». – 2016. – Т. 4. – С. 124-126.
2. Здания, сооружения и их устойчивость при пожаре: Учеб. / В.Н. Демехин, И.Л. Мосалков, И.Л. Плюснина и др. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2003. – 656 с.

УДК 621

А. В. Суровегин, Г. В. Кувшинов, М. О. Баканов, А. В. Маслов
ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ

Ключевые слова: надежность, долговечность, трение, износ, ремонт, автомобиль, техническое обслуживание.

Аннотация: Изнашивание является одной из основных, постоянно действующих причин ухудшения технического состояния машин и механизмов. Продукты износа, появляющиеся в зоне трения, зачастую усиливают интенсивность изнашивания, что способствует сокращению ресурса трущихся элементов.

A. V. Surovegin, G. V. Kuvshinov, M. O. Bakanov, A. V. Maslov

TECHNOLOGICAL METHODS FOR IMPROVING RELIABILITY

Keywords: reliability, durability, friction, wear, repair, car, maintenance.

Abstract: Wear is one of the main, ongoing reasons for the deterioration of the technical condition of the machine. Wear products appearing in the friction zone often increase the wear rate, which helps to reduce the life of the rubbing elements.

Надежность - это свойство объекта сохранять во времени в установленных пределах все параметры, обеспечивающие выполнение требуемых функций в заданных условиях эксплуатации. Особое требование к надёжности предъявляется к пожарной и аварийно-спасательной технике. Находясь в дежурном режиме, она постоянно должна быть готова к использованию в самых тяжелых условиях работы. Низкий

уровень надежности оборудования вполне может приводить к серьезным затратам на ремонт, длительному простоя оборудования и к авариям.

Надежность закладывается на этапе проектирования и конструирования машины, а на последующих этапах – при изготовлении и эксплуатации – реализуется и поддерживается на заданном уровне. Рассмотрим технологические методы повышения надежности.

К технологическим методам повышения надежности можно отнести:

- 1) упрочнение поверхностных слоев деталей механическими, термическими, химико-термическими и другими способами;
- 2) нанесение упрочняющих, износостойких и коррозионностойких покрытий на детали машин.

Технологические методы позволяют на заключительных стадиях изготовления деталей машин повысить их прочностные характеристики (по показателям статической и усталостной прочности), износостойкость, коррозионную стойкость, жаропрочность и другие свойства. Первичной задачей технологических методов является создание оптимального микрорельефа поверхности детали путем инструментальной механической обработки. Снижение шероховатости поверхности способствует уменьшению коэффициента трения, повышению циклической прочности и коррозионной стойкости.

Следует отметить, что в узлах трения в процессе приработки устанавливается оптимальная топография сопрягаемых поверхностей деталей, которая фактически не зависит от исходного микрорельефа поверхности и обусловлена конструкцией узла и условиями его эксплуатации. Поэтому инструментальную механическую обработку следует проводить так, чтобы она давала топографию поверхности, близкую к оптимальной.

Для повышения усталостной прочности и износостойкости широко используют механические методы обработки поверхности деталей (дробеструйную обработку, обкатывание шариками и роликами, алмазное выглаживание, дорнование и др.). В результате происходит наклеп, т.е. упрочнение поверхностных слоев металла при их пластическом деформировании, которое сопровождается изменением шероховатости поверхности. Толщина упрочненного слоя составляет 0,3–1,5 мм. При этом возрастает твердость на 20–40 % и повышается циклическая долговечность ряда деталей (зубчатых колес, осей, пружин и др.) в 2–10 раз. Установлено, что износостойкость упрочненных слоев металла повышается до тех пор, пока он проявляет способность к пластическому деформированию.

В отличие от механических методов упрочнения поверхностная закалка и химико-термическая обработка деталей обеспечивают упрочнение их поверхностных слоев, в то время как металл в объеме детали остается достаточно пластичным и вязким. В результате существенно повышается несущая способность деталей при ударных нагрузках. Кроме того, в упрочненном поверхностном слое возникают большие остаточные напряжения сжатия, которые ослабляют неравномерность распределения внутренних напряжений от внешней нагрузки и повышают сопротивление усталостному разрушению. При этом размеры обработанных деталей остаются без изменений.

Закалка является основным видом упрочняющей термообработки конструкционных и инструментальных сталей. Поверхностная закалка обеспечивает двукратное повышение износостойкости и стойкости к динамическим нагрузкам. Если деталь испытывает усталостное разрушение, ограничиваются толщиной упрочненного слоя до

3 мм, при высоких контактных нагрузках используют толщины более 3 мм. Химико-термическая обработка является упрочняющей тепловой обработкой стальных изделий в химически активных средах и проводится для изменения химического состава, структуры и свойств поверхностных слоев. Она позволяет повысить твердость и износостойкость, усталостную и контактную выносливость, а также коррозионную стойкость. В этом плане возможности химико-термической обработки выше, чем термообработки, в несколько раз, поскольку она меняет не только структуру, но и химический состав поверхностных слоев в интервале от 0,02 до 3 мм.

Наиболее распространенными методами химико-термической обработки являются цементация (насыщение углеродом), азотирование (насыщение азотом), нитроцементация и цианирование (насыщение углеродом и азотом), алитирование (насыщение алюминием) и хромирование, а также комплексные методы насыщения титаном, ванадием, вольфрамом, цирконием, медью и другими металлами. Каждый из этих методов имеет свои особенности, оптимальную толщину упрочненного слоя и различный уровень усиления эксплуатационных свойств стальных деталей.

Ионное легирование (ионная имплантация) также основано на бомбардировании поверхности детали пучками ионов высоких энергий (10–200 кэВ). С помощью ионной имплантации можно осуществить азотирование, борирование, оксидирование поверхностного слоя детали и его легирование различными металлами. При этом значительно возрастают коррозионная стойкость и износостойкость поверхностных слоев.

Методы лазерного легирования стальных деталей отличаются вводом легирующего элемента на их поверхность. Для этого на обрабатываемую поверхность предварительно наносят тонкое покрытие из модификатора (электролитическим осаждением или плазменным напылением) или осуществляют его имплантацию в поверхностный слой.

Эффективным средством расширения функциональных возможностей деталей, узлов и машин является применение покрытий различного назначения: износостойких, коррозионностойких, защитно-декоративных, специальных. Создание покрытий относится к поверхностной обработке деталей путем нанесения на их поверхность слоя (0,05–2 мм) другого материала с требуемыми свойствами. Такая обработка дает возможность получить сочетание свойств, присущих как материалу покрытия, так и материалу основы (детали), а также в широких пределах регулировать эксплуатационные характеристики поверхности.

Долговечность детали с покрытием, как правило, определяется долговечностью самого покрытия, которое, в свою очередь, зависит от прочности сцепления покрытия с основой. Длительность процесса нанесения зависит от размеров детали и составляет обычно несколько минут, что выгодно отличает эти методы от способов химико-термической и другой обработки. Минимальная толщина покрытия должна включать припуск на обработку после нанесения и допуск на предполагаемый износ.

Плазменное напыление обеспечивает покрытиям малую пористость и высокую прочность сцепления с основой. Оно позволяет наносить высококачественные покрытия из тугоплавких металлов, керамики и органических материалов, включая композиционные, что существенно расширяет диапазон эксплуатационных свойств поверхностных слоев детали.

Все более широкое применение находят покрытия из неорганических материалов, включая карбиды, оксиды, нитриды и фосфаты металлов. Их формируют на по-

верхности стальных изделий, как правило, для защиты от коррозии, снижения коэффициента трения, повышения жаро- и износостойкости. Толщина наносимого слоя зависит от назначения покрытий. Покрытия малой толщины (2–5 мкм) используют для защиты деталей от атмосферной коррозии; покрытия большой толщины (до 1–2 мм) – для повышения стойкости к жидким агрессивным средам.

Карбидные, нитридные и карбидонитридные покрытия наносят на стальные детали в основном ионно-плазменными методами. Высокую прочность и износостойкость имеют покрытия из оксида алюминия, сформированные на стальных деталях плазменными методами. При толщине 4–10 мкм, износостойкость покрытий из нитрида титана (на поверхности стали) в 2–5 раз превосходит аналогичную характеристику высоколегированных сталей. Для ответственных изделий нередко используют композиционные и многослойные покрытия из карбида, нитрида и карбонитрида титана, а также карбидов хрома и молибдена.

Кроме того, неорганические покрытия используют в виде твердых смазок для снижения коэффициента трения в узлах машин, где невозможно применить жидкие смазочные материалы (при повышенных температурах, высоких скоростях и т. д.) Материалами для твердосмазочных покрытий являются графит, дисульфид молибдена, дисульфид вольфрама, а также галогенные соединения металлов. Рабочие температуры твердосмазочных покрытий на воздухе достигают 400–500 °С при низком (около 0,1) и стабильном коэффициенте трения.

Таким образом, повышение долговечности и надежности машин, технологического оборудования и инструмента непосредственно связано с повышением износостойкости. Решение этой актуальной и практически необходимой задачи возможно только на базе глубоких, научно обоснованных решений. Рациональное конструирование узлов трения и деталей машин и оптимизация условий эксплуатации могут существенно продлить срок жизни и повысить эффективность машин, снизить вредные экологические воздействия при незначительном увеличении их стоимости.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Киселев В.В., Пучков П.В., Топоров А.В. Снижение износа трущихся деталей пожарных автомобилей за счет применения высокоэффективных металлосодержащих присадок к маслам. / Пожарная безопасность: проблемы и перспективы. 2014. Т. 1. № 1 (5). С. 363–368.
2. Зарубин В.П., Киселев В.В., Топоров А.В., Пучков П.В., Мельников А.А. Перспективы применения нанопорошков силикатов в смазочных материалах, используемых в пожарной технике. / Пожаровзрывобезопасность. 2013. Т. 22. № 5. С. 65–70.
3. Киселев В.В., 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.

УДК 608

К. С. Сучков, В. В. Киселев

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

ОЦЕНКА НАДЕЖНОСТИ ДЕРЕВЯННЫХ КОНСТРУКЦИЙ, НАХОДЯЩИХСЯ ПОД ДЕЙСТВИЕМ РАЗЛИЧНЫХ ВНЕШНИХ ФАКТОРОВ

Ключевые слова: древесина, конструкция, прочность, механическое повреждение, влажность.

Аннотация: Различные виды деревянных конструкций успешно применяются в современном строительстве. Из дерева возводятся покрытия, перекрытия, стены и перегородки зданий и многие инженерные сооружения, несущие на себе значительные нагрузки. Деревянные конструкции подвергаются различному внешнему воздействию: увлажнению, высушиванию, механическим повреждениям. В работе приведены результаты исследований прочностных свойств хвойных пород древесины в зависимости от различных внешних факторов.

K. S. Suchkov, V. V. Kiselev

ASSESSMENT OF RELIABILITY OF WOODEN STRUCTURES UNDER THE ACTION OF VARIOUS EXTERNAL FACTORS

Keywords: wood, construction, strength, mechanical damage, moisture.

Abstract: Various types of wooden structures are successfully used in modern construction. Coatings, ceilings, walls and partitions of buildings and many engineering structures bearing significant loads are built from wood. Wooden structures are exposed to various external influences: wetting, drying, mechanical damage. The paper presents the results of studies of the strength properties of coniferous wood depending on various external factors.

Как известно, возможность применения древесины для строительства зависит от ее свойств. В первую очередь, речь идет о сучковатости, средней ширине годичных колец, расположении волокон или смоляных ходов, которые в зависимости от назначения древесины допускаются в известных пределах. Возможны и такие качественные отклонения как трещины, поражения грибами или насекомыми, которые могут возникнуть как до валки леса, так и после нее.

Ценные строительные свойства древесины определяют области ее эффективно-го использования. Невысокая плотность сухой древесины, при сравнительно большой прочности и жесткости (вдоль волокон), делает целесообразным применение деревянных конструкций в покрытиях общественных, промышленных и сельскохозяйственных зданий. В них наиболее полно используются лучшие конструктивные свойства сухой древесины и возможности конструктивной защиты от гниения. Благодаря экологической чистоте древесина особенно привлекательна для строительства жилья, в частности коттеджного типа. Малая теплопроводность сухой древесины поперек волокон позволяет эффективно использовать ее в ограждающих частях отапливаемых зданий. Химической стойкостью сухой древесины обусловлено преимуще-

ственное применение безметалльных (особенно клееных) деревянных конструкций для покрытий химических цехов и складов.

Наиболее высокие требования предъявляются к качеству материала, используемого для растянутых элементов, менее высокие - к материалу, предназначенному для сжатых и изгибаемых элементов, пониженные требования - к материалу для ответственных элементов (настилов и обрешеток под кровлю), повреждение которых не нарушает целостности конструкции.

Для несущих конструкций используют в основном хвойные породы, в первую очередь - сосну и ель, затем лиственницу, пихту и кедр. Лиственные породы (осину, березу, ольху, липу и тополь) применяют лишь в конструкциях временных зданий и сооружений, а также для устройства опалубки, лесов и подмостей. Дубовая древесина обладает наибольшей прочностью и стойкостью к загниванию, однако она наиболее дефицитна и дорога. Поэтому ее применяют только в соединительных деталях.

В данной работе приведены результаты экспериментальных исследований с деревянными деталями с моделированием различных ситуаций. В качестве объекта исследования были выбраны деревянные кубики с размерами сторон 50 мм. Материал кубиков – сосна и дуб.

Испытание деревянных образцов на прочность производили на гидравлическом прессе ПСУ-10. Деревянный образец помещали под пресс и нагружали до разрушения. По полученным значениям предельных нагрузок определяли предельное напряжение образцов на сжатие.

Для моделирования различных ситуаций, которые могут возникать в реальных условиях, деревянные образцы подвергались механическим воздействиям, в них были просверлены отверстия вдоль и поперек волокон, а также образцы подвергались нагреву и увлажнению (рис. 1).



Рис. 1. Подготовка образцов к испытаниям

Два образца приняли за эталонные. Это образец из сосны и образец из дуба. В них отсутствовали различные механические повреждения. Другие два образца подвергались механическим воздействиям, в них были просверлены по отверстия. Третья пара образцов подвергалась воздействию воды в течение 100 часов. Четвертая пара образцов нагревалась в муфельной печи при температуре 150 °С, пятая пара – при температуре 250 °С. Таким образом,

при проведении испытаний на прочность деревянных образцов мы постарались учесть различные ситуации, которые могут возникать при эксплуатации деревянных конструкций – нагреву, увлажнению вследствие осадков, наличию различных механических повреждений.

Подготовленные образцы устанавливались на нижнюю опорную плиту, после чего фиксировались верхней плитой. Значение нагрузки, прикладываемое к испытуемым образцам, повышалось медленно до наступления предельного состояния, характеризующего треском древесины и началом движения стрелки динамометра к нулю. Для каждого образца определялись значения предельных напряжений на сжатие и изучались характер их разрушений. Значения полученных результатов испытаний представлены в таблице.

Таблица Результаты испытаний

Номер образца	Порода древесины	Вид внешнего воздействия	Предельная нагрузка до разрушения, Н	Предельная прочность, МПа	Снижение прочности, %
1	Сосна	Эталон (без воздействия)	35000	14	-
2	Дуб	Эталон (без воздействия)	48000	19,2	-
3	Сосна	Сверление отверстия	32000	12,8	9
4	Дуб	Сверление отверстия	41000	16,4	15
5	Сосна	Вымачивание	8000	3,2	78
6	Дуб	Вымачивание	12000	4,8	75
7	Сосна	Нагрев до 150 °С	24000	9,6	32
8	Дуб	Нагрев до 150 °С	29000	11,6	43
9	Сосна	Нагрев до 250 °С	15000	6	58
10	Дуб	Нагрев до 250 °С	21000	8,4	57

Анализ полученных результатов позволяет сделать следующие выводы:

1) Наличие в деревянных конструкциях незначительных повреждений в виде отверстий, пропилов, проколов, прорезов не приводят к резкому снижению прочности.

2) Эксплуатация деревянных конструкций в условиях повышенной влажности в конечном итоге приведет к существенной потере прочности.

3) Прочность деревянных конструкций заметно снижается в условиях длительной эксплуатации при повышенных и высоких температурах. Полученные данные свидетельствуют о том, что дерево, как строительный материал значительно теряет прочность при воздействии различных внешних факторов, поэтому для обеспечения безопасности эксплуатации деревянных строительных конструкций следует обращать особое внимание на их защиту от внешних воздействий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пучков П.В., Киселев В.В., Топоров А.В. Разрушение строительных металлоконструкций в условиях пожара. / Научные и образовательные проблемы гражданской защиты. – 2010. – № 3. – С. 29-32.

2. Архангельский К.Н., Порядочнова К.А., Молоткова Ю.А., Киселев В.В. Оценка влияния повышенных температур на прочность металлоконструкций. /

В сборнике: Пожарная и аварийная безопасность. / Сборник материалов XI Международной научно-практической конференции, посвященной Году пожарной охраны. – 2016. – С. 208-210.

3. Архангельский К.Н., Киселев В.В. Актуальность разработки огнестойких покрытий для защиты металлоконструкций от пожаров. / В сборнике: Современные пожаробезопасные материалы и технологии. / Сборник материалов Международной научно-практической конференции, посвященной Году гражданской обороны. – 2017. – С. 177-181.

4. Ермакова К.Н., Киселёв В.В. Влияние внешних факторов на прочностные характеристики древесины. / В книге: ЭНЕРГИЯ-2018. – Тринадцатая международная научно-техническая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых: Материалы конференции. В 6-ти томах. – 2018. – С. 113.

УДК 621.3.019.3 + 681.518

Е. П. Сычев, Н. А. Кропотова

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

МЕТОДИКА ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ ДЕТАЛЕЙ МАШИН

Ключевые слова: теория надежности, компьютерное моделирование, повышение надежности детали, анализ отказов.

Аннотация: в данной статье рассматривает надежность как основной критерий механической системы. Автором приводится методика повышения надежности через компьютерный эксперимент, который включает этапы эксперимента и этапы определения надежности.

E. P. Sichev, N. A. Kropotova

METHODS FOR IMPROVING THE RELIABILITY OF MACHINE PARTS

Keywords: reliability theory, computer modeling, part reliability improvement, failure analysis.

Abstract: This article considers reliability as the main criterion of a mechanical system. The author provides a method for improving reliability through a computer experiment, which includes the stages of the experiment and the stages of determining reliability.

Анализ надежности играет все более важную роль в практических инженерных задачах. Однако большинство инженерных задач представляют собой сложные неявные нелинейные задачи. Поэтому анализ надежности этих задач является трудоемким процессом, а иногда и неприемлемым или невозможным. Обратим внимание на то, что применение вспомогательных инструментов в крупномасштабных проектах является более обширным, поскольку трудно или невозможно получить явную функцию производительности систем, включающих неявные функции производительности. Поэтому, исследование вопросов использования вспомогательных инструментов для эффективного расчета надежности является на сегодня актуальной задачей в решении практических инженерных задач.

В данной статье рассматривается надежность как основной критерий в инженерных машинах и механических системах. Существенное влияние на показатели надежности оказывают финишные и упрочняющие процедуры в технологическом процессе. Например, установлено, что вибрационные технологии, применяемые в отделке и упрочнении выпускаемых изделий, позволяют улучшить эксплуатационные качества деталей машин [1].

Казалось бы, совсем невозможно предугадать поведение различных деталей для предотвращения возникновения его отказа. Вероятность определения существует с помощью компьютерного моделирования и имеющимся прочностным расчетом как вспомогательным инструментом для проектируемого механизма. Весьма вероятно, что данное суждение способствует формированию прогностическо-аналитического поведения механизма в условиях эксплуатации, который будет полезен для прогнозирования отказа оборудования [2]. Выделим этапы определения надежности механизма:

- анализ режимов отказов;
- моделирование детали / механизма с заданными параметрами и расчет на прочность;
- оптимизация и проверка на опытном образце.

Анализ режимов отказов – это этап выработки необходимых свойств, которым будет обладать деталь / механизм. Все возможные режимы отказа различных частей системы будут проанализированы по следующим критериям:

- функции объекта;
- функциональные особенности материала;
- причины и виды отказов,
- последствия отказов, или сбоев работы всей системы / механизма;
- механизмы отказа;
- методы снижения отказов детали / механизма - профилактические и прогностические задачи;
- превентивные мероприятия, заложенные в техническом обслуживании.

Рассмотрим более подробно. Существует пять значимых этапов, при планировании любого эксперимента, рис. 1.



Рис. 1. Планирование эксперимента

Методология анализа включает:

- уровень структурирования: подбор базы данных предельных функций состояния и изменению состояния механизмов под действием заданной нагрузки;
- систематизация: разработка и моделирование причинно-следственных эффектов, которые помогают восполнить работоспособность предлагаемой модели;
- использование тестовых данных для определения вероятности эксплуатационных характеристик.

Рассмотрим, например вал: износ поверхности вала, наличие задиров, усталостный износ, коррозия и ухудшение эксплуатационных характеристик, т.д. Физический процесс отказа моделируется с помощью функции предельного состояния, которая зависит от физических параметров вала: тип материала, прочность материала, твердость материала, надежность, обработка, и т.д. Таким образом, мы получаем зависимость изменения нагрузки от растущего сопротивления детали, рис. 2.

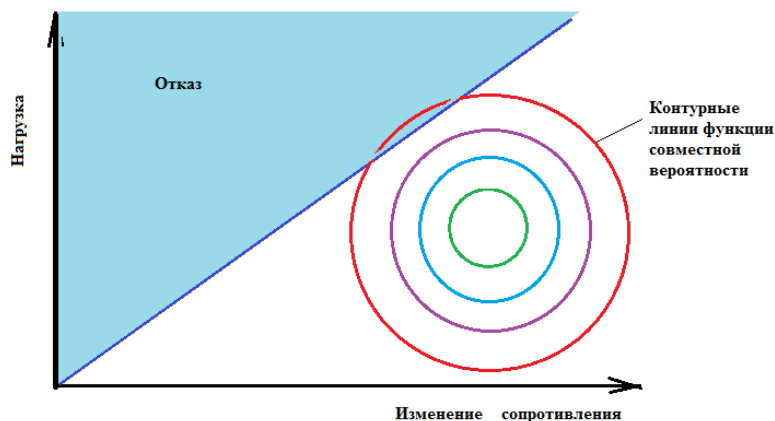


Рис. 2. Отказ определяется предельным сопротивлением детали / механизма

Как правило, основной нагрузке может быть подвержена одна деталь, которую необходимо модернизировать для того чтобы задать более высокий уровень надежности всего механизма. Для этого может быть использован компьютерный эксперимент, результаты которого могут быть представлены в виде диаграммы, рис. 2.

Данный метод позволяет выявить процесс разрушения, который непосредственно определяется механическими показателями детали / механизма, которые сосредоточены на режиме отказа, надежность структуры исходя их структурного анализа. Далее возможно выполнить подбор наиболее вероятных моделей, способных преодолеть отказ при малых нагрузках, увеличив эксплуатационные свойства детали, мы имеем экономический эффект всего механизма. Таки образом, в данной работе применим метод структурной надежности к механическим деталям/ механизмам.

Рассмотрим на примере отказа работы опор валов как разрушение подшипников, рис. 3, причины приведены в таблице.



Рис. 3. Разрушение шарикового подшипника: а – разрушение тел, б - разрушение наружного кольца

Таблица **Причины отказа и их характеристика**

Причины отказа	Механизмы отказа
Износ	Недостаточно смазки
Усталостный износ	Коррозионное растрескивание под напряжением. Рост усталостной трещины.
Разрушение	Рост усталостной трещины вплоть до выкрашивания, разрушения.

Для учета неопределенных функций вводится модельная переменная неопределенности. Следовательно, отказ происходит при перекрывании статистических данных по нагрузке и механического сопротивления детали, рис. 4.

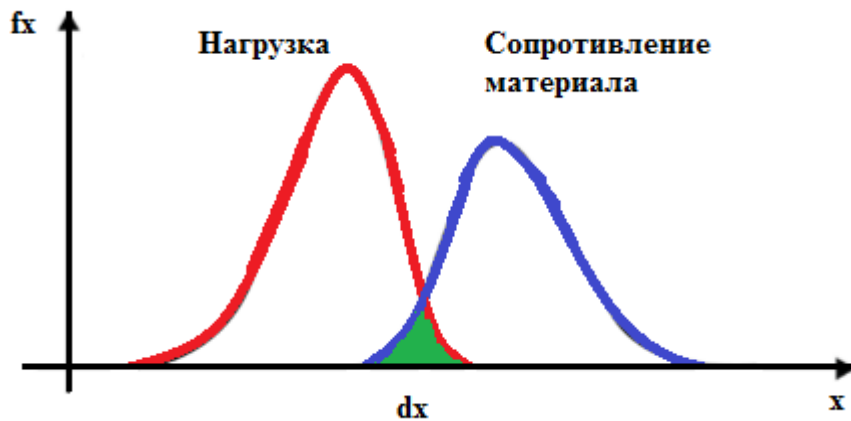


Рис. 4. Статистическая интерференция надежности

Помощь в выборе конструктивных альтернатив с высокой надежностью, позволяет убедиться в том, что рассмотрены все режимы отказов систем и технологических процессов, определены режимы и исключены ошибки оператора / человека, обеспечены основы для тестирования и технических параметров систем, приведено усовершенствование конструкции детали / механизма, обеспечена качественная или количественная оценка при эксплуатации на основе анализа отказов [3].

Ценность определения надежности и методика ее повышения заключается в эффективном решении относительно этапа проектирования детали / механизма или технического обслуживания. Выполнение компьютерного эксперимента позволяет выявить понимание возможных режимов отказа, которые должны быть рассмотрены при проектировании или техническом обслуживании всего механизма.

Моделирование надежности - это ориентированное на успех комплексный чертежный инструмент и расчетное средство, используемое для моделирования конкретных функций сложных систем с использованием ряда изображений (блоков) [4]. При использовании для моделирования сложной системы каждый компонент в системе представлен блоком, а связи между блоками используются для указания на то, что каждый компонент правильно выполняет свою целевую функцию. Если соединение существует между двумя конечными точками диаграммы, то это означает, что система выполняет свою целевую функцию или что какой-то определенный режим отказа не происходит.

Результаты оценки надежности деталей и механизмов является важным этапом в реализации надежного технологического оборудования и механизмов. Для оценки и повышения надежности используется:

- компьютерное моделирование и эксперимент;
- существует возможность оптимизации и упрочнения заданных свойств детали и механизма в целом;
- причинные эффекты отказа могут быть выявлены путем идентификации физических факторов и их влияние на механические свойства материала для выявления события отказа;
- снижение трудовых затрат на решении структурной надежности и поиск аналитического решения;
- возможность совершенствования базы данных, в связи с новыми открытиями материалов и их смазки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Асмоловский А.Н., Браун Б. Надежность механических систем и деталей. ТН 3.2. Механическая надежность. Approach – Case Study Application, Technical Note, Rev. 1, 2016.
Асмоловский, Н. И Браун, Б.: надежность механических систем и деталей – ТН-3.2 Механическая надежность Approach h-Case Study Application, Technical Note, Rev. 1, 2016.
2. Bourinet J.-M., Deheeger F., Lemaire M. Оценка малых вероятностей отказа с помощью комбинированного моделирования подмножеств и машин опорных векторов // Структурная безопасность. Vol. 33, No. 6, PP. 343-353, 2011.
3. Иванов В.Е., Легкова И.А., Зарубин В.П., Кропотова Н.А. Использование программы ArchiCad при моделировании чрезвычайных ситуаций на потенциально опасных объектах // В сборнике: Актуальные проблемы пожарной безопасности материалы XXVIII международной научно-практической конференции: в 2 частях. 2016. - С. 417-421.
4. Юрченко Р.А., Топоров А.В., Иванов В.Е., Кропотова Н.А. Разработка решений авиационного и наземного беспилотного мониторинга в целях предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций // Пожарная и аварийная безопасность. Иваново: ИПСА ГПС МЧС России, 2018. - № 2 (9). - С. 121-132.

УДК 620

А. В. Топоров

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

АНАЛИЗ СТАТИСТИКИ ОТКАЗОВ УПЛОТНИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ ПОЖАРНЫХ НАСОСОВ

Ключевые слова: пожарная техника, уплотнение, отказ.

Аннотация: Рассмотрены основные неисправности пожарных насосов и причины по которым они возникают. Отмечены причины, по которым для повышения долговечности и надежности пожарных насосов применение традиционных уплотнительных устройств ограничено.

А. V. Toporov

DEVELOPMENT OF SAFETY MEASURES WHEN WORKING WITH A PNEUMO- HYDRAULIC DRIVE OF A HYDRAULIC SAFETY INSTRUMENT

Keywords: fire fighting equipment, seal, failure.

Abstract: The main failures of fire pumps and the reasons why they occur are considered. There are reasons why the use of traditional sealing devices is limited to improve the durability and reliability of fire pumps.

В пожарной технике применяется целый ряд традиционных уплотнительных устройств. Однако, как отмечалось выше, они не всегда обеспечивают необходимые рабочие характеристики.

В качестве примера проведен анализ неисправностей насосного оборудования одной из пожарно-спасательных частей за десятилетний период (таблица 1). Как видим из таблицы, статистические показатели неисправностей уплотнений среди всего числа отказов насосного оборудования для отдельных уплотнительных узлов достигают 40%. Причем значительный процент отказов (до 30%) приходится на манжетные уплотнения, а причиной выхода их из строя является износ рабочей кромки, изготовленной из эластомерного материала. Как показывают исследования [1, 2, 3] использование в качестве смазки магнитной жидкости, удерживаемой в зоне трения магнитным полем позволяет решить эту проблему.

Таким образом, приведенные данные говорят об актуальности научно-исследовательского поиска современных инновационных уплотняющих устройств и их использования для замены традиционных уплотнений с целью повышения долговечности и работоспособности пожарной техники.

Поскольку в пожарной технике используется широкая номенклатура уплотнений, представляет интерес ее анализ и выявление основных типов применяемых герметизаторов.

Анализ типов уплотнений проводился на примере пожарных насосов. Для анализа конструкций уплотнительных устройств использовалась документация, поставляемая в комплекте с оборудованием. Анализировались конструкции шести насосов: центробежный пожарный насос ПН-40УВ и его вакуумная модификация ПН-40УВ.01, насосы центробежные пожарные ПН-40УВ.01, ПН-40УВ.02 (ПН-60), НЦПН- 40/100.

Таблица 1 Неисправности насосных установок

Наименование типа насоса	Признак неисправности	Причина неисправности	Показатели неисправности, %
ПН	Пожарный насос сначала подает воду, затем его производительность уменьшается. Стрелка манометра сильно колеблется	Неплотности в сальниках пожарного насоса	5
	При включении вакуумной системы в полости пожарного насоса не создается разрежение	Неплотности соединений сальников насоса	3
ПЦН	Из дренажного отделения насоса струйкой течет вода	Нарушение герметичности концевой уплотнения вала	30
	Не поворачивается рукоятка дозатора	Появление на поверхностях трения кристаллических отложений и продуктов коррозии	10
	Большой расход масла в масляной ванне подшипников вала	Износ манжет	30
ПЦНВ-4/400	Из дренажного отделения насоса струйкой течет вода	Нарушение герметичности концевой уплотнения вала	40
	Пожарный насос не создает необходимого напора	Износ уплотнительных колец	15

Используемые в насосном оборудовании уплотнения возможно разделить по выполняемым функциям на две основных категории: 1) уплотнения рабочей среды, 2) уплотнения защищающие опорно-подшипниковые узлы.

Анализ показал, что в качестве уплотнений рабочей среды в рассмотренных агрегатах используются торцовые уплотнения. Применение торцовых уплотнений обусловлено высоким удерживаемым перепадом давлений (до 6 МПа) и наличием в перекачиваемой воде загрязнений.

Для защиты подшипников преимущественно применяются манжеты. Такие уплотнения могут быть заменены на КМЖУ. В результате модернизации можно значительно снизить количество отказов пожарных насосов за счет повышения надежности уплотнительных узлов.

Другая проблема выхода из строя пожарной техники связана с эксплуатацией базовых шасси пожарных автомобилей. Выход из строя уплотнительных устройств, применяемых в двигателях, трансмиссиях и прочих узлах автомобилей сокращают срок службы и делают невозможным их дальнейшую эксплуатацию без проведения ремонтных мероприятий. Например, неисправности карданной передачи обычно проявляются в виде резких стуков в карданах, возникающих при движении пожарного автомобиля или автомобиля специального назначения в момент перехода с одной передачи на другую и резком увеличении числа оборотов коленчатого вала двигателя (например, при переходе от торможения двигателем к разгону) [4]. Несмотря на имеющийся ряд причин выхода из строя трансмиссий автомобилей, причиной утечки масла из сальников карданных подшипников является износ пробковых колец сальников карданных подшипников (12 %), течь заднего моста – износ сальников хвостовика (13%) [5].

Учитывая приведенные данные, следует отметить, что широкое применение магнитожидкостных уплотнений в пожарной технике ограничено низким рабочим перепадом давлений, при котором допускается их эксплуатация с интенсивным вымыванием магнитной жидкости из рабочего зазора при герметизации жидких сред.

Таким образом, решить проблему повышения долговечности пожарной техники возможно лишь за счет использования комбинированных магнитожидкостных уплотнений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Топоров, А.В. Разработка комбинированных магнитожидкостных уплотнений и исследование их трибологических характеристик: диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. – Иваново: ИГСХУ, 2000. – 173 с.
2. Borcea, L. On the magnetoelastic properties of elastomer – ferromagnet composites / L. Borcea, O. Bruno. // *Journal of the Mechanics and Physics of Solids*. 49 (2001): 2877 – 2919.
3. Von Lockette, P., et al. Investigating new symmetry classes in magnetorheological elastomers: I. Cantilever bending behavior / P. Von Lockette, et al. // *Smart Mater. Struct.* (2011): 505 – 516.
4. Окулов, Н. Неисправности причин для ремонта карданного вала. –URL: <https://etlib.ru/blog/695-neispravnosti-i-prichiny-dlya-remonta-kardannogo-vala> (доступ свободный, дата обращения: 22.08.2019).
5. Батырев, Е.С. Неисправности карданных валов и способы их устранения / Е.С. Батырев. // *Научное сообщество студентов XXI столетия. Технические науки: сб. ст. по мат.*

XLI междунар. студ. науч.-практ. конф. – Москва : Научное сообщество, 1988. – № 4(40). – С. 265 – 278.

УДК 621

Г. С. Шумнов, В. Е. Иванов

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

АНАЛИЗ КОНСТРУКЦИЙ РАДИАТОРОВ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ПОЖАРНЫХ АВТОМОБИЛЯХ

Ключевые слова: деталь, ремонт, радиатор, надежность, прочность.

Аннотация: В работе проведен анализ конструкций радиаторов, используемых в пожарных автомобилях. Проведенный обзор позволил выявить достоинства и недостатки различных конструкций радиаторов, которые будут учтены при разработке способа ремонта радиаторов пожарных автомобилей.

G. S. Shumnov, V. E. Ivanov

ANALYSIS OF RADIATOR DESIGNS USED IN FIRE TRUCKS

Keywords: part, repair, radiator, reliability, strength.

Abstract: The paper analyzes the design of radiators used in fire trucks. The review revealed the advantages and disadvantages of various radiator designs, which will be taken into account when developing a method for repairing fire truck radiators.

Как известно качественное, своевременное техническое обслуживание является основным элементом эксплуатации пожарной техники которое обеспечивает быстрое реагирование и постоянную готовность техники; надежную работу пожарной техники в течение установленных межремонтных ресурсов и сроков их службы до ремонта и списания; минимальный расход смазочных, горючего и других эксплуатационных материалов. В пожарных автомобилях, которые эксплуатируются в подразделениях пожарной охраны, одним из наиболее важных элементов обеспечивающих тепловой режим двигателей внутреннего сгорания (ДВС) являются радиаторы охлаждения. Конструкции радиаторов различаются по расположению баков, виду материала, применяемого при его изготовлении, форме и расположению трубок сердцевины.

Радиатор содержит два бачка, которые могут быть расположены по бокам (рисунок 1) или сверху и снизу (рисунок 2). Сердцевины радиатора подразделяются на латунные и алюминиевые. Радиаторы с сердцевиной из алюминиевых сплавов могут быть сборными и сварными. Баки соединены между собой большим количеством трубок. Трубки могут быть круглого или овального сечения, которые расположены в шахматном или последовательном порядке. Для интенсификации теплопередачи и увеличения жесткости сердцевины радиатора трубки пропускают через большое количество тонких пластин. Такие радиаторы называются трубчато-пластинчатые (ри-

сунок 1). Между трубками радиатора может быть уложена в виде гармошки тонкая лента, при этом радиаторы называют трубчато-ленточные. Для повышения теплопроводности и жесткости радиатора ленту и пластины припаивают к трубкам. При изготовлении трубчато-пластинчатых радиаторов охлаждения некоторых двигателей из алюминиевых сплавов не применяется пайка пластин к трубкам. В этом случае крепление осуществляется сваркой в среде аргона.



Рис. 1. Трубчато-пластинчатый радиатор с боковым расположением баков



Рис. 2. Трубчато-ленточный радиатор с верхним и нижним расположением баков

Трубчато – ленточные радиаторы имеют высокую механическую прочность сердцевины, поэтому применяются автомобилях КАМАЗ, УРАЛ. Так, например, на АЦ-5.5-40(5557) и АЦ-6,0-40(43118) стоит трубчато-ленточный радиатор, сердцевина которого состоит из трех секций, соединенных между собой лентами. Каждая секция состоит из плоскоовальных цельнотянутых латунных трубок, расположенных вертикально в три ряда в шахматном порядке. На трубки опаяны медные ленты, сложенные гармошкой. Верхние и нижние баки соединены с сердцевиной с помощью пайки аргоном. Каждая боковина радиатора имеет два кронштейна. Нижние кронштейны служат для установки радиатора на раме АЦ, верхние — для фиксации вертикального положения.

На автомобилях КАМАЗ так же устанавливают трубчато-ленточные трехрядные или четырехрядные радиаторы с трубками овального сечения и с верхним и нижним расположением бачков. В легковых автомобилях применяются как трубчато-ленточные, так и трубчато-пластинчатые радиаторы.

Наиболее пригодными материалами для изготовления радиаторов являются алюминий и медь (таблица). Для изготовления радиаторов применяют прокат из медных сплавов, который имеет малую толщину, в результате чего достигается рациональная конструкция не только поверхностей охлаждения, но и радиатора в целом. Все же алюминиевые сплавы имеют ряд преимуществ перед медными: небольшую массу конструкции; высокие анти-коррозионные свойства материала; лучший контакт между трубками и ребрами; низкую стоимость.

Таблица Тип конструкции и марки материалов радиаторов ДВС

Марка автомобиля,	Марка двигателя	Мощность двигателя, КВт	Тип поверхности охлаждения радиатора	Материал трубки	Материал пластины (ленты)	Материал бачков
КамАЗ-4310	740.10-20	154,4	Трубчато-ленточная	Латунь	Медь	Латунь
КАМАЗ 43118	740.30-260	180	Трубчато-ленточная	Латунь	Латунь	Латунь
КАМАЗ 43253	Cummins 6 ISBe 210	155	Трубчато-ленточная	Латунь	Латунь	Латунь
УРАЛ 5557	ЯМЗ-236HE2	220,6	Трубчато-ленточная	Латунь	Медь	Латунь
Урал- 43202	ЯМЗ-236HE2	185	Трубчато-пластинчатая	Латунь	Латунь	Латунь
ЗИЛ-131	ЗИЛ-131	110,2	Трубчато-ленточная	Латунь	Медь	Латунь
УРАЛ-43206	ЯМЗ-236HE2	185	Трубчато-ленточная	Латунь	Латунь	Латунь
ЗИЛ-130	130	110	Трубчато-ленточная	Медь	Медь	Латунь

Радиаторы также изготавливают с трубками круглого и овального сечения (рисунок 3), а в сварных алюминиевых радиаторах для обеспечения контакта оребрения и трубок применяют сварку в среде аргона.

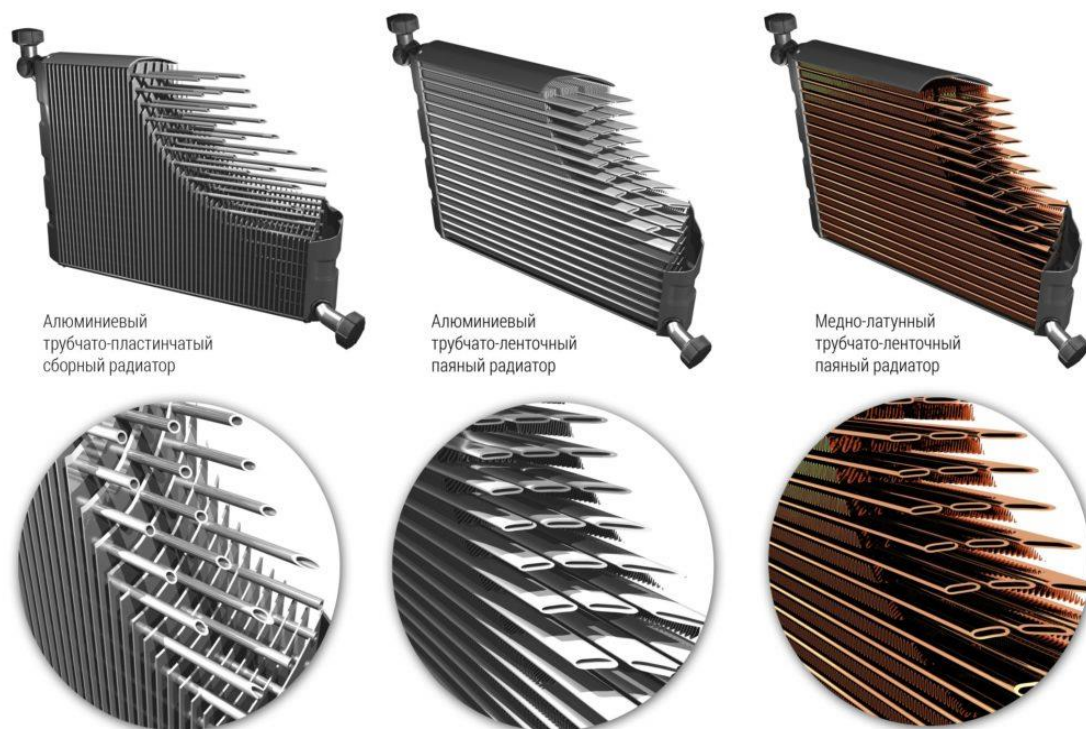


Рис. 3. Различные виды радиаторов

Проведенный анализ конструкций радиаторов показал, что, несмотря на то, что радиаторы выполняют одинаковые функции и работают практически в одинаковых условиях, но конструкция их различна, что затрудняет разработку единой технологии их ремонта.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Иванов В.Е., Шумнов Г.С., Щукин А.А., Скачко А.А. Восстановление деталей пожарных автомобилей клеевыми составами / В.Е. Иванов, Г.С. Шумнов, А.А. Щукин, А.А. Скачко // Надежность и долговечность машин и механизмов: сборник IX Всероссийской научно-практической конференции. Иваново. 2018. С 277-279.
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., Гаджаев Н.Н., Скачко А.А. Восстановление работоспособности системы охлаждения пожарного автомобиля формообразующими клеевыми составами / В.Е. Иванов, Н.Н. Гаджаев, А.А. Скачко // Пожарная и аварийная безопасность: сборник материалов XIII Международной научно-практической конференции, посвященной Году культуры безопасности. Часть I. - Иваново: ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2018. С. 335.
4. Иванов В.Е. Скачко А.А. К вопросу о ремонте системы охлаждения двигателя внутреннего сгорания пожарных автомобилей / В.Е. Иванов, А.А. Скачко // Пожарная безопасность и защита в ЧС: сборник материалов XII Итоговой научно-практической конференции курсантов, слушателей и студентов, посвященной Году культуры безопасности. Иваново. ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2018. С 536-539.

АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ РАСЧЕТА И КОНСТРУИРОВАНИЯ МАШИН И МЕХАНИЗМОВ. МОДЕЛИРОВАНИЕ, УПРАВЛЕНИЕ, АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ МЕХАНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

УДК 004.031.42

Т. Н. Антошина

ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

МОДЕЛИРОВАНИЕ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ 3-Х МЕРНЫХ МОДЕЛЕЙ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ПРИМЕНЯЕМЫХ В ИНТЕРАКТИВНЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ ПРИ ЛИКВИДАЦИИ ЧС НА ПОТЕНЦИАЛЬНО ОПАСНЫХ ОБЪЕКТАХ

Ключевые слова: информационные системы, моделирование, проектирование, ликвидации ЧС, системный подход, потенциально опасные объекты, 3-х мерные модели.

Аннотация: В статье рассматривается моделирование и проектирование 3-х мерных моделей окружающей среды применяемых в интерактивных информационных системах при ликвидации ЧС на потенциально опасных объектах. В статье даны основные определения: Трехмерное моделирование (3D), Трехмерный пользовательский интерфейс. Рассмотрены основные принципы проектирования интерфейсов систем трехмерной модели окружающей среды.

T. N. Antoshina

MODELING AND DESIGNING OF 3-DIMENSIONAL ENVIRONMENTAL MODELS USED IN INTERACTIVE INFORMATION SYSTEMS IN ELIMINATION OF EMERGENCIES AT POTENTIALLY HAZARDOUS OBJECTS

Keywords: information systems, modeling, designing, emergency response, system approach, potentially dangerous objects, 3-dimensional models.

Abstract: The article discusses the modeling and design of 3-dimensional environmental models used in interactive information systems for emergency response at potentially hazardous facilities. The basic definitions are given in the article: Three-dimensional modeling (3D), Three-dimensional user interface. The basic principles of designing interfaces of systems of a three-dimensional environmental model are considered.

Вопросы моделирования, проектирования и применения 3-D мерных моделей окружающей среды при ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций на потенциально опасных объектах очень актуальны в наше время.

В России эксплуатируются тысячи потенциально опасных объектов с большим количеством радиоактивных, взрывчатых и отравляющих веществ. Чрезвычайные си-

туации на таких объектах могут привести не только к гибели людей, животных растений, но и нанести невосполнимый ущерб всей окружающей среде.

«Аварии на взрывопожароопасных объектах представляют особую опасность для личного состава подразделений, принимающих участие в действиях по ликвидации чрезвычайных ситуаций и проведению аварийно-спасательных и других неотложных работ. При выполнении работ по поиску и спасанию людей, личный состав подразделений, может быть, подвергнут таким опасным воздействиям как:

1) взаимодействие с аварийными химически опасными веществами (АХОВ) и отравляющими веществами;

2) радиоактивное облучение личного состава при работе в зоне чрезвычайной ситуации, а также при образовании первичного и вторичного облака АХОВ;

3) взрывы взрывопожароопасных веществ, газовых и пылевых смесей. С ростом научно-технического прогресса область ликвидации чрезвычайных ситуаций на потенциально опасных объектах не могла остаться в стороне» [1].

Принимая во внимание выше сказанное, при моделировании и проектировании 3D моделей окружающей среды применяемых в интерактивных информационных системах при ликвидации ЧС на потенциально опасных объектах нужно подойти не только к вопросам оценки рисков при возникновении и предотвращении ЧС, но и изменению всей структуры моделирования и прежде всего интерфейса системы.

«В таких технологиях совершенно новой, скрытой ранее потенциальной возможностью, становится визуальное совмещение 3D среды и реального физического пространства. В принципе, все технологии во многом сходны друг с другом с точки зрения общего системного подхода к совмещению и отображению компонентов виртуального и реального мира, но отличаются областями применения и особенностями реализации» [2].

«Интенсивный рост развития вычислительной техники, усовершенствование интерфейсов, средств трёхмерной графики, систем позиционирования привели к совершенно новому течению, которое начали называть «Трёхмерное моделирование». Определение «Трёхмерное моделирование» носит множеством терминов, например, дополненная, расширенная, смешанная, X- реальность, композиционная и т.п.» [3].

«Трёхмерное моделирование (3D) – это прототип окружающей среды, создаваемая компьютерными средствами и реалистично реагирующая на взаимодействие с пользователем» [4].

Основой развития систем трёхмерной модели окружающей среды – инновационные программно-аппаратные средства и методы, которые обеспечивают высококачественную трёхмерную визуализацию и анимацию. При тщательном рассмотрении технологий трёхмерной модели окружающей среды можно сказать, что она представляет собой проектирование совершенно нового типа интерфейса, который полностью меняет способы взаимодействия и реализации человека с компьютером.

Основные принципы проектирования интерфейсов систем трёхмерной модели окружающей среды:

1. «Изогнутый» интерфейс. Такой интерфейс, который обращен к пользователю.
2. Меньше контента.
3. Окружение.

Трёхмерный пользовательский интерфейс - это интерфейс, который включает в себя трёхмерное взаимодействие человека с компьютером, при котором задачи пользователя выполняются непосредственно в трёхмерном пространственном контексте.

Одним из ключевых слов в этом определении является «непосредственно». Существуют некоторые интерактивные компьютерные системы, которые отображают виртуальное трехмерное пространство, но пользователь только косвенно взаимодействует с этим пространством - например, манипулируя 2D-виджетами, вводом координат или выбором элементов из меню. Это не 3D-интерфейсы.

Ключевым технологическим фактором, обеспечивающим 3D-интерфейсы является пространственное отслеживание. Система должна отслеживать положение пользователя, ориентацию и/или движение, чтобы можно было этот ввод использовать для трехмерного взаимодействия. Этот отслеживаемый пространственный ввод можно использовать для пиктограмм жестов, прямого наведения на пункты меню, управления, задания трехмерных фигур и многих других целей. Трехмерные пользовательские интерфейсы, основанные на пространственном вводе, могут быть найдены в различных условиях: приложения для моделирования, системы виртуальной и дополненной реальности, настройки визуализации большого экрана и художественные инсталляции, и это лишь некоторые из них.

Таким образом, использования трехмерных интерфейсов в моделировании и проектировании 3-х мерных моделей окружающей среды применяемых в интерактивных информационных системах при ликвидации ЧС на потенциально опасных объектах, необходимо базовое понимание пространственного отслеживания, которая определяет положение, ориентацию, линейную или угловую скорость и/или линейное или угловое ускорение одного или нескольких объектов.

Основным недостатком трехмерных интерфейсов, основанных на системах пространственного отслеживания, является сложность обеспечения точного трехмерного пространственного ввода по следующим причинам:

1. 3D взаимодействие осуществляется в виртуальном мире (в воздухе), а не на поверхности. Там нет трения или физической поддержки, чтобы сделать движения более контролируемыми и точными.
2. У людей наблюдается естественный тремор рук, который вызывает резкие движения в воздухе.
3. Интерфейсы, основанные на трехмерном наведении с использованием приведения лучей (то есть метафоры лазерного указателя), усиливают этот тремор рук, так что он ухудшается по мере продвижения вдоль луча.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гулева Т.В., Чистяков И.М., Степанова А.А. Применение роботехники при ликвидации ЧС на потенциально опасных объектах // Сборник материалов III Международной научно-практической конференции, посвященной 370-й годовщине образования пожарной охраны России. – Иваново: ФГБОУ ВО «Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России», 2019. – С. 327-331.
2. Антошина Т.Н., Луговой А.А., Попивчак И.И. Особенности использования интерактивных информационных систем, ориентированных на человеко-машинное взаимодействие // Журнал «Вестник Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России». - СПб: СПбУ ГПС МЧС России, 2019. - № 1. – С. 83-87.
3. Четвергова М.В. Автоматизация проектирования компонентов расширенной реальности // дисс.канд. техн. наук : 05.13.12. – Пенза., 2013. – 187 с.

4. Антошина Т.Н., Глузгал А.Е. Современные подходы к проектированию и внедрению компьютерных технологий обучения в Санкт-Петербургском университете МЧС России // Научно-аналитический журнал «Проблемы управления рисками в техносфере». - СПб: СПбУ ГПС МЧС России, 2016. - № 1. – С. 87-92.

УДК 630.847

Д. А. Баранов, А. А. Покровский

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

РАЗРАБОТКА СТЕНДА ДЛЯ РЕМОНТА ДВИГАТЕЛЕЙ ПОЖАРНЫХ АВТОМОБИЛЕЙ

Ключевые слова: ремонт, двигатель, техническое обслуживание.

Аннотация: представлена разработанная трехмерная модель стенда для технического обслуживания и ремонта двигателей пожарных автомобилей. Показаны основные достоинства конструкции по сравнению с аналогичными устройствами.

D. A. Baranov, A. A. Pokrovsky

DEVELOPMENT OF A STAND FOR REPAIR OF FIRE VEHICLE ENGINES

Keywords: repair, engine, maintenance.

Abstract: The developed three-dimensional model of the stand for maintenance and repair of fire engine engines is presented. The main advantages of the design in comparison with similar devices are shown.

Пожарные автомобили создаются на базе грузовых автомобилей серийного производства и на них используются серийно выпускаемые двигатели. На пожарных автомобилях применяются четырехтактные карбюраторные или дизельные двигатели. От их исправности и развиваемой ими мощности зависит оперативная подвижность пожарного автомобиля и интенсивность подачи огнетушащих веществ. Поэтому успешность тушения пожаров во многом зависит от работоспособности двигателя.

Режимы эксплуатации двигателей пожарных автомобилей характеризуются рядом особенностей, которые отличаются от режимов работы двигателей других транспортных средств.

В пожарно-спасательных частях автомобили содержатся при температуре окружающей среды в помещении. При вызове на пожар вначале движения эксплуатируются в режиме прогрева. Второй особенностью эксплуатации двигателей является продолжительный отбор мощности от него в стационарном режиме. При этом один час работы двигателя в стационарном режиме эквивалентен пробегу, равному около пятидесяти километров, поэтому приведенный пробег автомобиля увеличивается.

Еще одной особенностью эксплуатации двигателей внутреннего сгорания пожарных автомобилей является их продолжительность. Они работают от нескольких десятков минут до нескольких часов при тушении крупных пожаров.

Двигатель автомобиля является одним из наиболее сложных агрегатов и требует при ремонте как наиболее высокой квалификации работников, так и специального ремонтного оборудования и инструментов. Недостаточное внимание к организации работ по разборке двигателя на узлы и детали приводит не только к увеличению затрат труда, но и к тому, что в процессе разборки многие детали получают повреждения: срыв и забоины резьбы, трещины, поломки, повреждения рабочих поверхностей. Разборку и сборку двигателя следует производить с применением специализированного оборудования, инструмента и приспособлений. Поэтому при проведении разборочно-сборочных работ на предприятиях и станциях технического обслуживания используют стенды.

Стенды предназначены для вывешивания двигателя с целью проведения работ по его диагностике и ремонту, а также для транспортировки внутри помещения или участка.

Стенды для разборки и сборки агрегатов могут быть различных типов и конструкций. Это зависит от конструктивных особенностей агрегатов, их размеров и массы, а также в зависимости от способа организации ремонта при поточном или стационарном способах.

Конструкция стенда должна обеспечивать безопасность и удобство выполнения работ, минимальные затраты времени на установку и снятие агрегата. В ряде случаев конструкция стенда должна обеспечивать в процессе разборки возможность поворота агрегата в удобное для работы положение. При этом должны быть предусмотрены стопорные устройства, исключающие возможность самопроизвольного поворачивания агрегатов.

Нами была разработана трехмерная модель стенда для ремонта двигателей пожарных автомобилей, конструкция которого представлена на рис. 1.

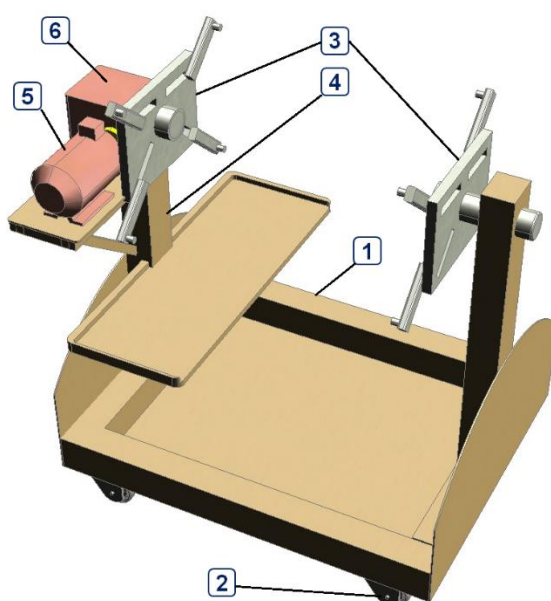


Рис. 1. Трехмерная модель стенда: 1 - основание, 2 - ролики, 3 - планшайба, 4 - опора, 5 - электрический двигатель, 6 - червячный редуктор

На рисунке 1 представлена спроектированная трехмерная модель конструкции стенда для ремонта двигателей пожарных автомобилей, которая состоит из основания 1, установленного на колеса 2, что позволяет перемещать устройство в мастерской. На двух вертикальных опорах 4 закреплена рама, на которой установлен привод, состоящий из электродвигателя 5 и червячного редуктора 6. Электропривод приводит в движение планшайбу 3 с закрепленной на ней коробкой передач.

Достоинствами данного стенда являются:

- точная балансировка центра тяжести, что позволяет гарантировать защиту от опрокидывания;

- узел закрепления способен поворачиваться на 360 градусов без применения физической силы и фиксироваться нужном положении, благодаря чему облегчается работа мастера, выполняющего переборку или ремонт агрегата.

В результате разработки конструкции стенда, предназначенного для проведения технического обслуживания и ремонта двигателей пожарных автомобилей, выполнена трехмерная модель устройства и определены основные силовые и геометрические параметры электромеханического привода.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Покровский А.А., Бурнашов А.С. Организация капитального ремонта автомобилей. / Пожарная и аварийная безопасность: сборник материалов XIII Международной научно-практической конференции. – Иваново: ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2018. – Часть I. - С. 316-318.

УДК 614.841.46

О. Н. Белорожев, Ю. П. Самохвалов, А. В. Наумов

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К ОПРЕДЕЛЕНИЮ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ РАЗВИТИЯ ПОЖАРА

Ключевые слова: распространение пожара, алгоритм, блок, параметры пожара.

Аннотация: предлагается методика определения пути, пройденного огнем от очага пожара до дверного проема, пути пройденного огнем, вышедшим за пределы дверного проема на момент времени свободного развития пожара.

O. N. Belorozev, J. P. Samokhvalov, A. V. Naumov

MODERN APPROACHES TO DETERMINING THE MAIN PARAMETERS OF FIRE DEVELOPMENT

Keywords: fire propagation, algorithm, block, fire parameters.

Abstract: a method is proposed for determining the path traversed by fire from the fire center to the doorway, the path traversed by fire that went beyond the doorway at the time of free development of the fire.

Основным параметром пожара, при моделировании возможной обстановки, является площадь пожара, значение которой зависит от ее формы. Определение формы площади пожара (ФПП) является основополагающим при расчете основных геометрических параметров пожара (ОГПП), таких как: площадь пожара - S_{Π} , фронт пожара - Φ_{Π} , периметр пожара - P_{Π}).

Форма площади пожара в помещении зависит от: размеров помещения, его конфигурации; величины линейной скорости распространения горения; продолжительности развития пожара.

В здании при развитии пожара переход огня из одного помещения в другое, в основном, происходит через дверные проемы. В соответствии с принятыми положениями (изменение ФПП в развитии пожара) при проведении расчетов по определению ОГПП расстояние от очага пожара до дверного проема ($R_{\text{д}}$) не есть прямая, соединяющая очаг пожара с центром дверного проема.

За расстояние от очага пожара до центра дверного проема принимается максимальное значение из двух величин (1).

$$\begin{aligned} R_{\text{д}}^{\text{X}} &= |X_0 - X_{\text{д}}| \\ R_{\text{д}}^{\text{Y}} &= |Y_0 - Y_{\text{д}}| \end{aligned} \quad (1)$$

где:

$R_{\text{д}}^{\text{X}}$ – расстояние от очага пожара до центра дверного проема по оси X, м;

$R_{\text{д}}^{\text{Y}}$ – расстояние от очага пожара до центра дверного проема по оси Y, м;

$X_{\text{д}}, Y_{\text{д}}$ – координаты центра дверного проема, м;

X_0, Y_0 – координаты очага пожара, м.

Путь, пройденный огнем, вышедшим за пределы дверного проема, можно определить как:

$$L_{\Pi}^{\text{д}} = L_{\Pi} - R_{\text{д}}, \quad (2)$$

где:

$L_{\Pi}^{\text{д}} < 0$ - огонь не дошел до дверного проема.

$L_{\Pi}^{\text{д}} = 0$ - огонь дошел до дверного проема, но не вышел за его пределы.

$L_{\Pi}^{\text{д}} > 0$ - огонь вышел за пределы дверного проема.

При определении ФПП в смежном помещении следует исходить из того, что огонь в смежное помещение прошел через дверной проем, следовательно, для смежного помещения очаг пожара как бы переместился в центр дверного проема.

При подготовке к проведению пожарно-тактических учений на различных объектах, деловых игр, составлении документов предварительного планирования, таких как разработка оперативных планов тушения пожара, определение ФПП, расчет ОГПП проводится по каждому помещению, где происходит горение отдельно.

В основном, для принятия решения на расстановку сил и средств по тушению пожара рассчитывают S_{Π} и Φ_{Π} .

На рис. 1 представлен алгоритм поэтапного расчета ОГПП в здании из нескольких помещений.

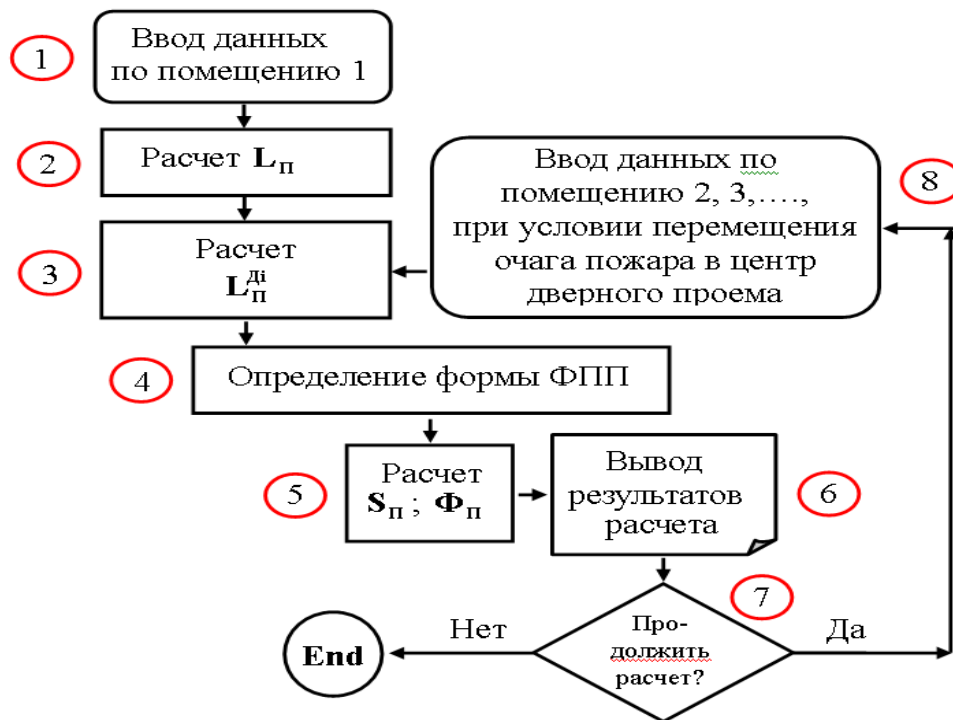


Рис. 1. Алгоритм расчета ОГПП в здании из нескольких помещений

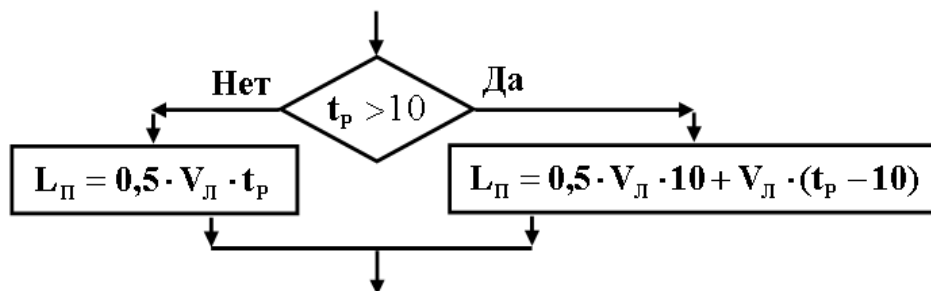
Перед проведением расчетов по определению ОГПП необходимо в здании пронумеровать все помещения, начиная с помещения, где находится очаг пожара.

Рассмотрим детально работу отдельных блоков.

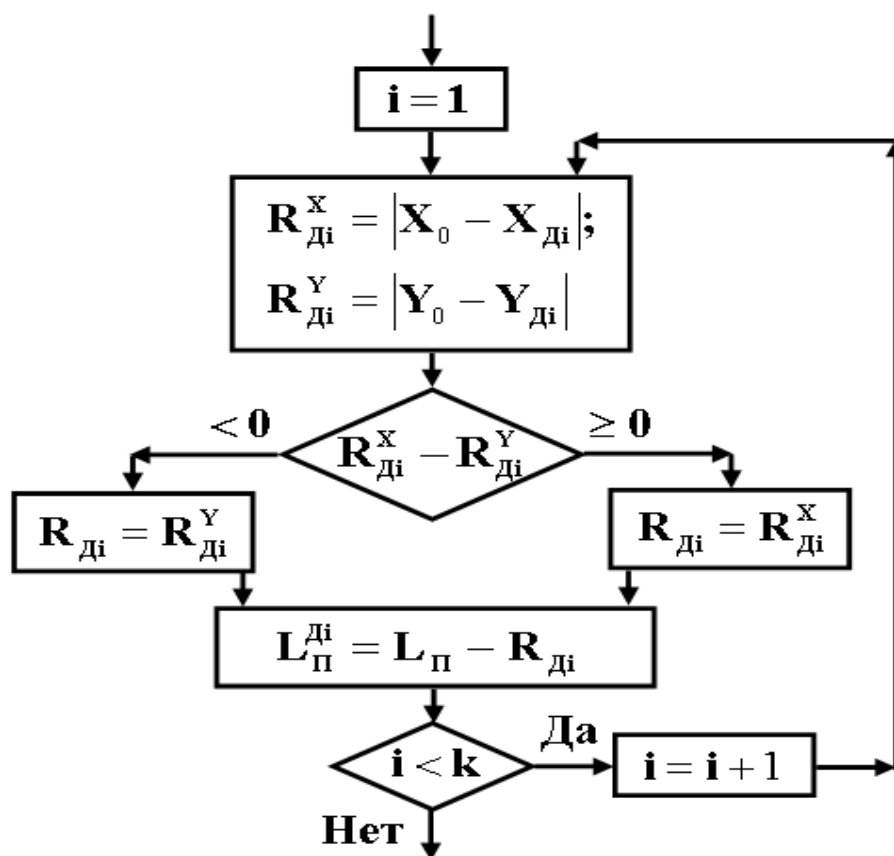
Блок 1 Ввод данных по помещению, в котором находится очаг пожара (помещение № 1)

- размеры помещения - длина по оси X , ширина по оси Y ($X; Y$);
- координаты очага пожара по оси X , по оси Y ($X_0; Y_0$);
- количество дверных проемов, соединяющих соседние помещения;
- координаты дверных проемов по оси X , по оси Y ($X_{Дi}; Y_{Дi}$).

Блок 2 Расчет пути, пройденного огнем от очага пожара, за время развития пожара (L_{Π}).

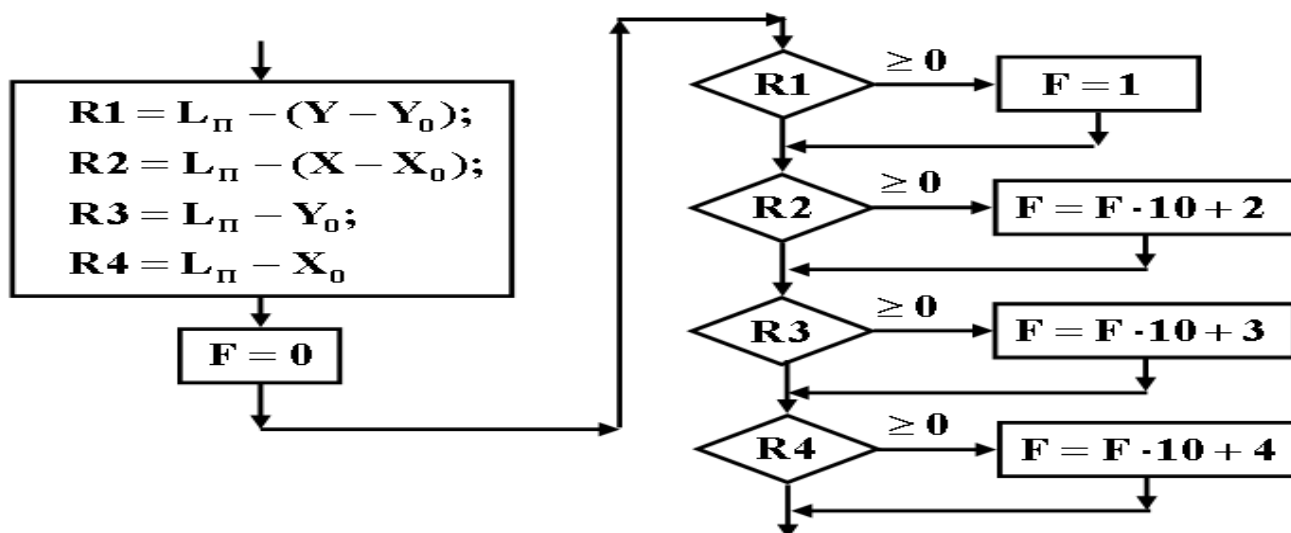


Блок 3 Расчет пути, пройденного огнем через дверной проем в соседнее помещение (L_{Π}^{Di}).



где: k – количество дверных проемов.

Блок 4 Определение формы площади пожара.

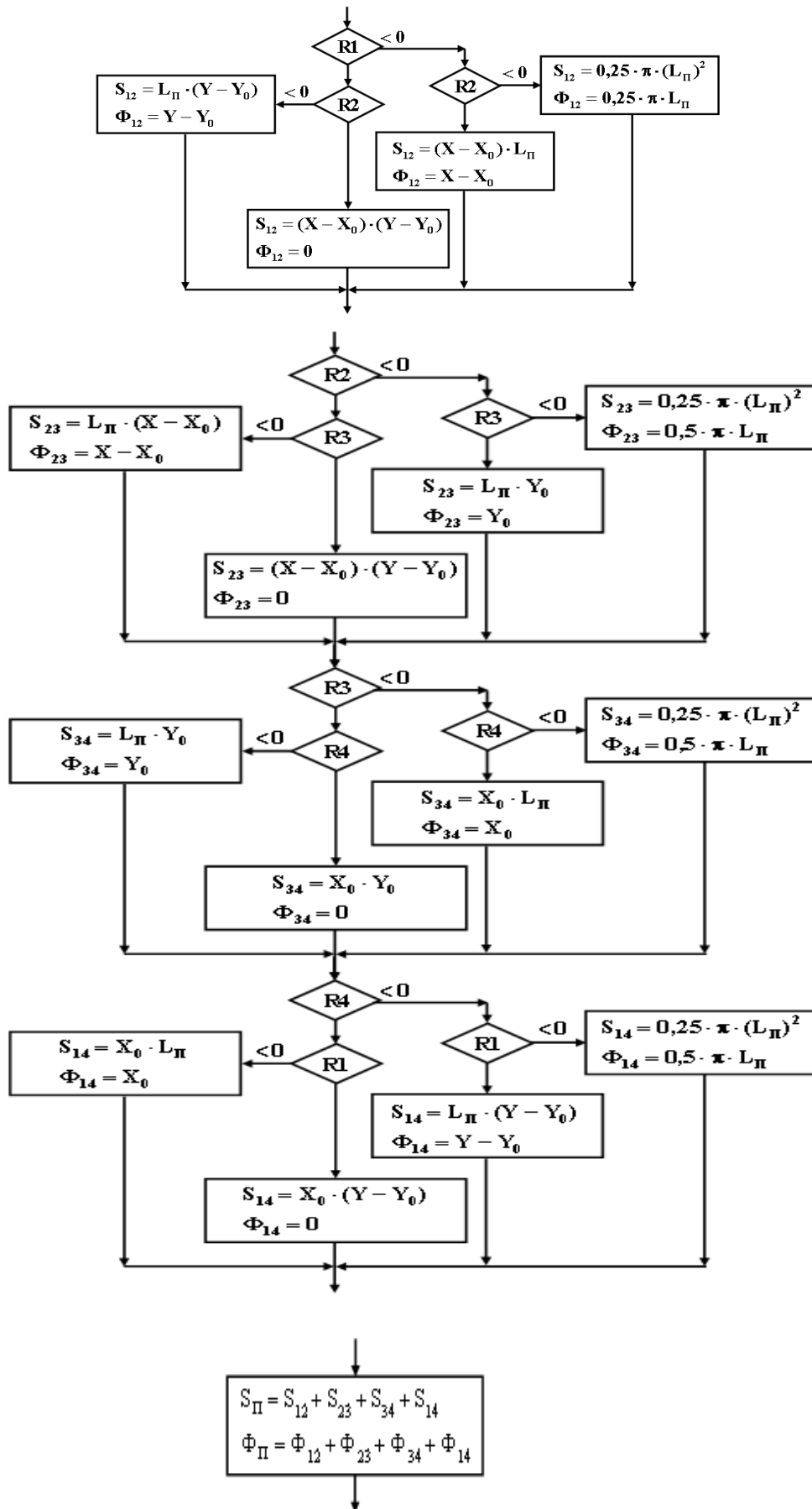


где:

F – форма площади пожара;

$R1, R2, R3, R4$ – расстояния от очага до препятствия (стены) по соответствующим векторам.

Блок 5 Расчет геометрических параметров пожара (S_{Π} , Φ_{Π}).



Блок 6 Вывод результатов расчета (см. табл.).

Таблица. Параметры вывода результатов

Результаты	Показатели		
	Обозначение	Значение	Единица измерения
Помещение	№	= ___	
Время развития пожара	t_p	= ___	мин.;
Линейная скорость распространения горения	$V_{л}$	= ___	м/мин.;
Путь, пройденный огнем	$L_{п}$	= ___	м;
Форма площади пожара	F	= ___	
Площадь пожара	$S_{п}$	= ___	м ² ;
Фронт пожара	$\Phi_{п}$	= ___	м;
Путь, пройденный огнем через <i>i</i> -тый дверной проем	$L_{п}^{дi}$	= ___	м.

Блок 7 Выбор продолжения проведения расчета.

При значениях $L_{п}^{дi} > 0$, что означает переход огня через *i*-тый дверной проем в смежное помещение, расчет ОГПП рекомендуется продолжить.

Блок 8 Ввод данных по смежному помещению, в которое проник огонь через дверной проем.

- № помещения;
- размеры помещения – длина по оси **X**, ширина по оси **Y** (**X**; **Y**);
- координаты очага пожара по оси **X**, по оси **Y** (X_0 ; Y_0), полагая, что очаг пожара находится в центре дверного проема, через который произошло дальнейшее распространение пожара;
- путь, пройденный огнем через дверной проем ($L_{п}^{дi}$).

Приведенная методика определения ФПП, пути пройденного огнем до дверного проема, пути, пройденного огнем, вышедшим за пределы дверного проема в смежное помещение, позволяет относительно просто и достоверно: выполнить схему развития пожара на конкретный момент времени; рассчитать ОГПП для оценки сложившейся обстановки с последующим проведением расчета сил и средств на тушение пожара.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Тербнев В.В. Справочник руководителя тушения пожара. Тактические возможности пожарных подразделений. – Москва: Пож. Книга, 2004. – 248 с.
2. Самохвалов Ю.П., Наумов А.В., Самохвалов Д.Ю. Использование вычислительной техники при прогнозировании обстановки на пожаре. Пожарная и аварийная безопасность, материалы IV Международной научно-практической конференции. – Иваново: ИПК «Прес-Сто», 2009. – С. 107-114.

3. Наумов А.В. Сборник задач по основам тактики тушения пожаров: учебное пособие / А.В. Наумов, Ю.П. Самохвалов, А.О. Семенов; под общ. ред. М.М. Верзилина. – Иваново: ИВИ ГПС МЧС России, 2010. – 185 с.
УДК 004.4 : 004.92 : 744.4

А. А. Бойков

ФГБОУ ВО МИРЭА – Российский технологический университет

О НЕСВЯЗАННЫХ СИСТЕМАХ ГЕОМЕТРИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ И МАШИННОЙ ГРАФИКИ 2-ГО РОДА В КОНТЕКСТЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ СОВРЕМЕННЫХ САПР

Ключевые слова: САПР, несвязанные системы геометрического моделирования, CAD-системы, конструктивное геометрическое моделирование, конструктивные алгоритмы.

Аннотация: В статье анализируется понятие несвязанной системы геометрического моделирования и машинной графики. Приводится обзор возможностей реализации несвязанных систем геометрического моделирования и машинной графики 2-го рода на базе технологий современных САПР. Формулируется концепция такой системы на основе конструктивных геометрических алгоритмов.

А. А. Boykov

ON UNBOUND SYSTEMS OF GEOMETRIC MODELING AND COMPUTER GRAPHICS OF THE 2ND KIND IN THE CONTEXT OF POSSIBILITIES OF MODERN CAD

Keywords: CAD, unbound systems of geometric modeling, constructive geometrical modeling, constructive geometrical algorithm.

Abstract: The term of an unbound system of geometric modeling and computer graphics is analyzed. A review of the possibilities of implementing unbound systems of geometric modeling and computer graphics of the 2nd kind based on modern CAD technologies is given. The concept of such a system on the basis of constructive geometric algorithms is formulated.

Термин «несвязанные системы геометрического моделирования и машинной графики» (НСГММГ) введен и подробно рассмотрен в [1-3] для обозначения систем, объединяющих возможности создания 2D изображений и 3D моделей. НСГММГ 2-го рода определены как системы, в которых на основе 2D-изображений формируется 3D-модель, затем может быть создано любое новое изображение и 3D-модель может быть перестроена. В таких системах любое изменение изображений адекватно меняет геометрию 3D-модели.

Первоначально именно решение так называемой обратной задачи начертательной геометрии, т.е. генерация 3D-модели по совокупности изображений выделялась как отличительная особенность НСГММГ 2-го рода. Однако, как показала практика, промышленные НСГММГ 2-го рода в указанном смысле до сих пор не получили распространения, а алгоритмы синтеза 3D-моделей по изображениям сложны и разработаны только для частных случаев [4].

Покажем, используя модель *GOMS* [5], что создание 3D-модели только на основе преобразования проекций менее выгодно по сравнению с приемами трехмерного моделирования, применяемыми в САПР. Обозначим среднее время, необходимое для выполнения того или иного действия пользователем: указание (выбор) объекта на экране – s , нажатие командной кнопки (выполнение операции) – a , ввод одного параметра – t .

Пусть требуется создать модель параллелепипеда (рис. 1).

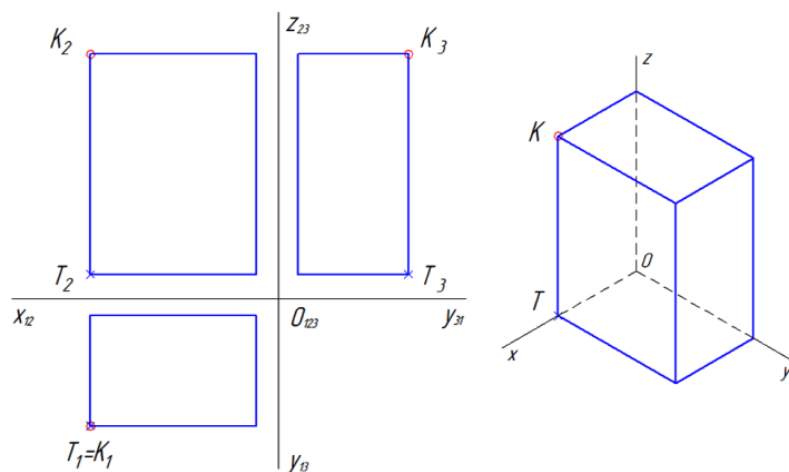


Рис. 1. Чертеж простого геометрического объекта, взят из [4]

Традиционный для САПР типа «Компас-3D» способ для создания модели требует: выбрать базовую плоскость (s), создать «эскиз» (a), вычертить прямоугольник ($a+t+t$), выполнить команду «элемент выдавливания» и указать высоту ($a+t$). Всего – $s+3\cdot a+3\cdot t$. При полностью двухмерном подходе требуется: вычертить три прямоугольника с определенными длинами сторон ($a+3\cdot(s+t+t)$), выбрать фигуры (s), выполнить команду формирования модели (a). При самом оптимальном способе построения – $4\cdot s+2\cdot a+6\cdot t$. Даже в этом случае традиционный (отметим, не самый быстрый) способ позволяет выиграть время – $3\cdot s-a+3\cdot t$. Создание изображений более сложных объектов требует еще больше времени. Этот факт свидетельствует о том, что чертеж, подобно естественным языкам, часто избыточен: если для отдельных элементов формы достаточно одного и даже половины изображения, их все равно приходится показывать на всех видах чертежа. Этот недостаток не умаляет других достоинств чертежей – избыточность обеспечивает определенную устойчивость против ошибок, плоская модель проще для изучения, не требует вращения предмета для получения наилучшего вида, все изображения (виды, разрезы, сечения) присутствуют одновременно и пр. Это позволяет предположить, что САПР с «плоским» интерфейсом не уступают «трехмерным» или даже имеют преимущества [6].

Таким образом, на передний план для НСГММГ 2-го рода выступает не способность преобразовывать плоские изображения в 3D-модель, а способность использовать преимущества плоских изображений в управлении 3D-моделью. С этих позиций можно выделить три основные концепции организации НСГММГ 2-го рода в свете возможностей современных САПР.

Во-первых, преобразование чертежей в 3D-модели остается актуальной задачей в тех случаях, когда требуется работать с архивами предприятий [4]. Здесь не требу-

ется строить чертежи заново, но необходимо автоматизировать использование геометрической информации, которая содержится в чертежах из архивов. Отметим, что для широкого класса деталей разработаны алгоритмы и методы, которые позволяют осуществить синтез трехмерной модели по совокупности изображений (подробнее в [3, 4, 7]).

Во-вторых, при создании двунаправленных ассоциативных связей между 3D-моделью и чертежом, сгенерированным на ее основе, как это позволяет система *T-Flex* [8], становится возможным совместить преимущества создания 3D-моделей традиционным способом и возможности управления такими моделями при помощи плоских интерфейсов. Можно также ожидать появления систем 3D-моделирования на основе плоских интерфейсов [6].

Наконец, отметим еще одну возможность интеграции достоинств систем 3D-моделирования и «плоских» моделей. Как показано в ряде работ ([9–13] и др.), многие инженерные задачи могут быть решены при помощи конструктивных геометрических алгоритмов, реализуемых на множествах геометрических фигур плоскости. В соответствии с ГОСТ 2.052 геометрическая модель изделия состоит из геометрических элементов (ГЭ), которые делятся на две группы – ГЭ, образующие геометрию изделия, и ГЭ, образующие вспомогательную геометрию. Элементы вспомогательной геометрии (ГОСТ 2.052) «используются в процессе создания геометрической модели изделия». Очевидно, эту функцию могут выполнять автоматизированные диаграммы или номограммы, или, наоборот, конкурирующие гиперповерхности некоторого многомерного пространства в случае применения ключевых способов моделирования поверхностей [10]. Такая возможность в ГОСТ 2.052 явным образом не декларируется, и под ГЭ понимаются именованные геометрические объекты модельного пространства – точки, линии, поверхности, геометрические тела; однако, рассматривая точки, прямые и линии некоторой плоскости модельного пространства в качестве вспомогательной геометрической модели, мы можем на основе методов начертательной геометрии, номографии и начертательной геометрии многомерного пространства при помощи только таких плоских ГЭ моделировать пространство любой размерности [10, 13], и определять геометрию модели через проекционные связи с элементами этих вспомогательных моделей. Изменяя геометрию плоских вспомогательных моделей, мы управляем геометрией 3D-модели. То есть получаем разновидность НСГММГ 2-го рода.

Отметим, что реализация функций конструктивного геометрического моделирования для НСГММГ 2-го рода до некоторой степени возможна в современных САПР уже сейчас. Эта возможность, фактически, заложена в параметрические САПР, где, управляя параметризованными эскизами, проектировщик меняет 3D-модель. При помощи внедряемых модулей [14, 15] реализация функций НСГММГ 2-го рода в САПР может быть обеспечена еще более полно.

Таким образом, был произведен анализ понятия НСГММГ 2-го рода с позиций современных технологий САПР, в качестве основной черты указано использование преимуществ изображений в управлении 3D-моделью, сформулированы особенности НСГММГ 2-го рода на основе конструктивного геометрического моделирования в свете терминологии ГОСТ 2.052.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Полозов В.С. Эволюция задач геометрического и графического моделирования в процессе развития САПР // Информатика и интерактивная компьютерная графика. Тез. док. 1987. – С. 113–119.
2. Ротков С.И. Анализ некоторых систем геометрии и графики пространственных объектов // Проблемы информационных систем. – Москва: МЦНТИ, 1988. – №5. – С. 50–57.
3. Ротков С.И. Разработка методов и средств геометрического моделирования и компьютерной графики пространственных объектов для CALS-технологий : дис. ... докт. техн. наук : 05.01.01. – Н. Новгород: ННГАСУ, 1999. – 280 с.
4. Роменский С.А., Ротков С.И., Смычек М.М., Тюрина В.А. Синтез 3D модели объекта по изображениям на поле чертежа // GraphiCon2016. Труды 26-й Международной конференции. – Москва: Протвино, 2016. – С. 272–275.
5. Раскин Дж. Интерфейс: новые направления в проектировании компьютерных систем. – Москва: Символ-Плюс, 2005. – 272 с.
6. Бойков А.А. О трехмерном моделировании и начертательной геометрии в свете возможностей современных компьютерных систем // Проблемы качества графической подготовки студентов в техническом вузе: традиции и инновации. Материалы V Междунар. научно-практ. интернет-конференции. – Пермь: ПНИПУ, 2015. – С. 361–375.
7. Тюрина В.А. Разработка методов преобразования каркасной модели в задаче синтеза образа 3D объекта по его проекциям : дис. ... канд. техн. наук : 05.01.01. – Н. Новгород: ННГАСУ, 2003. – 170 с.
8. АО «Топ Системы». *T-Flex CAD*. Трехмерное моделирование: руководство пользователя. – 2008. – 837 с.
9. Волошинов Д.В. Конструктивное геометрическое моделирование. // *Saarbrücken: Lambert Academic Publishing*, 2010. – 355 с.
10. Никифоров П.В. Получение кривой теоретического профиля Жуковского для создания 3D-модели поверхности крыла. [Электронный ресурс]. – URL: <http://dgng.pstu.ru/conf2017/papers/62/>
11. Короткий В.А., Усманова Е.А. Применение кривых второго порядка для конструирования гладких каркасно-сетчатых поверхностей // Вестник ЮУрГУ. Серия «Строительство и архитектура». – 2014. – Т.14, №3. – С. 45–48.
12. Боровиков И.Ф., Иванов Г.С., Суркова Н.Г. О применении преобразований при решении задач начертательной геометрии // Геометрия и графика. – 2018. – №. 2. – С. 78–84. – DOI: https://doi.org/10.12737/article_5b55a35d683a33.30813949
13. Бойков А.А. О построении моделей объектов пространства четырех и более измерений в учебном процессе // Геометрия и графика. – 2018. – № 4. – С. 54–71. – DOI: [12737/article_5c21f96dce5de8.36096061](https://doi.org/10.12737/article_5c21f96dce5de8.36096061)
14. Бойков А.А. Об использовании конструктивных геометрических алгоритмов в САПР // Надежность и долговечность машин и механизмов. Сборник материалов X Всероссийской научно-практической конференции. – Иваново, 2019. – С. 370-374.
15. Бойков А.А. Об одном способе автоматизации конструктивных алгоритмов формирования геометрических моделей в среде CAD-систем // *CPT2019* Международная научная конференция НГАСУ и НИЦ ФТИ. – Нижний Новгород, 2019. – С. 393–399.

УДК 681.52.2

Д. А. Буланов, С. О. Кожевников

ФГБОУ ВО Ивановский государственный политехнический университет

КОНЦЕПЦИЯ ПОСТРОЕНИЯ БАЛАНСИРУЮЩЕГО ДВУХКОЛЕСНОГО РОБОТА

Ключевые слова: Балансирующие системы, робот, колесный движитель

Аннотация: В работе приведена концепция построения двухколесного балансирующего робота, приведены структурная схема и концептуальная модель. Показаны возможные направления применения двухколесного робота: транспортирование различных грузов в стесненных условиях.

D. A. Bulanov, S. O. Kozhevnikov

CONCEPT OF BUILDING A BALANCING TWO-WHEELED ROBOT

Keywords: Balancing systems, robot, wheel drive

Abstract: The paper presents the concept of building a two-wheeled balancing robot, a block diagram and a conceptual model. Possible applications of a two-wheeled robot are shown: transportation of various loads in cramped conditions.

Наиболее известными балансирующими механическими системами являются: сегвей, балансирующие роботы и т.д. Особый интерес представляет применение двухколесных балансирующих роботов для транспортирования различных грузов в производственных помещениях, на улице и т.д.

Создание и разработка балансирующих механических систем и устройств на их основе представляет особый интерес. Основной задачей при разработке балансирующих устройств такого класса является их стабилизация и удержание равновесия.

Балансирующие системы устройств данного класса представляют собой перевернутый маятник. Математические модели перевернутого маятника описаны в работах [1,2] и представляют собой уравнения Лагранжа 2-го рода. Однако при построении реальных объектов проявляются несоответствия между теоретической и экспериментальной моделью [2].

Для уточнения существующих математических моделей и возможности их применения для описания реальных балансирующих систем была собрана экспериментальная конструкция робота. Структурная схема балансирующего робота приведена на рис. 1.

Данная конструкция при выключенном питании неустойчива и является моделью перевернутого маятника. Робот состоит из пространственной секционной рамы, состоящей из трех ярусов. Особенностью конструкции является рациональное размещение элементов робота. Так, на верхнем ярусе, необходимо размещать элементы имеющую большую массу, а на нижней полке, где находятся колеса – наименьшую.

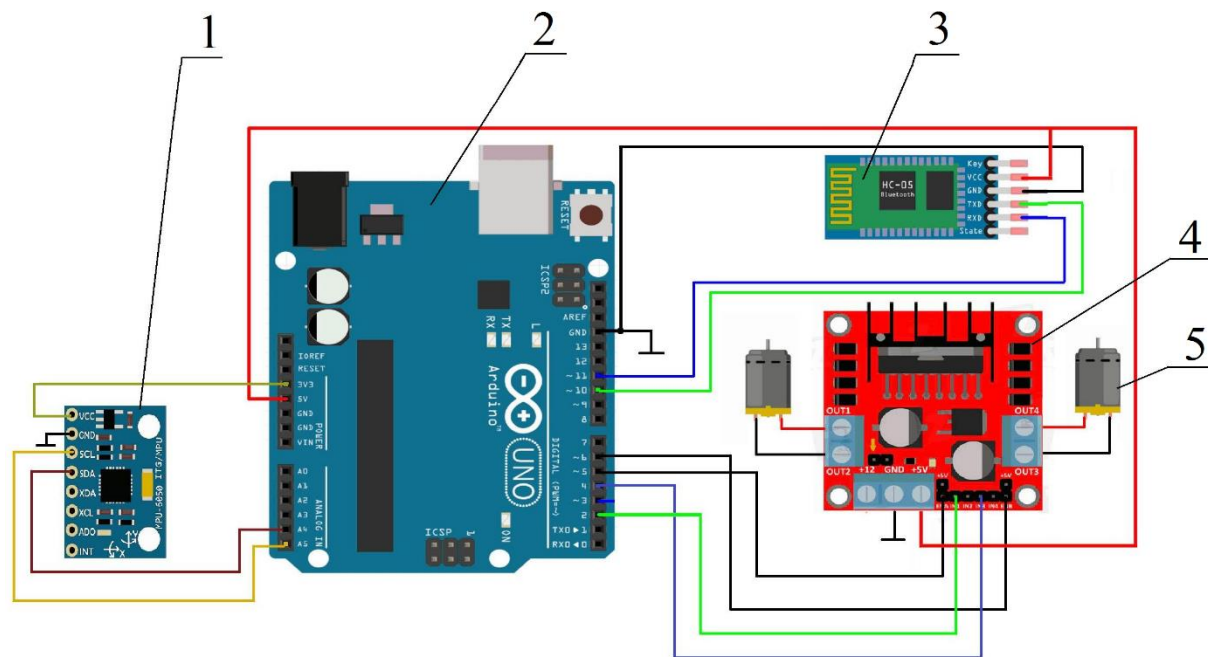


Рис. 1. Структурная схема балансирующего робота: 1 – акселерометр MPU6050; 2 – Arduino UNO; 3 – модуль Bluetooth; 4 – драйвер управления электродвигателями L298n; 5 – электродвигатель

Концептуальная модель двухколесного робота приведена на рис. 2.

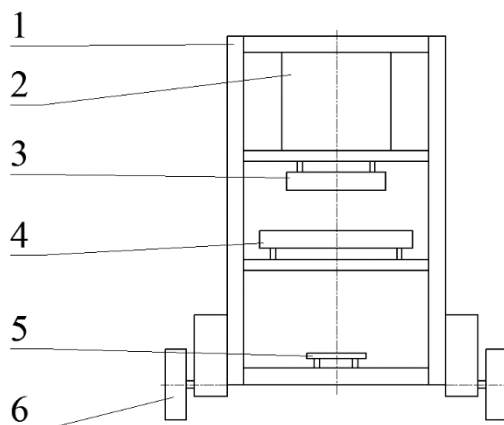


Рис. 2. Концептуальная модель двухколесного робота: 1 – шасси робота; 2 – модуль питания; 3 – блок управления мотор-редукторами; 4 – блок микроконтроллера; 5 – акселерометр; 6 – мотор-редуктор с колесом

Электронная составляющая робота состоит из центральной платы Arduino UNO и силовой – драйвером управления электродвигателями L298n. Поддержание равновесия робота выполняется при помощи акселерометра MPU6050, включающей в себя два трехосевых датчика, акселерометр и гироскоп. Кроме того, имеется возможность управления роботом посредством модуля связи Bluetooth с компьютера или устройства совместимого с ОС Android.

Выполненные теоретические исследования движения модели балансирующего робота показали, что при описании его математической модели необходимо учи-

тывать такие показатели, как: трение колес с опорной поверхностью, свободный ход приводов и других.

Создание прототипа балансирующего робота и его исследования позволят учесть вышеуказанные показатели и разработать методику расчета для реальных балансирующих механических систем.

Балансирующий двухколесный робот имеет высокую маневренность, низкое сопротивление качению, что позволяет применять его в качестве транспортного средства при перемещении грузов, в том числе при чрезвычайных ситуациях в стесненных условиях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Безгласный С.П. Стабилизация и управление движением динамических систем Учебное пособие. – Самара : Изд-во Самар. гос. аэрокосм. ун-та, 2010. – 102 с.
2. Формальский А.М. Управление движением неустойчивых объектов. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2012. – 232 с.

УДК 004.896

П. П. Буралков¹, И. А. Легкова²

¹ФГБОУ ВО Ярославский государственный технический университет

²ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

ПРИМЕНЕНИЕ СИСТЕМ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ РАЗЛИЧНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Ключевые слова: системы автоматизированного проектирования, компьютерная графика, трехмерное моделирование, расчетная модель, прочностной анализ.

Аннотация: В статье рассмотрены возможности современных программных средств не только для трехмерного моделирования объектов с целью их визуализации, но и для проведения прочностного анализа различных конструкций с целью обеспечения надежности их эксплуатации.

P. P. Buralkov, I. A. Legkova

APPLICATION OF COMPUTER-AIDED DESIGN SYSTEMS TO ENSURE THE RELIABILITY OF VARIOUS DESIGNS

Keywords: computer-aided design systems, computer graphics, three-dimensional modeling, calculation model, strength analysis.

Abstract: The article discusses the capabilities of modern software tools designed not only for three-dimensional modeling, but also to ensure reliable analysis of various designs in order to ensure the reliability of their operation.

В наше время трехмерная графика часто применяется в таких областях, как научные расчеты, инженерное проектирование, компьютерное моделирование физических объектов, так как позволяет частично или полностью избавиться от необходимости в проведении натурных экспериментов. 3D графика обладает обширными возможностями для поддержки и развития технического черчения. С помощью графических редакторов трёхмерной компьютерной графики, можно выполнять наглядные изображения деталей и изделий машиностроения (рис. 1), а также создавать макеты зданий и сооружений (рис. 2). Также может быть осуществлена графическая поддержка некоторых разделов начертательной геометрии, например, перспективы, аксонометрического и ортогонального проецирования, т.к. принципы построения изображений в трёхмерной компьютерной графике основываются именно на них.

При выполнении строительного чертежа можно использовать виртуальные модели различных объектов, зданий и сооружений (рис. 2) как для наглядности, так и для дальнейшего анализа элементов и конструкций при проектировании.

При наличии графической модели разумно использовать ее в САЕ-программе (Computer Aided Engineering) для построения модели расчетной. Отличие между этими моделями определяется в первую очередь наличием у расчетной модели заранее заданных ограничений.

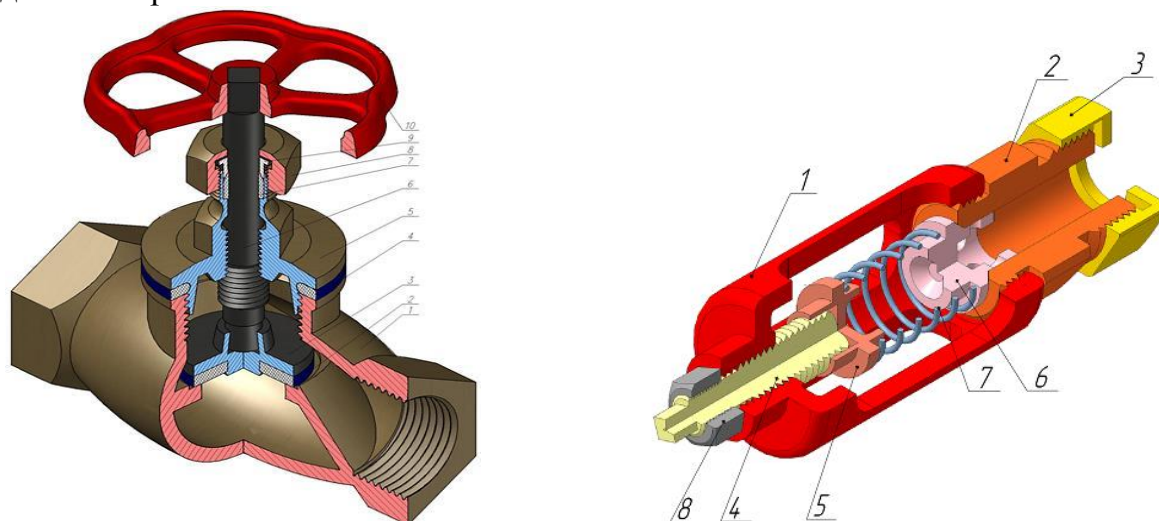


Рис. 1. Трёхмерные модели изделий машиностроения

К граничным условиям относятся действующие на изделие нагрузки, закон их изменения и условие закрепления. Кроме того, для выполнения расчета необходимо определить условия окружающей среды, свойства материала изделия и задать критерии прочности и жесткости. Эти исходные данные необходимы для успешного проведения расчетов. Преобразованная модель позволяет произвести комплексный инженерный анализ и дать техническую характеристику как ее элементов, так и общего поведения конструкции в заданных условиях. Результатами анализа являются: реакции в опорах конструкции, а также суммарные реакции, приведенные к центру тяжести модели; распределение температурных полей и термонапряжений; распределение деформаций по элементам модели; распределение линейных, угловых и суммарных перемещений и многие другие важные инженерные параметры [1]. Полученная информация позволяет понять, сможет ли объект выполнять свои функции в заданных

условиях с необходимой эффективностью и, при необходимости, произвести своевременную оптимизацию объекта, обеспечив ему долговечность.

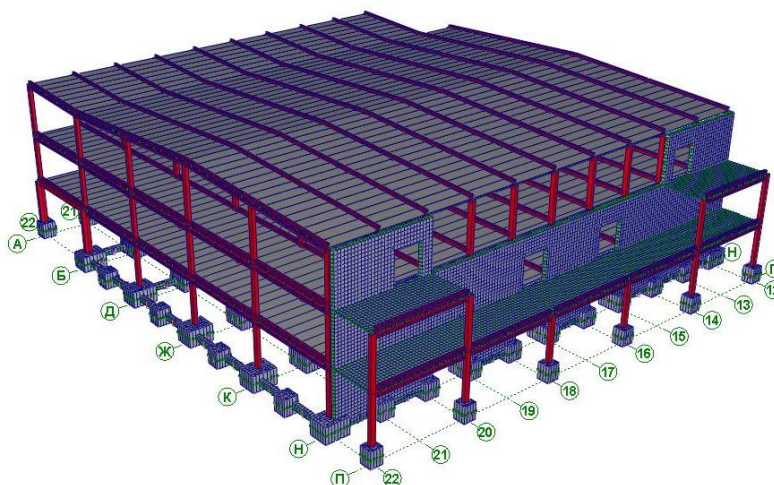


Рис. 2. Трехмерная модель промышленного сооружения

В настоящее время прочностной анализ различных конструкций, деталей и узлов выполняется в одной из САПР (систем автоматизированного проектирования), имеющей выше указанный модуль CAE для инженерных расчетов, анализа и проверки проектных решений [2]. С помощью CAE можно проводить: прочностной анализ компонентов и узлов на основе метода конечных элементов; термический и гидродинамический анализ; кинематические исследования; моделирование таких процессов, как литье под давлением; оптимизацию продуктов или процессов. Модуль прочностного анализа имеют такие графические системы как КОМПАС-3D (рис. 3), SolidWorks (рис. 4), Autodesk Inventor и т.п. [3].

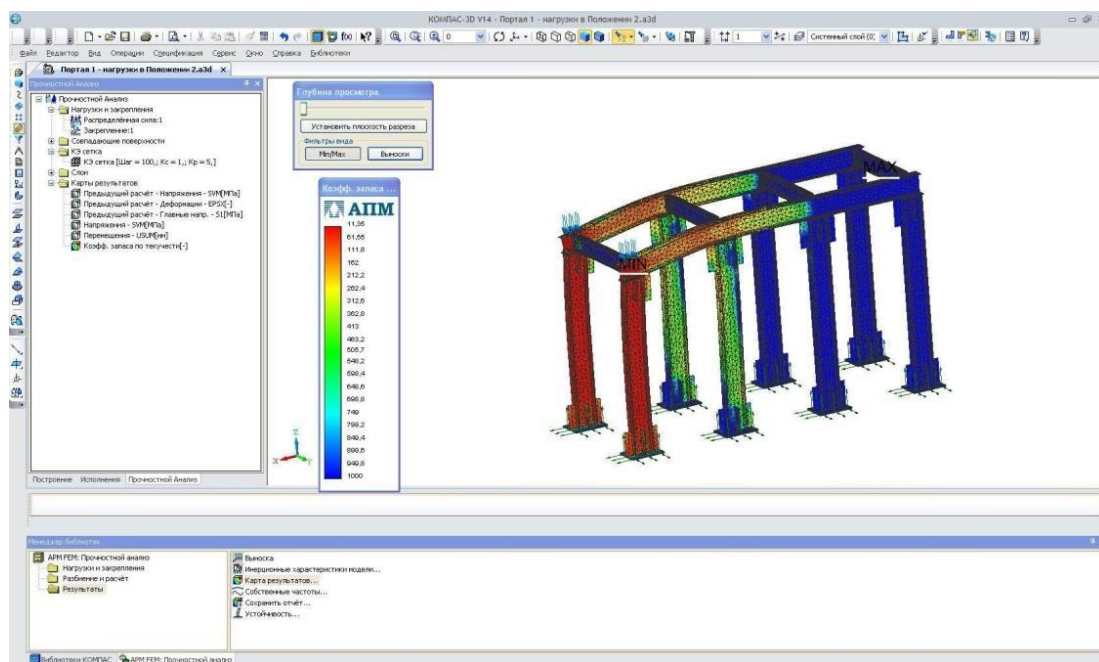


Рис. 3. Прочностной анализ металлоконструкции в APM FEM (модуль КОМПАС-3D)

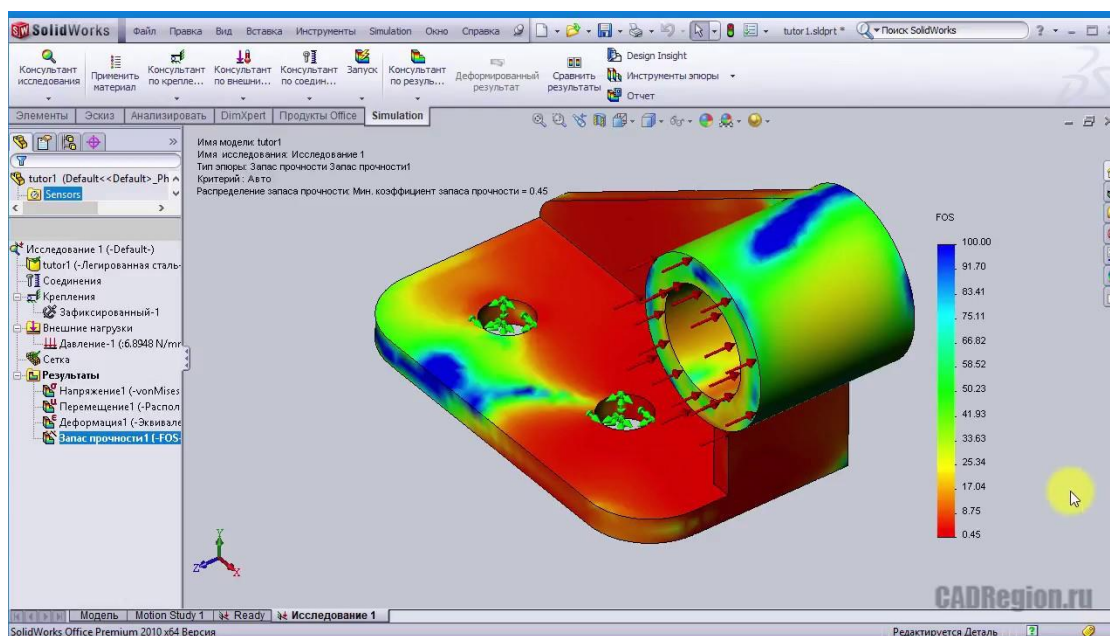


Рис. 4. Статический анализ детали в Solidworks Simulation

Используя результаты данного прочностного анализа, можно проводить моделирование и прогнозирование аварийных ситуаций, разработать меры по их предупреждению и план ликвидации чрезвычайной ситуации применительно к конкретному объекту.

Но всегда стоит понимать, что даже самые «умные» на сегодняшний день компьютерные программы являются всего лишь инструментом в руках человека, а результат работы указанных систем существенно зависит от профессионализма специалиста, интеллектуальный труд которого и призван автоматизировать эти программы.

Расчетные модули далеко не идеальны, все они сложны в освоении, что вызвано как величиной функционала, так и неудобством интерфейса в подавляющем большинстве программ; а так же их возможности все еще не способны решить все проблемы, возникающие при проектировании. Однако, шаг за шагом, разработчики информационных технологий накапливают знания в области интеллектуализации компьютерных программ и неуклонно расширяют их функциональные возможности.

Таким образом, современные системы автоматизированного проектирования позволяют выполнять трехмерные модели различных проектов технических устройств, механизмов, зданий и сооружений, проводить расчеты на прочность и жесткость как цельной конструкции, так и отдельных ее элементов с учетом различных условий последующей эксплуатации, что позволяет выявить их недостатки еще на этапе проектирования и принять наиболее эффективные меры по их устранению.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Легкова И.А. Возможности современных систем автоматизированного проектирования для проведения прочностного анализа // *НоваяИнфо*, №81. – 2018. – С.6-9.
2. 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.

3. URL: <https://sapr.ru>.

УДК 623.355.6

А. А. Бурлаков, А. Н. Дробяскин

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

АНАЛИЗ ДОСТОВЕРНОСТИ РЕЗУЛЬТАТОВ ТЕХНИЧЕСКОГО ДИАГНОСТИРОВАНИЯ

Ключевые слова: достоверность технического диагностирования, техника связи и автоматизированных систем управления.

Аннотация: При восстановлении техники связи и автоматизированных систем управления большая часть времени тратится на поиск отказов. Эффективность системы технического диагностирования играет определяющую роль в снижении времени, затрачиваемого на восстановление образцов техники связи.

A. A. Burlakov, A. N. Drobyaskin

ANALYSIS OF THE RELIABILITY OF TECHNICAL RESULTS DIAGNOSTICS

Keywords: reliability of technical diagnostics, communication technology and automated control systems.

Abstract: When restoring communication technology and automated control systems, most of the time is spent searching for failures. The effectiveness of the technical diagnostic system plays a decisive role in reducing the time spent on restoring communication technology samples.

В процессе восстановления техники связи и автоматизированных систем управления (ТС и АСУ) осуществляется их техническое диагностирование, под которым понимается процесс определения технического состояния объекта диагностирования. Для оценки эффективности системы технического диагностирования (СТД) используется показатель – вероятность правильного диагностирования, т. е. вероятность того, что СТД определяет то техническое состояние, в котором действительно находится объект диагностирования.

Процесс диагностирования, в основе которого лежит взаимодействие элементов СТД, характеризуется известной долей неопределенности. Оператор и средства диагностирования не свободны от ошибок. Таким образом, имеем три различных исхода диагностирования: правильный диагноз, ошибочный и неполный. Крайне желательно, чтобы при ошибочном и неполном диагнозе принятое решение о необходимости восстановления поврежденного образца ТС и АСУ в том или ином ремонтном органе не сказывалось на эффективности всей системы восстановительного ремонта.

Типичной задачей определения количественных критериев оценки достоверности диагностирования является задача контроля работоспособности, решаемая с позиций общей теории проверки статистических гипотез, где для характеристики качества контроля используется вероятность D правильного решения

$$D = P(H_1) + P(H_4) = 1 - P(H_2) - P(H_3), \quad (1)$$

где $P(H_1), P(H_2), P(H_3), P(H_4)$ – вероятности наступления следующих несовместных событий:

H_1 – истинное значение параметра в пределах допуска и измеренное значение также в пределах допуска;

H_2 – истинное значение параметра в пределах допуска, измеренное значение за пределами допуска;

H_3 – истинное значение параметра за пределами допуска, измеренное значение – в пределах допуска;

H_4 – истинное значение параметра за пределами допуска и измеренное значение также за пределами допуска.

В ряде случаев влияние ошибок первого (H_2) и второго (H_3) рода существенно неравноценно по ожидаемым последствиям, вследствие чего возникает необходимость отдельно оценивать степень доверия к решениям «параметр в норме» и «параметр не в норме».

Оценка инструментальной достоверности контроля работоспособности по комплексу параметров оценивается вероятностью неверного заключения хотя бы по одному из n параметров

$$P_{\text{нз}\Sigma} = 1 - \prod_{i=1}^n (1 - P_{\text{нзи}}). \quad (2)$$

Для вероятности ложного отказа

$$P_{\text{ло}\Sigma} = 1 - \prod_{i=1}^n (1 - P_{\text{лоi}}). \quad (3)$$

Для вероятности необнаруженного отказа при измерении параметров непересекающихся участков схемы объекта диагностирования

$$P_{\text{но}\Sigma} = 1 - \prod_{i=1}^n (1 - P_{\text{ноi}}). \quad (4)$$

Формулы 2-4 широко используются для оценки инструментальной достоверности контроля с использованием технических средств диагностирования.

Деятельность оператора в системах диагностирования должна быть оценена с точки зрения безошибочности выполнения им своих функций. Данная оценка может быть произведена на базе теории надежности и качества эргатических систем, где оператор представляет собой элемент контура управления. Оценить эффективность функционирования оператора возможно на основе выделения в его деятельности элементарных операций, поддающихся количественному описанию с точки зрения безошибочности. Обратная процедура свертывания приведет к получению показателя эффективности, учитывающего ограниченную «функциональную надежность» (безошибочность) оператора, которая и определяет степень доверия к результатам его деятельности при диагностировании.

В настоящее время эффективность алгоритмов поиска отказов при восстановлении ТС и АСУ оценивается по затратам времени на поиск отказавшего элемента или по стоимостному критерию. Практика восстановления ТС и АСУ показывает до-

вольно существенное отличие реального времени восстановления от расчетного, что в определенной степени объясняется ненадежностью ремонтника в смысле безошибочности его работы, как следствие – недостаточной «функциональной» надежностью системы технического диагностирования.

В этой связи возникает задача разработки методик построения рациональных алгоритмов диагностирования, обеспечивающих повышение достоверности поиска отказов при восстановлении ТС и АСУ. Решение этой задачи потребует решения ряда частных задач:

1. Разработки модели поиска отказов с учетом характеристик безошибочности оператора и средства диагностирования, позволяющей количественно оценить достоверность поиска и связать ее с временными затратами на восстановление работоспособности ТС и АСУ.

2. Разработки оптимальных путей повышения достоверности поиска отказов при восстановлении ТС и АСУ.

3. Создания методики определения трудозатрат, необходимых для восстановления поврежденной ТС и АСУ и оценки их достоверности.

Повышение достоверности поиска отказов при восстановлении ТС и АСУ может служить альтернативной конструктивным путям обеспечения требуемых показателей ремонтпригодности и заключается в построении алгоритмов поиска, устойчивых в отношении ошибок оператора и средства диагностирования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Чихачев А.В., Третьяков С.М., Бурлаков А.А., Баринев М.А., Морозов Р.В. Техническое обеспечение связи и автоматизации: – СПб.: ВАС, 2018. – 302 с.

2. Чихачев А.В., Васильева А.М., Прошкин А.А. Направления совершенствования системы технического обеспечения связи и АСУ // Проблемы технического обеспечения войск в современных условиях. Сборник материалов III Межвузовской научно-практической конференции. – СПб.: ФГБОУ ВО Военная академия связи им. Маршала Советского Союза С.М. Буденного, 2018. С. 10-14.

3. Трипкош В.А. Составной граф-схемный алгоритм распознавания ситуаций в информационно-управляющих системах // Инновационные технологии в науке нового времени. Международная научно-практическая конференция, 2016. С. 34-40.

УДК 614.841.42

М. В. Бутенко, А. А. Покровский

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ПРИЦЕПНОГО ПОЖАРНОГО МОДУЛЯ

Ключевые слова: квадроцикл, крутящий момент, тяговое усилие, мощность.

Аннотация: для оценки свойств конструкции прицепного пожарного модуля проведен анализ и расчет следующих ряда эксплуатационных свойств, определяющих его тягово-скоростные и тормозные характеристики, а также его свойства, влияющие на устойчивость движения, управляемость и маневренность.

М. V. Butenko, A. A. Pokrovsky

TRAILER FIRE MODULE PERFORMANCE

Keywords: ATV, torque, traction, power.

Abstract: to assess the structural properties of the trailed fire module, the following series of operational properties were analyzed and calculated, which determine its traction-speed and braking characteristics, as well as its properties that affect the stability of movement, controllability and maneuverability.

Для тушения степных пожаров наиболее эффективно зарекомендовал себя прицепной пожарный модуль (см. рис.), который можно зацепить как за автомобиль, так и за квадроцикл.



Рис. Прицепной пожарный модуль

Прицепной пожарный модуль состоит из прицепа, в котором размещены насос высокого давления, емкость для воды и пистолет со шлангом.

Для оценки свойств конструкции прицепного пожарного модуля и его способности своевременно прибыть к месту пожара необходим анализ и расчет следующих эксплуатационных свойств: тягово-скоростных, тормозных, устойчивости движения, управляемости, маневренности, плавности хода.

Тягово-скоростные свойства квадроцикла определяются его способностью к движению под действием продольных сил ведущих колес. Тяговые свойства позволяют квадроциклу преодолевать подъемы, буксировать прицеп с оборудованием и двигаться по бездорожью. Крутящий момент двигателя M_d передается через трансмиссию к ведущим колесам. Приведенные в технической документации значения характеристик двигателя соответствуют условиям стендовых испытаний. При работе техники в реальных условиях эти параметры могут отличаться. Поэтому для определения крутящего момента M_d можно воспользоваться формулой:

$$M_d = K_c \cdot M_e \quad (1)$$

где M_e - крутящий момент двигателя при стендовых испытаниях; $K_c = 0,88$.

$$M_d = 0,88 \cdot 55 = 48,4 \text{ Н}\cdot\text{м}$$

Суммарная тяговая сила P_k , которую может обеспечить двигатель

$$P_k = \frac{M_d}{r_d} \quad (2)$$

где r_d - динамический радиус колеса.

$$P_k = \frac{48,4 \cdot 10^3}{635} = 76,2 \text{ Н}$$

Найденная сила P_k определяет способность колеса, находящегося под нагрузкой передавать касательные силы при взаимодействии с дорогой. Сила сцепления шины с дорогой P_φ является максимальным значением горизонтальной реакции T_n , которая пропорциональна нормальной реакции колеса R_n :

$$P_\varphi = T_n = \varphi \cdot R_n \quad (3)$$

где φ - коэффициент сцепления; $\varphi = 0,35$.

$$T_n = \sqrt{X_n^2 + Y_n^2} \quad (4)$$

$$R_n = G_n \cdot g \quad (5)$$

где G_n - вес снаряженного квадроцикла; g - ускорение свободного падения.

$$R_n = 6300 \cdot 9,81 = 61803 \text{ Н}$$

$$P_\varphi = 0,35 \cdot 61803 = 21631 \text{ Н}$$

Соппротивление качению колеса с пневматической шиной по деформируемой дороге (песок, пашня) возникает за счет затрат энергии на деформацию грунта (образование колеи) и на преодоление сил трения между колесом и грунтом.

Силу сопротивления качению можно вычислить по формуле:

$$P_f = f \sum_1^n R_n = f \cdot G_n \cdot g \cdot \cos \alpha \quad (6)$$

где f - коэффициент сопротивления качению, $f = 0,3$; α - угол продольного уклона дороги, $\alpha = 10^\circ$.

$$P_f = 0,3 \cdot 6300 \cdot 9,81 \cdot \cos 10^\circ = 18259 \text{ Н}$$

Мощность необходимая для преодоления сил сопротивления качению ведущих колес:

$$N_f = P_f \cdot v \cdot 10^{-3} \quad (7)$$

$$N_f = 18259 \cdot 0,8 \cdot 10^{-3} = 14,6 \text{ кВт}$$

Сила сопротивления подъему пожарного автомобиля:

$$P_i = G_n \cdot g \cdot \sin \alpha \quad (8)$$

$$P_i = 6300 \cdot 9,81 \cdot \sin 10^\circ = 10732 \text{ Н}$$

Мощность необходимая для преодоления силы сопротивления подъему:

$$N_i = P_i \cdot v \cdot 10^{-3} \quad (9)$$

$$N_i = 10732 \cdot 0,8 \cdot 10^{-3} = 8,5 \text{ кВт}$$

Таким образом, в результате проведенных расчетов были определены основные эксплуатационные свойства прицепного пожарного модуля, которые позволяют оценить ряд параметров определяющих скоростные и силовые характеристики устройства при его движении.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Безбородько М.Д. Пожарная техника: Учебник / М.Д. Безбородько, М.В. Алешков, В.В. Роевко, А.В. Рожков и др.; под ред. М.Д. Безбородько. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2012. – 437 с.
2. Авдеев М.В. Технология ремонта машин и оборудования / М.В. Авдеев. – М.: Агропромиздат, 2010. – 362 с.

УДК 621.787

М. Ю. Волкова

ФГБОУВПО Ивановский государственный энергетический университет им. В.И. Ленина

АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ РАСЧЕТА И КОНСТРУИРОВАНИЯ БЕЗОПАСНОГО ОБОРУДОВАНИЯ ОФИСНЫХ СИСТЕМ

Ключевые слова: Безопасность оборудования, удобство рабочей зоны, эргономика, конструирование, антропометрия.

Аннотация: Статья посвящена актуальным проблемам расчета и конструирования безопасного оборудования офисных комплексов и систем. Охватывает вопросы, связанные с осмыслением и решением проблем производства офисного оборудования с учетом особенностей физиологического характера, рациональной и антропометрически обоснованной организацией рабочего места сотрудников.

M. Yu. Volkova

ACTUAL PROBLEMS OF CALCULATION AND DESIGN OF SAFE OFFICE SYSTEM EQUIPMENT

Keywords: Equipment safety, working area convenience, ergonomics, design, anthropometry.

Abstract: The article is devoted to actual problems of calculating and constructing jobs in the nuclear industry. Covers issues related to understanding and solving production problems of a psychophysiological nature, rational and anthropometric-based organization of the operator's workplace.

В различных сферах жизнедеятельности человека всегда остаются актуальными проблемы проектной стадии расчета и конструирования оборудования, удобство его эксплуатации и безопасности при работе персонала. Это главные показатели, которые не только способствуют трудоспособности, но и оказывают влияние на здоровье.

К отрицательным показателям безопасности на производстве можно отнести: повышенную утомляемость, потерю производительности, нежелание работать в некомфортной среде и, как следствие – угроза здоровью сотрудников и общей безопасности.

Среди вредных и опасных факторов, возникающих в большинстве структурных подразделениях выделяют:

- физические перегрузки, связанные с труднодоступностью для пользователя узлов и деталей оборудования;
- психофизиологические факторы, возникающие в связи с длительным физическим и эмоциональным напряжением;
- расположение рабочего места на значительной высоте (или ниже) относительно поверхности земли (пола);
- недостаточная освещенность рабочей зоны;

Для понимания этих проблем необходимо рассмотреть зависимость удобства рабочей среды на примере организации ресепшен – административной стойки, которую можно увидеть в целом ряде организаций.

Как известно, слово ресепшн изначально произошло от английского «reception», что буквально можно перевести как «прием». В современном языке данное слово приобрело другое (сугубо практическое) значение — «приемная стойка». Это изделие – мебель, которая неизменно оказывается в центре внимания любого зашедшего в помещение человека. Именно ресепшн позволяет взаимодействовать работнику организации и клиенту, оттого она выполняет не только эстетическую, но и практическую функцию.

Необходимость обращать внимание конструкторов на объекты такого рода обусловлена важностью этой части производства, как центра, откуда контролируется весь процесс.

При расчете и конструировании не только машин и механизмов, но и бытового оборудования, необходимо рассматривать эргономику как научную дисциплину, комплексно изучающую человека в процессе его трудовой деятельности в определённой среде и с точки зрения профессионально-специализированных данных. При этом необходимо учитывать антропометрические и психофизические данные индивида. С этим связаны проблемы надежности, координации, точности и стабильности работы персонала.

Для установления удобства ресепшн при проектировании нужно проанализировать влияние геометрии отдельных элементов на работоспособность человека, определить доступность узлов формы, учесть антропологические данные. На основе полученных результатов, полученной зависимости, предложить возможные наилучшие решения по расположению в пространстве помещения, сделать наглядную модель рабочего места (рис. 1).

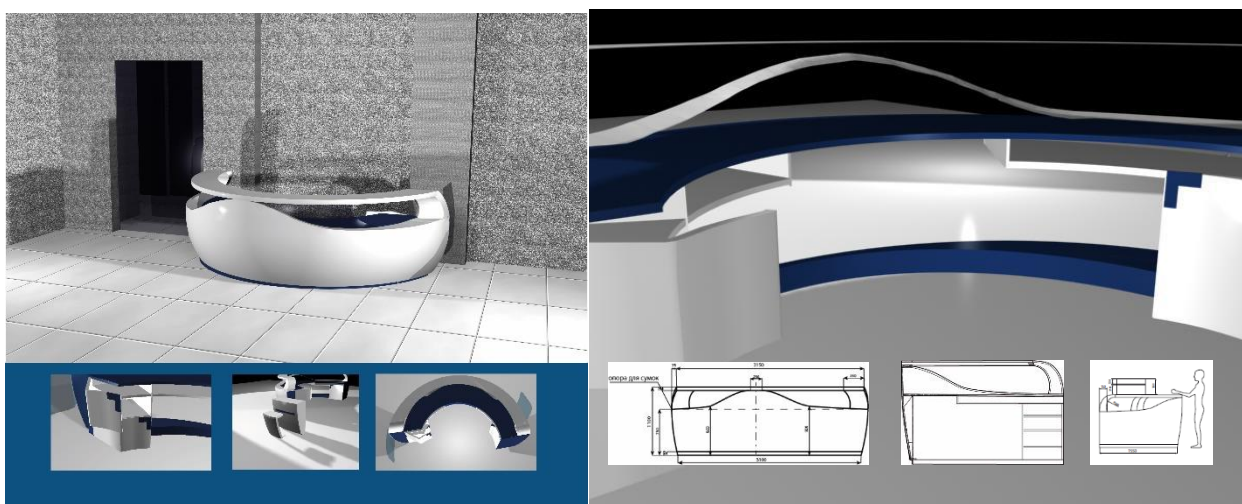


Рис. 1. Пример эргономики ресепшен в пространстве помещения

Ощущение удобства рабочего места передается через зрительное восприятие и выделение основных структурных особенностей объекта. Сначала воспринимается отношение предметов и пространства. Затем осваиваются отношения между предметами, затем между деталями предметов. И создается четкое представление о целом. Эта особенность зрительного восприятия используется в проектно-конструкторской деятельности с целью обеспечения целостного восприятия сооружаемых объектов.

Таким образом, сделан вывод:

Использование оборудования в первую очередь должно быть безопасным и безвредным для человека. Поэтому требования безопасности необходимо соблюдать на всех стадиях расчета, конструирования и функционирования любых объектов и процессов: при научных исследованиях, технико-экономических обоснованиях, проектировании, производстве и эксплуатации.

Обеспечение безопасности человека в значительной степени зависит от правильной оценки опасных для него факторов. Одинаковые по тяжести изменения в ор-

ганизме человека могут быть вызваны как отдельными причинами, так и совокупностью факторов.

Рациональной и антропометрически обоснованной организацией рабочего места сотрудника ресепшн возможно решить ряд вопросов, связанных с нервно-психическими перегрузками, к которым относятся: монотонность труда; эмоциональные перегрузки; отсутствие физических нагрузок.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Волкова М.Ю., Егорычева Е.В., Торопов Т.Д. Использование системы получения и передачи зрительной информации в конструировании машин и механизмов // Надежность и долговечность машин и механизмов: материалы IX Всероссийской научно-практической конференции. – Иваново: ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2018. – С.48 – 50

2. Волкова М.Ю. Моделирование вычислительного и аналитического проектирования механических систем // Надежность и долговечность машин и механизмов: материалы IX Всероссийской научно-практической конференции. – Иваново: ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2018. – С.51 – 53

УДК 621.787.

М. Ю. Волкова, Н. Л. Павлюкова

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

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СРЕДСТВ КОМПЬЮТЕРНОЙ ИНЖЕНЕРИИ ПРИ КОНСТРУИРОВАНИИ АДАПТАЦИОННОГО ТРЕНАЖЕРА

Ключевые слова: Адаптационный тренажер, компьютерная инженерия, эргономика, антропометрия, конструирование.

Аннотация: Статья посвящена проблемам использования средств компьютерной инженерии при конструировании адаптационного тренажера. Анализируется комплексное сочетание различных факторов, а также дублированный контроль результатов электронными средствами, что позволяет в дальнейшем координировать динамику процесса адаптации и выздоровления.

M. Yu. Volkova, N. L. Pavlyukova

USING COMPUTER ENGINEERING CONSTRUCTION OF ADAPTATION SIMULATOR

Keywords: Adaptation simulator, computer engineering, ergonomics, anthropometry, design.

Abstract: The article is devoted to the problems of using computer engineering tools in the design of the adaptation simulator. The complex combination of various factors is analyzed, as well as the duplicated control of the results by electronic means, which allows us to coordinate the dynamics of the adaptation and recovery process in the future.

Вопросы точного инженерного расчета при конструировании механизмов, предназначенных как для реабилитационных программ, так и для различных общеспортивных тренировок в настоящее время достаточно актуальны. Использование средств компьютерной инженерии позволяет решать проблемы износа в машинах и механизмах уже на стадии проектирования.

Данный тренажер предназначен для многочисленных и разнонаправленных реабилитационных тренировок (в том числе и кардионагрузок), включает в себя комплектацию различных тренажеров с большим количеством функций, развивающих выносливость организма при беговых упражнениях, мышечных нагрузках направлен на развитие вестибулярного аппарата, восстановления опорно-двигательной системы человека. Объект состоит из сочетаемых между собой элементов, позволяющих воспользоваться нужным тренажером на определенную группу мышц.

При разработке конструкции тренажера уделяется внимание на соответствие функций анатомии частей тела человека (элементы руки, ноги, позвоночника), анализу существующих прототипов, эстетике, эргономике и антропометрии, соответствии внешнего вида и назначения прибора. Конструируемый тренажер (рис. 1) представляет собой комплекс, который можно сложить в компактную конструкцию и перевезти его на подготовленную площадку (тренажер-трансформер).

Использование средств компьютерной инженерии позволяет не только решать на стадии проектирования вопросы пропорционирования, динамики и статики оборудования; вопросы выбора материала (либо комбинаторики нескольких материалов), просчитывать варианты конструкции, но также разрабатывать системное и прикладное программное обеспечение в сфере реабилитационной медицины.

Спроектированный комплекс наглядно информирует тренирующегося, для какого упражнения, тот или иной блок тренажера предназначен, так как элементы общей формы легко воспринимаются за счет объемно пространственной структуры.



Рис. 1. Варианты конструирования адаптационного тренажера

Учет индивидуальных антропометрических данных для достижения максимального реабилитационного результата, контролируемого врачом, выполняется также с применением средств компьютерной инженерии. Материал выбирается с учетом

возможности точных настроек под конкретного пользователя, декоративных свойств, пластичности, прочности, взаимозаменяемости и экономичности.

Во время проектирования рассматривались вопросы, учитывающие психологию человека с различными патологиями. В случае конкретного тренажера, с медицинским диагностическим показаниями – пациент и его врач. Очень важно учитывать при этом, чтобы внешний вид изделия, как фактор, не сказывался отрицательно на восприятии, не вызывал у пациента не только неудобство в пользовании, но и не провоцировал эмоционального напряжения, болевых синдромов.

Разрабатываемая форма тренажера проектировалась с учетом современных требований и тенденций, сохраняя индивидуальные свойства с учетом современности, точности и легкости. Элементы, встроенные в конструкцию тренажера, полностью функционируют и обеспечивают работоспособность всех соединяющих узлов. Для производства изделия может быть выбран любой современный и экологичный вариант материала. Кроме того, при необходимости, данный тренажер можно выполнить из нескольких материалов в зависимости от предполагаемого места установки (внутри помещения или на улице). Спроектированный тренажер несет эмоциональное начало, он выделяется среди аналогичных тренажеров, потому что собран в одно целое. Данная конструкция соответствует стилю объемно пространственной композиции.

Форма воспринимается целостно, ничего не выпадает за пределы конструкции. Каждый присутствующий элемент дополняет другой.

Выявлено, что концепция использования в проектировании, расчете и конструировании тренажеров требует не только знаний эргономики, антропометрии и технической эстетики, но и охватывает вопросы спортивной медицины и реабилитации что дает наиболее эффективные результаты. По отношению к человеку комплекс достаточно прост, не введет в заблуждение для какого упражнения предназначена данная конструкция. В тоже самое время на нем могут заниматься сразу несколько человек.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Волкова М.Ю., Егорычева Е.В. Использование графической подготовки в учебном процессе // Информационная среда вуза. Материалы XXIII Международной научно-технической конференции: материалы конференции. – Иваново: ФГБОУ ВО Ивановский государственный политехнический университет. Изд. ДИВТ ИПК «Пресс Сто». – 2016. – С. 74.
2. Волкова М.Ю., Егорычева Е.В. Проектная деятельность в учебном процессе // Информационная среда вуза. Материалы XXIII Международной научно-технической конференции: материалы конференции. – Иваново: ФГБОУ ВО Ивановский государственный политехнический университет. Изд. ДИВТ ИПК «Пресс Сто». – 2016. – С. 34.
3. Павлюкова Н.Л., Баранов Б.Ш. Сравнительный анализ САД-систем КОМПАС-3D и SolidWorks // Состояние и перспективы развития электро- и теплотехнологии (Бенардосовские чтения): материалы Международной (XX Всероссийской) научно-технической конференции. – Иваново, 2019. – С. 279 – 282.

УДК 532.525.2

С. В. Воробьев, А. М. Козлов, И. В. Постникова, В. Н. Блиничев

ФБГОУ ВО Ивановский государственный химико-технологический университет

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СКОРОСТИ И КОНЦЕНТРАЦИИ ЧАСТИЦ ТВЕРДОЙ ФАЗЫ В ТУРБУЛЕНТНОЙ СТРУЕ ГАЗА, ИСТЕКАЮЩЕЙ В ПСЕВДООЖИЖЕННЫЙ СЛОЙ В ПРОТИВОТОЧНОМ СТРУЙНОМ ИЗМЕЛЬЧИТЕЛЕ

Ключевые слова: Турбулентная струя, эжекция, двухфазный поток, скорость частицы, коэффициент лобового сопротивления, псевдоожигенный слой.

Аннотация: Статья посвящена исследованию гидродинамики эжекционного струйного течения. Описываются основные геометрические параметры турбулентной струи, погруженной в псевдоожигенный слой. Подробно проанализирован вопрос об определении скорости частиц, эжектированных в струю. Дано выражение для определения концентрации твердых частиц.

S. V. Vorobyov, A. M. Kozlov, I. V. Postnikova, V. N. Blinichev

DETERMINATION OF THE SPEED AND CONCENTRATION OF PARTICLES OF A SOLID PHASE IN A TURBULENT GAS FLOW EXHAUSING IN A FLUIDIZED BED LAYER IN A OPPOSED JET MILL

Keywords: Turbulent jet flow, ejection, two-phase flow, particle velocity, drag coefficient, fluidized bed layer.

Abstracts: The article is devoted to the study of the hydrodynamics of an ejection jet flow. The basic geometric parameters of a turbulent jet immersed in a fluidized bed are described. The issue of determining the velocity of particles ejected into the jet is analyzed in detail. An expression is given for determining the concentration of solid particles.

Исследованию струйных и свободных сдвиговых течений посвящено большое количество как теоретических [1, 2, 3], так и экспериментальных работ [4, 5]. Выходной канал струи может иметь круглый или прямоугольный профиль поперечного сечения. В первом имеются круглые или осесимметричные струи [6], а во втором – инверсионные [7]. На сегодняшний день струи осесимметричного типа подробно исследованы при широком диапазоне чисел Рейнольдса и различной плотности рабочего газа. В недавнем обзоре о круглых турбулентных струях [8] были представлены экспериментальные и численные достижения за период 86 лет. Результаты экспериментальных исследований механизма развития и турбулизации круглой струи при дозвуковых скоростях с классическим (ударным) профилем скорости представлены в работе [9].

Наибольший интерес представляют работы [10, 11] описывающие гидродинамику осесимметричной круглой струи, погруженной в псевдоожигенный слой с уче-

том физико-механических свойств материала и основных параметров, характеризующих псевдооживленный слой.

Развитие мощностей вычислительных ресурсов позволили посредством моделирования больших вихрей (LES) оказаться полезным для определения полных полей скоростей потока круглых струй [12].

Условно турбулентную струю можно разделить на 2 участка: начальный и основной, которые разделяются переходным сечением [1, 10, 11]. Согласно схеме, представленной на рис.1, начальный участок струи состоит из ядра струи с постоянным значением продольной скорости $\frac{v_r}{v_0} = 1$ и пограничным слоем, в котором продольная составляющая скорости меняется от значения v_0 в ядре струи до значения на внешней границе струи.

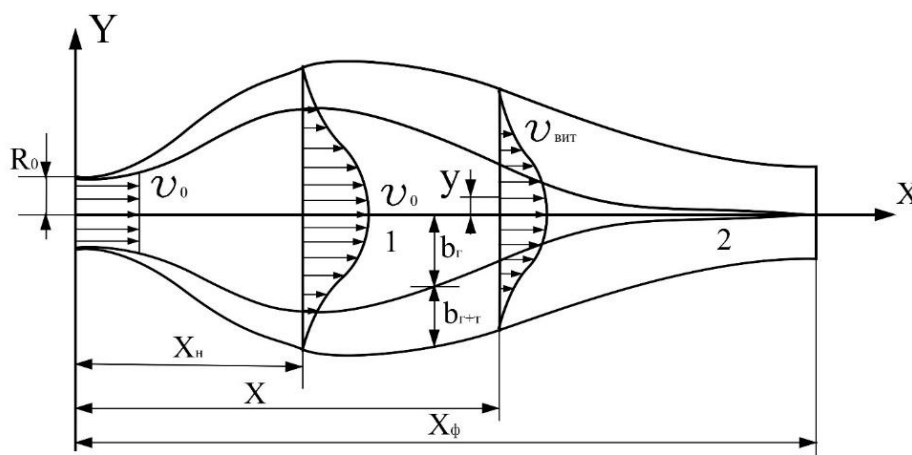


Рис. 1. Схематичное отображение факела газовой струи, истекающей в псевдооживленный слой: v_0 - скорость газовой среды на выходе из сопла м/с; R_0 – радиус сопла, м; X_n – длина начального участка струи, м; $X_φ$ – длина факела струи, м; X – расстояние от сопла до рассматриваемого сечения струи, м; b_r – ширина (радиус) газовой зоны в поперечном сечении, м; $b_{r+τ}$ – ширина (радиус) двухфазной зоны (газ + твердые) в поперечном сечении, м; y – расстояние от оси струи до заданной точки сечения потока, м; $v_{вит}$ – скорость витания, м/с; 1-газовая зона, 2 – зона газ+твердые частицы

Из классической теории затопленных струй [1] принято считать, что движение дисперсной примеси в струе в основном подчиняется законам движения воздуха, т.е. скорость частицы $v_{ТВ}$ близка к локальной скорости воздушного потока v_r . Уравнение движения частицы в воздушном потоке можно записать в следующем виде:

$$\rho_{ТВ} V_{ТВ} \frac{dv_{ТВ}}{d\tau} = \rho_r V_{ТВ} \frac{dv_r}{d\tau} \pm \xi \rho_r S_{мид} \frac{(v_r - v_{ТВ})^2}{2} \quad (1)$$

где ρ_r - плотность газа, кг/м³; $\rho_{ТВ}$ - плотность твердого материала, кг/м³; $d_{ТВ}$ – диаметр частицы, м; $V_{ТВ}$ -объем частицы, м³; ξ - коэффициент гидравлического сопротивления частицы; τ – время, с; v_r -скорость газа, м/с; $v_{ТВ}$ – скорость частицы, м/с; $S_{мид}$ - площадь миделева сечения, м².

Подставляя в (1) $V_{ТВ} = \frac{\pi d_{ТВ}^3}{6}$; $S_{мид} = \frac{\pi d_{ТВ}^2}{4}$ получим:

$$\frac{dv_{ТВ}}{d\tau} = \frac{\rho_r}{\rho_{ТВ}} \frac{dv_r}{d\tau} \pm 0,75 \xi \frac{\rho_r}{\rho_{ТВ}} \frac{1}{d_{ТВ}} (v_r - v_{ТВ})^2 \quad (2)$$

где $d_{ТВ}$ - диаметр частицы, м.

Таким образом, скорость частицы $v_{ТВ}$ для начального участка струи можно определить по выражению:

$$v_{ТВ} = v_0 - \frac{1}{\frac{1}{v_0 - v_{ТВ0}} + 0,33 \frac{\rho_{\Gamma}}{\rho_{ТВ}} \frac{1}{d_{ТВ}} \tau} \quad (3)$$

где $v_{ТВ0}$ – скорость частицы, в пограничном слое начальной зоны струи, м/с;

Поскольку на основном участке струи скорость является величиной переменной, то уравнение (3) принимает вид:

$$v_{ТВ} = v_0 - \frac{r_{\text{ЭКВ}} v_0}{0,366 \left[C_1 \frac{v_{ТВ} - v_{\text{ВИТ}}}{v_{ТВ} + v_{\text{ВИТ}}} + C_2 \right] (x + x_{\text{Н}})} \sqrt{\frac{\rho_{ТВ}(1 + \kappa)}{\rho_{\text{СР}}}} \quad (4)$$

где: $r_{\text{ЭКВ}}$ – эквивалентный радиус частицы, м; $\rho_{\text{СР}}$ -плотность двухфазовой смеси в струе, кг/м³- C_1 - коэффициент характеризующий динамику изменения толщины газовой зоны; C_2 - коэффициент характеризующий динамику изменения толщины зоны газ+твердые частицы.

$$\rho_{\text{СР}} = \rho_{ТВ} \frac{1 + \kappa}{\left(1 + \frac{C_2}{C_1} - v_{ТВ}\right)^2} \left(\frac{v_{ТВ} + v_{\text{ВИТ}}}{v_{ТВ}}\right)^2 + 0,5\rho_{\text{СЛ}} \left[1 - \frac{1}{\left(1 + \frac{C_2}{C_1} \frac{v_{ТВ} + v_{\text{ВИТ}}}{v_{ТВ} - v_{\text{ВИТ}}}\right)^2} \right] \quad (5)$$

где $\rho_{\text{СЛ}}$ – плотность псевдооживленного слоя с учетом его порозности ε , кг/м³
Коэффициент аэродинамического сопротивления ξ может быть определен по уравнению:

$$\xi = \left(\frac{4,8}{Re_{\text{ч}}} + 0,63\right)^2 \quad (6)$$

где $Re_{\text{ч}}$ - коэффициент Рейнольдса для твердых частиц.

Так как законы движения частиц на начальном и основном участках различны, то возникает задача определения длин этих участков.

Длину начального участка $x_{\text{Н}}$ определяем по формуле:

$$x_{\text{Н}} = \frac{r_{\text{ЭКВ}} v_0}{0,366 \left[C_1 \frac{v_{ТВ} - v_{\text{ВИТ}}}{v_{ТВ} + v_{\text{ВИТ}}} + C_2 \right]} \sqrt{\frac{\rho_{ТВ}(1 + \kappa)}{\rho_{\text{СР}}}} \quad (7)$$

На начальном участке $x_{\text{Н}}$ струи частицы разгоняются вследствие высокого значения относительной скорости $(v_{\Gamma} - v_{ТВ})$ (рис. 2). На основном участке $x_{\text{осн}}$ скорость частицы $v_{ТВ}$, в силу инерции превышает скорость газового потока v_{Γ} . С этого момента струя начинает затормаживать движение частицы и её скорость, как и скорость газа постепенно уменьшаются.

Секундный массовый расход твёрдой фазы, подсасываемый в струю $G_{ТВ}$ из псевдооживленного слоя с учетом коэффициента массового содержания твёрдой фазы в потоке φ_M (рис. 5), можно рассчитать из уравнения:

$$G_{ТВ} = \varphi_M v_{ТВ0} \rho_{ТВ} S_2 \quad (8)$$

где φ_M – коэффициент массового содержания твёрдой фазы в потоке, который зависит от размера частиц, S_2 – площадь эжекции, m^2 .

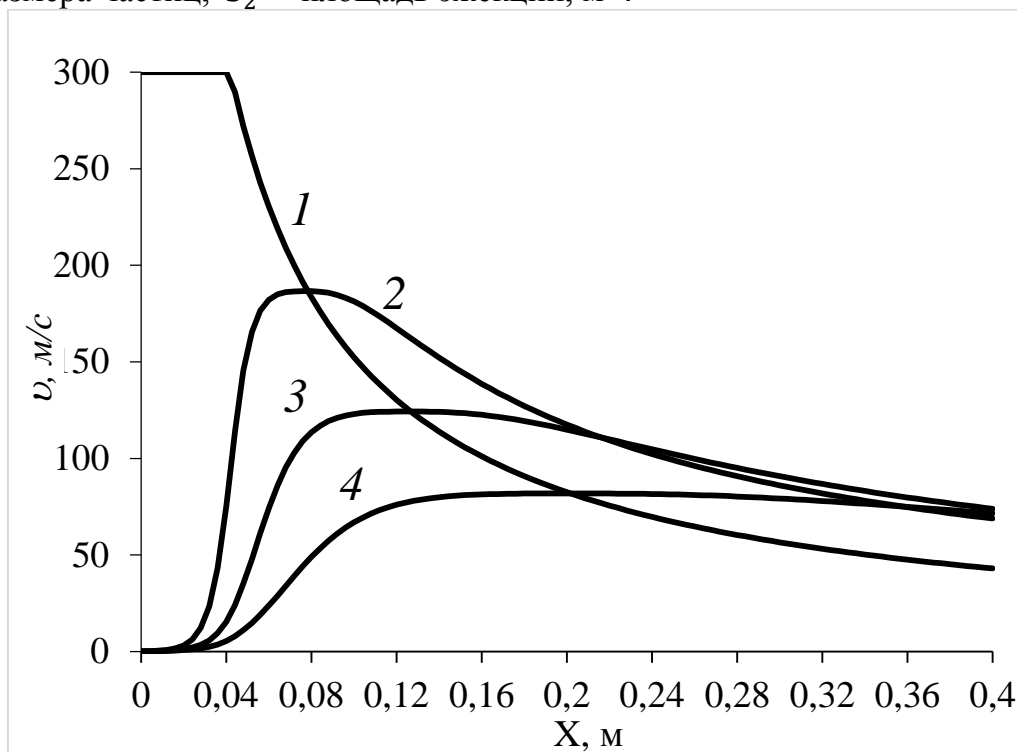


Рис. 2. Зависимость скорости частицы $v_{ТВ}$ известняка разного диаметра $d_{ТВ}$ от расстояния x : 1-скорость газа v_g м/с; 2- $d_{ТВ} = 0,004$ м; 3 - $d_{ТВ} = 0,006$ м; 4 - $d_{ТВ} = 0,008$ м

Таким образом, зная секундный массовый расход твёрдой фазы $G_{ТВ}$ и средний объём одной частицы твёрдого материала $V_{ТВ}$, можно вычислить количество частиц n' твёрдой фазы эжектируемой в поток за 1 единицу времени.

$$n' = \frac{G_{ТВ}}{V_{ТВ} \rho_{ТВ}} \quad (9)$$

Вывод: представленные результаты исследования истечения турбулентной высоконапорной струи в двухфазную среду позволяют определить габариты зоны разрежения в зависимости от диаметра сопла и скорости истечения воздуха, необходимые для надежного расчета коэффициента эжекции гетерогенной среды (воздух + твердые частицы). Знание концентрации и скорости движения частиц твердой фазы в струе позволит рассчитать, вероятность их столкновения и разрушения в противоточных струях, погруженных в псевдооживленный слой.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ № 19-03-00787.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абрамович Г. Н. Теория турбулентных струй. – М.: ЭКОЛИТ, 2011. – 720 с.

2. Abid M. Simulation numeriques directes de la dynamique de transition tridimensionnelle des jets axisymetriques // Ph. D thesis. – Ecole Normale Superieure de Paris, 1993.-97 с.
3. Crow S. C., Champagne F. H. Orderly structure in jet turbulence // J. Fluid Mech. – 1971. -Vol. 48. - P. 547 – 591.
4. Bernal L. P., Roshko A. Streamwise vortex structure in plane mixing layers // J. Fluid Mech. – 1986. – No. 170. – P. 499.
5. Liepmann D., Gharib M. The role of streamwise vorticity in the near-field entrainment of round jets // J. Fluid Mech. - 1992. - Vol. 245. - P. 643-668.
6. Kopias K., Kossowski Z.: Fibres & Textiles in Eastern Europe Vol, 14, No. 1 (55), 2006, pp 76-78.
7. Komisarczyk A.: Włókniny opatrunkowe wytwarzane metodą rozpuszczalnikową spod filiiery, Praca doktorska, Politechnika Łódzka 2008.
8. C. Ball, H. Fellouah, A. Pollard, The flow field in turbulent round free jets, Progress in Aerospace Sciences 50 (2012) 1 – 26. doi:10.1016/j.paerosci.2011.10.002.
9. Козлов Г. В., Грек Г. Р., Сорокин А. М., Литвиненко Ю. А. Влияние начальных условий на срезе сопла на структуру круглой струи // Теплофизика и аэромеханика. 2008. Т. 15, № 1. С. 59–73.
10. Буевич, Ю. А., Минаев Г.А. Струйное псевдооживление / - М.: Химия, 1984. - 133 с.
11. Шахова Н.А. Истечение турбулентных струй в псевдооживленный слой // Инженерно-физический журнал, 1968. - Т. 14. - № 1. - С. 61.
12. J. R. DeBonis, J. N. Scott, Large eddy simulation of a turbulent compressible round jet, AIAA Journal 40 (7) (2002) 1346–1354. doi:10.2514/2. 1794.

УДК 62.799

А. О. Гладких, А. А. Покровский

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

УСТРОЙСТВО ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ДАВЛЕНИЯ В ВОДОПРОВОДНОЙ СЕТИ ПОЖАРНЫХ ГИДРАНТОВ

Ключевые слова: Гидрант, водопроводная сеть, манометр, секция, напряжение, давление.

Аннотация: Приведено описание разработанного устройства для измерения давления в водопроводной сети. Представлена методика расчета определения основных геометрических параметров устройства и проверочные расчеты его отдельных элементов на прочность.

A. O. Gladkih, A. A. Pokrovsky

DEVICE FOR MEASURING PRESSURE IN A WATER NETWORK NETWORK OF FIRE HYDRANTS

Keywords: Hydrant, water supply network, pressure gauge, section, voltage, pressure.

Abstracts: The description of the developed device for measuring pressure in the water supply network is given. The calculation method for determining the basic geometric parameters of the device and verification calculations of its individual elements for strength are presented.

Пожарный гидрант – это устройство для отбора воды для пожарных нужд. Источником воды служит водопроводная сеть. Вода отбирается с использованием колонки. Руководители организаций должны обеспечивать исправность источников наружного противопожарного водоснабжения и внутреннего противопожарного водопровода и организовывать проведение проверок их работоспособности. Для контроля давления в системах трубопроводов водоснабжения разработано устройство, представленное на рис. 1, которое состоит из следующих основных частей: секция – 1, соединительные полугайки – 2; заглушка – 3; манометр – 4; шаровой кран – 5. Проведены расчеты данного устройства.

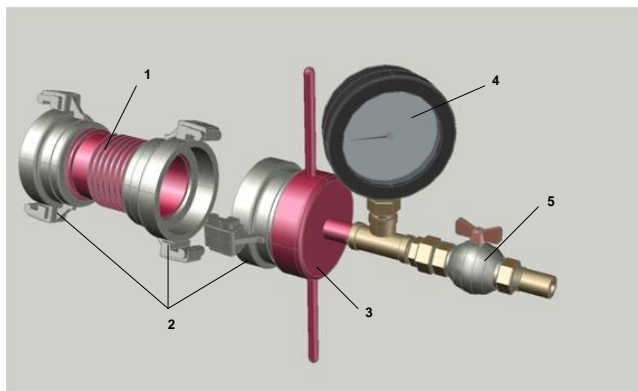


Рис. 1. Устройство для измерения давления

Одним из основных расчетных геометрических параметров является толщина стенки секции. Расчет проводится при условии работы секции под избыточным и внешним давлением.

Толщина стенки секции при ее работе под избыточным давлением:

$$S_1 = \frac{P_1 D}{2[\sigma]\varphi_p - P},$$

где D - внутренний диаметр секции; P_1 - избыточное давление; $[\sigma]$ - допускаемое напряжение; φ_p - коэффициент прочности сварного шва.

Допускаемое напряжение определяется по формуле:

$$[\sigma] = \eta \frac{\sigma_T}{n_T},$$

где $\eta = 0,7$; σ_T - предел текучести материала; $\sigma_T = 245$ МПа; n_T - коэффициент запаса прочности; $n_T = 1,5$.

$$[\sigma] = \frac{245}{1,5} \cdot 0,7 = 114(\text{МПа}),$$

$$S_1 = \frac{0,8 \cdot 80}{2 \cdot 114 \cdot 1 - 0,8} = \frac{64}{227,2} = 0,28 \text{ мм}$$

Расчетное значение толщины стенки должно быть больше на величину прибавки c , которая учитывает коррозию материала и технологию изготовления:

$$S = S_1 + c = 0,28 + 2 = 2,28 \text{ мм}$$

Толщина стенки секции при ее работе под внешним давлением:

$$S_2 = \frac{1,1 P_2 D}{2[\sigma]},$$

где P_2 - внешнее давление;

$$S_2 = \frac{1,1 \cdot 0,18 \cdot 80}{2 \cdot 114} = 0,07 \text{ мм}$$

$$S = 0,07 + 2 = 2,07 \text{ мм}$$

По результатам проведенных расчетов окончательно принимаем толщину стенки секции равной 3 мм.

Расчет толщины заглушки:

$$S_{\text{НД}} \geq 0,41 \cdot D_1 \sqrt{\frac{P_1}{[\sigma]}},$$

где D_1 - внутренний диаметр заглушки;

$$S_{\text{НД}} \geq 0,41 \cdot 85 \sqrt{\frac{0,8}{114}} = 2,92 \text{ мм}$$

Окончательно принимаем толщину стенки заглушки 4 мм.

Расчет резьбового соединения заглушки производится на прочность, так как подвергается в процессе затяжки и эксплуатации нагрузкам. Диаметр резьбы выбирается по конструктивным соображениям, а затем определяется длина свинчивания. Расчет резьбы производится на изгиб, смятие и срез, считая приближенно работу всех витков резьбы, находящихся в контакте в резьбовой паре, равномерной. Расчетная длина свинчивания в резьбовых соединениях насадок из условия ее прочности на изгиб:

$$l' = \frac{kP(d_o - d_1)}{d_1 t \sigma_{\text{ид}}},$$

где k - коэффициент для трубной цилиндрической резьбы, $k = 0,685$; P - расчетная нагрузка, воспринимаемая резьбой; t - шаг резьбы, $t = 2,309 \text{ мм}$; $\sigma_{\text{ид}}$ - допускаемое напряжение на изгиб;

$$l' = \frac{0,685 \cdot 4019 \cdot (81,534 - 78,576)}{78,576 \cdot 2,309 \cdot 85} = 0,528 \text{ мм}$$

Длина свинчивания в резьбовом соединении заглушки из условия прочности на смятие:

$$l' = \frac{1,27Pt}{(d_o^2 - d_1^2)\sigma_{сд}},$$

где $\sigma_{сд}$ - допускаемое напряжение смятия;

$$l' = \frac{1,27 \cdot 4019 \cdot 2,309}{(81,534^2 - 78,576^2) \cdot 135} = 0,184 \text{ мм},$$

Длина свинчивания резьбового соединения насадок из условия их прочности на срез:

$$l' = \frac{0,318P}{kd_1 t \sigma_{сд}},$$

где $\sigma_{сд}$ - допускаемое напряжение на срез;

$$l' = \frac{0,318 \cdot 4019}{0,685 \cdot 78,576 \cdot 40} = 0,593 \text{ мм}$$

Длину свинчивания, независимо от расчета, рекомендуется принимать не менее

$$l = 8t = 18,3 \text{ мм}$$

Окончательно принимаем длину свинчивания 19 мм.

Проверку рассчитанного устройства проводим в целом по допускаемому внутреннему избыточному давлению и внешнему давлению.

Определяем допускаемое внутреннее избыточное давление в секции устройства:

$$[P]_{ВН} = \frac{2 \cdot [\sigma] \cdot (S - c)}{D + (S - c)};$$

$$[P]_{ВН} = \frac{2 \cdot 114 \cdot (3 - 2)}{80 + (3 - 2)} = 2,81 \text{ МПа}$$

Допускаемое наружное давление, воспринимаемое секцией, определим по формуле:

$$[P]_E = \frac{18 \cdot 10^{-6}}{n_u} \frac{D}{l_{сек}} \left[\frac{100 \cdot (S - c)}{D} \right]^2 \sqrt{\frac{100 \cdot (S - c)}{D}},$$

где n_u - коэффициент запаса устойчивости по пониженным критическим напряжениям в пределах упругости; $l_{сек}$ - длина секции с прибором освещения;

$$[P]_H = \frac{[P]_{ВН}}{\sqrt{1 + \left(\frac{[P]_{ВН}}{[P]_E} \right)^2}};$$

$$[P]_H = \frac{2,81}{\sqrt{1 + \left(\frac{2,81}{2,6} \right)^2}} = \frac{2,81}{1,47} = 1,9 \text{ МПа}$$

$$[P]_E = \frac{18 \cdot 10^{-6}}{2,4} \frac{80}{175} \left[\frac{100 \cdot (3-2)}{80} \right]^2 \sqrt{\frac{100 \cdot (3-2)}{80}} = 1,5 \cdot 1,56 \cdot 1,12 = 2,6 \text{ МПа}$$

Выполним проверочный расчет отдельных элементов и соединений устройства.

Проверочный расчет секции проведем по сложному напряженному состоянию. Выделим из цилиндрической части секции прямоугольный элемент ABCD, этот элемент будет подвергаться растяжению в двух направлениях: напряжениями σ' по сечениям перпендикулярным к образующим, и напряжениями σ'' по сечениям вдоль образующих (рис. 2).

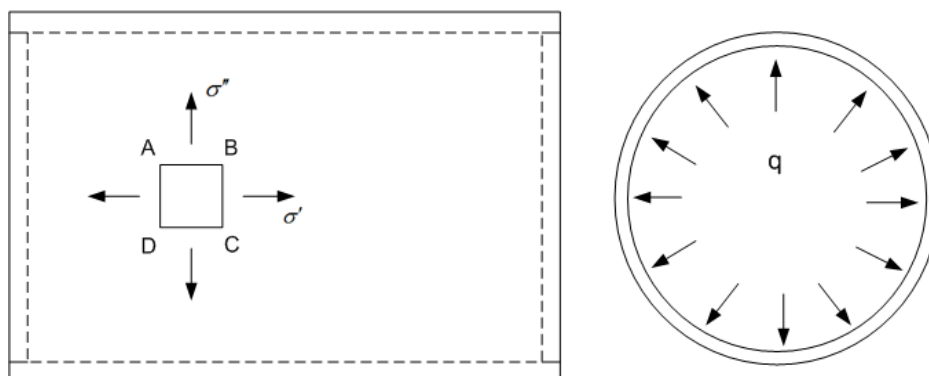


Рис. 2. Секция

Вычислим эти напряжения. Обозначим через D диаметр цилиндрической части секции, $l_{\text{сек}}$ - длина секции, S - толщина стенок секции. Силы, действующие на насадку для испытания давлением (разрежением) и растягивающие (сжимающие) цилиндрическую часть секции вдоль образующей силы, равны

$$P = P_1 \frac{\pi D^2}{4}$$

$$P = P_1 \frac{\pi D^2}{4} = 4019H$$

$$F = S \cdot \pi \cdot D$$

$$\sigma' = \frac{P}{F} = \frac{P_1 \frac{\pi D^2}{4}}{S \pi D} = \frac{P_1 D}{4S}$$

Напряжение σ'' мы найдем, разрезав секцию диаметральной плоскостью и отбросив заглушку. На диаметральной поверхности отброшенных насадок действует давление P_1 . Оно уравновешивается силами N , растягивающими материал секции в направлении, перпендикулярном к образующим. Условие равновесия будет

$$P_1 D l_{\text{сек}} = 2N$$

Отсюда

$$N = \frac{P_1 D l_{\text{сек}}}{2}$$

и напряжения σ'' равны

$$\sigma'' = \frac{N}{S l_{\text{сек}}} = \frac{P_1 D l_{\text{сек}}}{2 S l_{\text{сек}}} = \frac{P_1 D}{2 S}$$

Напряжения по площадкам, параллельным образующим цилиндрической поверхности секции, в два раза больше, чем в направлении перпендикулярном. Элемент ABCD, вырезанный из стенки секции, испытывает растяжение по двум взаимно перпендикулярным направлениям.

Напряжения σ' и σ'' являются главными, так как по соответствующим им сечениям отсутствуют, вследствие симметрии нагрузки и деформации элемента, касательные напряжения.

$$\sigma_1 = \sigma'' = \frac{P_1 D}{2 S}$$

$$\sigma_1 = \frac{0,8 \cdot 80}{2 \cdot 3} = 10,7 \text{ МПа}$$

$$\sigma_2 = \sigma' = \frac{P_1 D}{4 S}$$

$$\sigma_2 = \frac{0,8 \cdot 80}{4 \cdot 3} = 5,3 \text{ МПа}$$

Принимая в качестве допускаемого нормального напряжения $[\sigma] = 114 \text{ МПа}$ можно сделать вывод, что условие прочности выполняется.

Рассчитаем сварной шов насадки для испытания давлением и сварной шов крепления патрубка к насадке. Расчет швов производят на растяжение по сечению соединяемых деталей без учета возвышений шва

$$\sigma_p = \frac{F}{A} = \frac{F}{\kappa l_M} \leq [\sigma_p]$$

где κ - толщина шва (свариваемых деталей); l_M - длина шва; $[\sigma_p]$ - допускаемое напряжение на растяжение сварного шва.

Рассчитаем сварной шов по диаметру крышки насадки для испытания давлением:

$$\sigma_p = \frac{4019}{4 \cdot 2 \cdot 3,14 \cdot \frac{95}{2}} = 3,36 \text{ МПа} \leq 70 \text{ МПа}$$

Рассчитаем сварной шов между патрубком и крышкой насадки для испытания давлением:

$$\sigma_p = \frac{4019}{4 \cdot 2 \cdot 3,14 \cdot \frac{22}{2}} = 14,54 \text{ МПа} \leq 70 \text{ МПа}$$

В результате проведенных инженерных расчетов определены основные геометрические размеры устройства для измерения и контроля давления в водопроводной сети. Определено допускаемое внутреннее и внешнее давление воспринимаемое сек-

цией данного устройства. Расчетные нормальные напряжения, возникающие в секции и сварных швах, не превышают допустимых значений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лазинский А.А. Основы конструирования и расчета химической аппаратуры: справочник / А.А. Лазинский, А.Р. Толчинский. – Москва: Альянс, 2013. – 752 с.
2. Иванов М.Н. Детали машин: учебник / М.Н. Иванов, В.А. Финогенов. – Москва: Юрайт, 2010. – 408 с.

УДК 621.311

Д. И. Горохов, Е. П. Милосердов

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

АППРОКСИМАЦИЯ ПОВЕРХНОСТИ СФЕРЫ ВЫПУКЛЫМИ МНОГОГРАННИКАМИ

Ключевые слова: Аппроксимация поверхности сферы, многогранники.

Аннотация: Рассмотрен метод аппроксимации поверхности сферы выпуклыми многогранниками различного вида: правильными многогранниками, полуправильными многогранниками (многогранниками Архимеда и Каталана), а также многогранниками, созданными на их основе. Оценены наиболее перспективные решения.

D. I. Gorokhov, E. P. Miloserdov

APPROXIMATION OF THE SPHERE SURFACE BY CONVEX POLYHEDRA

Keywords: Approximation of the sphere surface, polyhedrons.

Abstract: A method for approximating the surface of a sphere with convex polyhedra of various types is considered: regular polyhedra, semi-regular polyhedra (Archimedes and Catalan polyhedra), and polyhedra created on their basis. The most promising solutions are evaluated.

Аппроксимация (моделирование) поверхностей – это способ, при котором достигается приближенная замена каких-либо исходных сложных геометрических образов более простыми и технологичными, легко описываемыми. Особенный интерес представляет твердотельное моделирование, что позволяет с помощью современных технологий непосредственно изготовить детали. В настоящее время моделирование поверхности представляет значительный практический интерес и применяется в различных отраслях человеческой деятельности. Поверхность может быть задана различным, и часто достаточно сложным для данной задачи моделирования образом. В результате можно заменить сложную поверхность другими, более простыми поверхностями с хорошо известными свойствами, что в известной мере упрощает исследования, связанные с такими поверхностями. Далекое не всегда целесообразно добивать-

ся аналитического описания всей поверхности или ее отдельных участков. Можно, например, аппроксимировать сложную поверхность кусочно-линейной поверхностью первого порядка, которые являются развертывающимися поверхностями. В данном случае аппроксимация сложных поверхностей развертывающимися поверхностями является наиболее интересной. Так как развертывающиеся поверхности в геометрии наиболее хорошо изучены, и при этом обладают еще набором свойств, широко используемых на практике при конструировании. Важным из этих свойств можно назвать способность развертываться на плоскость, что имеет большое практическое значение при конструировании различных деталей, что очень значимо при упрощении технологического процесса при изготовлении изделия с развертывающейся поверхностью. Поверхности детали в таком случае можно обрабатывать в прямолинейном направлении, вдоль всей образующей. Вследствие этого технология обработки такого изделия значительно упрощается.

В первую очередь рассмотрим правильные многогранники, в качестве которых могут быть Платоновы тела: из таких многогранников представляют интерес икосаэдр и додекаэдр.

Если рассмотреть другие перспективные многогранники, т.е. смысл использовать так называемые полуправильные многогранники (Архимедовы и Каталановы тела) [1].

Полуправильные многогранники относятся к трем различным группам. Первая группа состоит из 13 полиэдров (тела Архимеда), получаемых из правильных тел усечением их вершин (кроме ромбокубктаэдра); из них первые пять представляют существенный интерес применительно к КП атомов в периодических неорганических кристаллах; тогда как остальные восемь имеют меньшее значение.

Другие две группы полуправильных многогранников представлены призмами и антипризмами. Призмы имеют в качестве верхнего и нижнего основания пару параллельных граней в форме правильных n -угольников (в идеальном случае – правильных) и, кроме того, n вертикальных квадратных граней. Таким образом, гексаэдр может быть также отнесен и к этому классу. У антипризм, которые могут быть получены из соответствующих n -гональных призм вращением верхнего основания относительно нижнего на угол π , n квадратных граней заменяются на $2n$ треугольных граней. Из правильных многогранников к антипризмам можно отнести октаэдр (используя одну из треугольных граней в качестве нижнего основания).

Известен также ряд полиэдров, которые дуальны по отношению к архимедовым телам, призмам и антипризмам и соответствуют полуправильным полиэдрам. Эти многогранники называют телами Каталана, который описал их в 1865 году (хотя первым в 1830 г. вывел дуальные к телам Архимеда многогранники И. Гессель, но, как и многие его другие труды, эта работа оказалась в то время не востребована).

С точки зрения аппроксимации сферы из Каталановых многогранников особую роль играют симметричные многогранники ромбододекаэдр (многогранник, дуальный кубоктаэдру) и бипирамиды (многогранники, дуальные n -гональным призмам)

Можно предложить критерий, по которым можно оценить качество аппроксимации поверхности сферы: отношение диаметров вписанной и описанной вокруг многогранника сферы и заданной сферы. В соответствии с этим критерием рассмотрим разные виды многогранников, наиболее подходящие для аппроксимации сферы [1] Для икосаэдра отношение радиусов вписанной и описанной сферы: 0.94

для додекаэдра 0,78.

Если рассмотреть другие перспективные многогранники и использовать так называемые полуправильные многогранники (Архимедовы и Каталановые тела) то из них, прежде всего, следует рассмотреть тетракигексаэдр и усеченный додекаэдр (рис.1).

Для тетракигексаэдра отношение радиусов вписанной и описанной примерно сферы совпадает с икосаэдром: 0,94, для усеченного додекаэдра 0,835 отношение радиусов вписанной и описанной сферы: 0,94 для додекаэдра 0,78.

Результаты расчетов показывают, что использование икосаэдра дает наилучший результат аппроксимации при моделировании поверхности сферы.

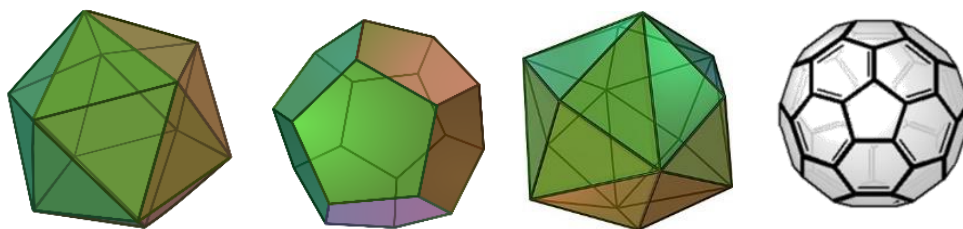


Рис. 1. Выпуклые многогранники для аппроксимации сферы

20-ти-гранная аппроксимация сферы не слишком точна и ее изображение напоминает сферу только при небольшом размере. Есть простой путь для увеличения точности аппроксимации. Допустим, имеется вписанный в сферу икосаэдр. Разобьем каждую грань икосаэдра на 4 равносторонних треугольника. Новые вершины будут лежать внутри сферы, поэтому их надо «приподнять» на поверхность (умножить на такое число, чтобы их радиус-векторы стали равны 1). Этот процесс разбиения можно продолжать до достижения требуемой точности. На рис. 2 показаны поверхности из 20, 80 и 320 треугольников.

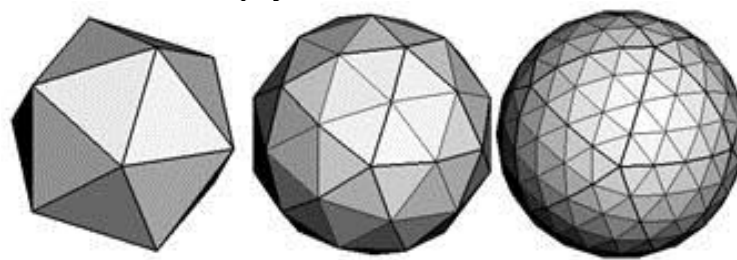


Рис. 2 . Выпуклые многогранники для аппроксимации сферы, полученные из икосаэдра

В ходе исследований для многогранников рис. 1 разработаны твердотельные модели, а для многогранников рис. 2 разработаны визуализации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Веннинджер М. Модели многогранников. – Москва: Мир, 1974. – 254 с.

УДК 004.5: 378.147

Н. Е. Егорова

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

К ВОПРОСУ О ПРИМЕНЕНИИ ЧУВСТВИТЕЛЬНОГО ИНТЕРФЕЙСА В ОБУЧАЮЩИХ ПРОГРАММАХ

Ключевые слова: обучение, интерфейс, психоэмоциональное состояние, программное обеспечение

Аннотация: Статья рассматривает проблему разработки высокоэффективных обучающих программ. Анализируется возможность внедрения компьютерных интерфейсов, автоматически реагирующих на психоэмоциональное состояние пользователя.

N. E. Egorova

TO THE QUESTION OF THE APPLICATION OF SENSITIVE INTERFACE IN TRAINING PROGRAMS

Keywords: training, interface, psychoemotional state, software

Abstract: The article considers the problem of developing highly effective training programs. The possibility of implementing computer interfaces that automatically respond to the user's psychoemotional state is analyzed.

На сегодняшний день повсеместное использование информационных технологий и компьютерной техники в образовательном процессе является не просто желательным, а обязательным условием эффективности последнего.

Если обучающая программа автоматически способна изменять форму и средства подачи учебного материала, ориентируясь на психоэмоциональное состояние учащегося, то качество усвоения материала существенно повышается.

Учебный процесс полностью вовлекает учащегося, если тот не ощущает скуку от выполнения заданий, либо не испытывает разочарование от постигшей неудачи. На практике состояние полнейшей увлеченности изучаемым материалом мимолетно и очень часто смещается либо в сторону «смертной скуки», либо к фрустрации.

Производители программного обеспечения акцентируют особое внимание на разработке пользовательских интерфейсов, которые могут быть ориентированы либо на самих пользователей, либо на цели и задачи пользователей, либо на повышение эффективности деятельности пользователей. Проектирование нового пользовательского интерфейса, перепроектирование уже существующего, сегодня, пожалуй, самая востребованная на рынке услуга.

Анализ перспектив развития компьютерных технологий, вычислительной техники и информационного общества определил неизбежность появления интерфейса «человек-компьютер», обеспечивающего их совместимость на эмоционально-интеллектуальном уровне.

Проблема дружественного интерфейса, способного обеспечить эффективное взаимодействие человека и компьютера, в своем предельном развитии перерастает из проблемы эргономической в проблему чисто психологическую – проблему межличностной совместимости, включающую эмоциональную и интеллектуальную совместимость.

Дружественная машина должна обладать механизмом, определяющим особенности характера и настроения пользователя, а также иметь средства реагирования на его состояние. Подобный компьютер должен автоматически определять состояние пользователя, улавливая и короткие эмоциональные всплески (например, вспышки гнева), и долговременное негативное эмоциональное состояние («когда ничего не получается»). Компьютерной системе подобает не только различать эти состояния, но и реагировать на них соответствующим образом.

Для реализации подобных возможностей могут быть предложены несколько подходов.

Первым из таких подходов является компьютерная психолингвистическая технология, которая получила широкое применение. В основу данной технологии положена методика статистического анализа синтаксической и ритмической структуры текста письменной или устной речи человека. Известно, что речь формируется на подсознательном уровне с использованием важнейших типов словесно-логической и эмоциональной памяти, требующих интенсивной работы участков мозга обеих полушарий. Это позволяет определить эмоционально-интеллектуальную структуру человека и его эмоциональное состояние на момент создания теста. Метод способен установить тип человека по шкале «интроверсия – экстраверсия» (направленность активности внутрь или вовне), анализируется состояние человека по шкале «пассионарность – пассивность» (возбуждение – торможение; энтузиазм – депрессия).

Исследованиями установлена возможность метрической оценки и параметризации эмоциональных состояний и типов человека на основе анализа его письменной и устной речи [1]. Диалоги пользователя и образцы его письменной речи сохраняются в компьютере, позволяя иметь и корректировать его психоэмоциональный портрет по мере поступления новых данных.

Психолингвистическая технология позволяет также оценить межличностную психологическую совместимость людей в условиях совместной деятельности.

Технология прошла широкую верификацию на основе мировой литературы, переписка широко известных идентифицированных личностей, их выступлений и т.п. [2]. Она использует строго формализованные методики, обеспечивая автоматизацию обработки данных и результатов.

Другим подходом организации чувствительного интерфейса можно считать опыт исследования бесконтактного человеко-приборного взаимодействия, когда в качестве датчиков, улавливающих воздействие сознания и психоэмоционального состояния человека, используются физические генераторы шума. Для экспериментальных исследований человеко-приборного взаимодействия были разработаны программно-приборные комплексы с высокоэффективным ПО, обеспечивающим полный сервис проведения экспериментов по регистрации эмоционально-интеллектуальной деятельности и состоянию человека [3].

Практическая реализация проекта интерфейса «человек-компьютер», обеспечивающего совместимость машины и пользователя на эмоционально-интеллектуальном

уровне, была представлена в Институте интеллектуальных систем Мемфисского университета. Система AutoTutor была создана совместно психологами и программистами и предназначена для обучения студентов концептуальной физики и основам компьютерной грамотности.

Обучение ведет виртуальный преподаватель, который способен менять мимику и интонации, ориентируясь на настроение и психологическое состояние студента. В процессе обучения система постоянно фиксирует особенности поведения обучающегося (выражение лица, позу, характер речи). Если будут обнаружены негативные эмоции, система незначительно изменяет порядок и сложность изложения материала, демонстрирует яркие иллюстрации, анимации и наглядные схемы. Эксперименты доказали высокую эффективность такого «чувствительного» подхода. Испытав систему на более чем тысяче студентов-добровольцев, авторы показали, что она позволяет добиться лучших результатов – в среднем, на один балл [4].

Опыт успешного применения дружественного интерфейса, умеющего автоматически определять психоэмоциональное состояние учащегося, открывает перспективы развития образовательных информационных технологий в Ивановской пожарно-спасательной академии ГПС МЧС России.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Голубинский А.Н. Выявление эмоционального состояния человека по речевому сигналу на основе Вейвлет-анализа // Вестник Воронежского института МВД России. 2011. № 3. С. 144-153.

2. Надеждина О.Е. Применение информационных технологий для идентификации личности на основе психолингвистического анализа устной и письменной речи // Актуальные проблемы российского права. 2008. № 2 (7). С. 461.

3. Егоров Ю.С., Чупров Д.А., Милов В.Р., Алексеев В.В., Мусонов В.В., Кербенева А.Ю., Прихунов А.С. Программа для ЭВМ «Прототип предиктивного игрового искусственного интеллекта, учитывающего психоэмоциональное состояние игрока» // Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ RU 2019664046, 30.10.2019. Заявка № 2019660322 от 19.08.2019.

4. Graesser A.C., Chipman P., Haynes B.C., Olney A. AutoTutor: An intelligent tutoring system with mixed-initiative dialogue. IEEE Transactions on Education. 2005. № 48, 612-618.

УДК 614.847.9

М. В. Казакова, И. В. Багажков

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

АВАРИИ НА ХИМИЧЕСКИ ОПАСНЫХ ОБЪЕКТАХ И ИХ ВОЗМОЖНЫЕ ПОСЛЕДСТВИЯ

Ключевые слова: аварийно-химически опасный объект, химическая авария, химически опасный объект, очаг поражения АХОВ, поражающие факторы.

Аннотация: в данной статье рассмотрены химически опасные объекты. Определены причины аварий на химически опасных объектах, а также рассмотрены мероприятия по химической защите на этих объектах.

M. V. Kazakova, I. V. Bugzhakov

ACCIDENTS AT CHEMICALLY HAZARDOUS FACILITIES AND THEIR POSSIBLE CONSEQUENCES

Abstract: this article deals with chemically dangerous objects. The causes of accidents at chemically hazardous facilities are determined, and measures for chemical protection at these facilities are considered.

Keywords: accident-chemically dangerous object, chemically dangerous object, chemical accident, lesion of АНА, damaging factors.

Большинство химических соединений, которые используются в производственной деятельности, обладают значительной токсичностью и способны при различных обстоятельствах спровоцировать массовые отравления людей, с/х животных, а также заражение окружающей среды.

Аварийно-химически опасное вещество (АХОВ) — вещество, прямое или опосредованное, влияние которого на человека может вызвать острые и хронические заболевания людей или их гибель [1].

Химически опасный объект – это объект, на котором хранят, используют, перерабатывают, применяют опасные химические вещества, при аварии которого может произойти гибель или химическое заражение людей, с/х животных и растений, а также химическое заражение окружающей природной среды [2].

Согласно имеющимся данным, в РФ 12% химически опасных объектов относятся к объектам I степени опасности, 7% - ко II степени, 73% - к III степени и 8% - к IV степени химической опасности [3].

В нашей стране находится более 4400 опасных объектов, использующих и производящих АХОВ (см. рис. 1).

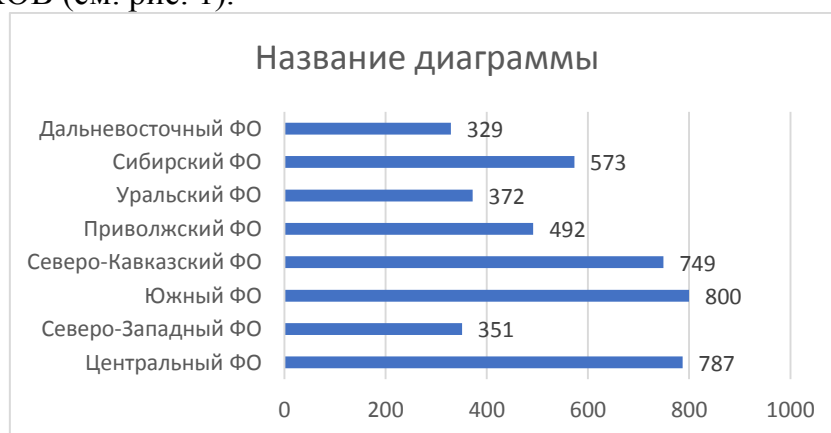


Рис. 1. Распределение ХОО по Федеральным округам РФ

Площадь территории РФ, на которой могут возникнуть ЧС, связанные с АХОВ, составляет более 300 тыс. км² и находятся на территории 90% крупных городов в которых проживает более 54 млн. чел.

Следует отметить, что 25% всех аварий происходит из-за эксплуатации оборудования свыше нормативного срока, коррозии оборудования и неработоспособности контрольно-измерительной аппаратуры.

На территории нашей страны в общей сложности эксплуатируется почти 4500 химически опасных объектов, постоянно сохраняется опасность возникновения ЧС с выбросом или разливом АХОВ (см. рис. 2).

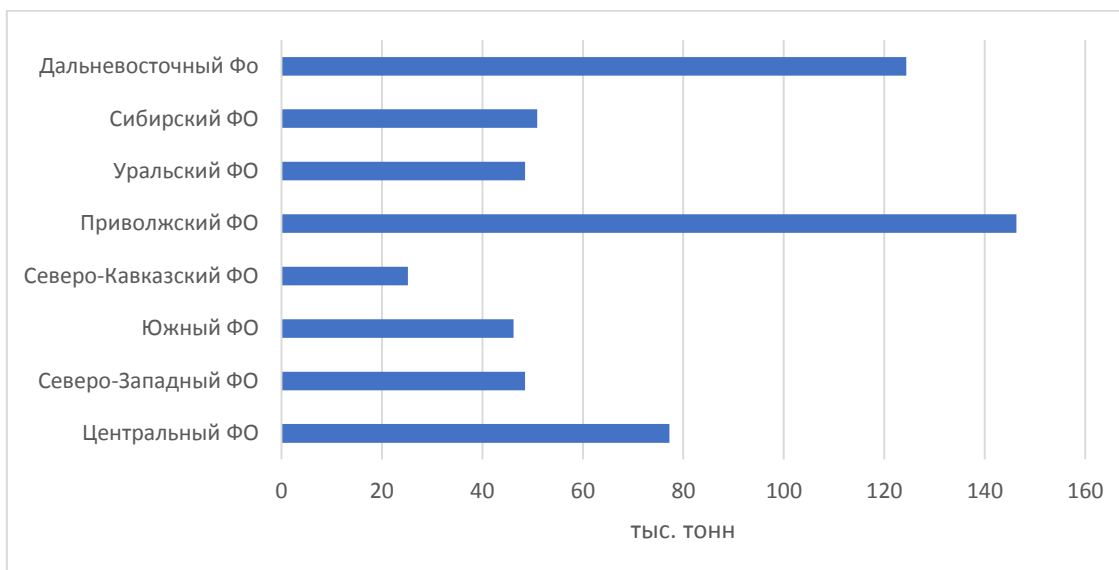


Рис. 2. Распределение общего количества АХОВ по Федеральным округам РФ

К химически опасному объекту относится Закрытое акционерное общество «Нижекисляйская молочная компания» на северной окраине Бутурлиновского района. Основными направлениями деятельности является производство, а также оптовая и розничная торговля сгущенными молочными продуктами, молочными продуктами и овощными консервами.

Площадь территории комбината составляет 11,2 га по периметру 1081м. Мощность комбината составляет 100 туб в смену. Имеется три подъездных пути: в северном, западном и южном направлении, по которым могут проходить возможные маршруты эвакуации.

Основные цеха: консервный, ЖБЦ, котельная, компрессорная по устойчивости соответствует требованиям норм инженерно-технических мероприятий. Производственные здания объекта кирпичные. Консервный цех – 2-х этажный, а остальные цеха – одноэтажные.

К химически опасным объектам относится компрессорная установка.

В производстве молочных продуктов для охлаждения используется аммиак, используемый по 600 кг в каждой компрессорной установке по замкнутой циркуляционной системе, исключаящей утечку всего количества аммиака одновременно.

Учитывая свойства аммиака, можно предположить, что при разгерметизации оборудования часть аммиака сразу перейдет в газовую фазу.

Аммиак не способен к объемным взрывам на открытом пространстве, что подтверждается его физическими свойствами и отсутствием в мировой практике случаев взрывов аммиачно-воздушных облаков на открытом пространстве. Известно также, что проливы аммиака не способны к самостоятельному горению [4].

Поэтому, исходя из опыта аварий на аналогичных предприятиях, физико-химических свойств аммиака, обращающегося на установках цеха, условий ведения технологического процесса, характера разгерметизации, погодных и других условий, а также особенностей размещения оборудования на производственной площадке можно констатировать, что на оборудовании компрессорной и холодильники аварии могут развиваться по следующим основным направлениям:

- разрушение оборудования, содержащего аммиак, с последующим образованием токсичной волны, способной распространиться на значительные расстояния от объекта;

- взрыв аммиачно-воздушной смеси в помещении.

Не исключена возможность пожаров проливов горючих продуктов в производственных помещениях, например, масел, применяемых для смазки компрессоров, насосов.

Организационно-технические мероприятия по предупреждению развития аварий и их локализацию включают в себя:

- соблюдение технологического регламента;
- регулярное проведение технического освидетельствования и профилактического осмотра оборудования и трубопроводов;
- наличие аварийно-восстановительной службы и оснащение ее необходимыми техническими средствами;
- проведение учебно-тренировочных занятий и учений с персоналом;
- обучение и регулярная аттестация персонала по безопасным приемам работы и действиям в чрезвычайных ситуациях.

При обучении, проверке знаний персонала, отработке планов ликвидации аварийных ситуаций, планов тушения пожаров на предприятии особое внимание должно уделяться поведению персонала, порядку действий с учетом реальной обстановки при различных сценариях развития возможных аварий, способам выполнения работ, предупреждающим возникновение аварийных ситуаций.

При продолжительном влиянии аммиака появляется мышечная слабость, нарушаются кровообращение, выражаются свойства, которые указывают на нарушение дыхания. При постоянном воздействии аммиака значимость приобретают нарушения системного характера в виде пищевых расстройств, глухоты, катар области верхних дыхательных путей. Вероятен смертельный исход при появлении подобных признаков сердечной недостаточности.

В результате аварии на объекте с наличием аммиака и выбросом его в атмосферу наиболее эффективным средством осаждения облака аммиака применяемым пожарными подразделениями является создание водяных завес веерными стволами РВ - 12. Так же можно использовать пену, создаваемую механическим способом в пеногенераторе. Толщина слоя пены должна быть не менее 150 мм. В случае необходимости наносится второй слой пены. Пеногенераторы размещают, как правило, в непосредственной близости от наиболее вероятного места аварии. Пузырьки аммиака под-

нимаются через слой пены, а вода, содержащаяся в ней, приходит в контакт с аммиаком, образуя корки льда. Пузырьки медленно исчезают, скорость испарения снижается, по меньшей мере, в четыре раза по сравнению с первоначальной, т.е. той, которая была до применения пены. Пена плавает на корке льда, изолируя аммиак от тепла солнца и воздуха и снижая, таким образом, испарение разлитого аммиака. Под действием воды большая часть аммиака испаряется, остальная превращается в гидрат.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ Р 22.9.05-95 «Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Комплексы средств индивидуальной защиты спасателей».
2. ГОСТ Р 22.0.05-97 / ГОСТ Р 22.0.05-94 «Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Техногенные чрезвычайные ситуации. Термины и определения».
3. Федеральный закон от 21.07.1997 №116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов».
4. В.И. Гуменюк, С.В. Ефремов. Радиационная и химическая защита. Учебное пособие. СПб: Изд-во СПбГПУ, 2010.

УДК 378.147.88

В. А. Калентьев¹, Л. Т. Раевская²

¹ФГБОУ ВО Уральский институт ГПС МЧС России

²ФГБОУ ВО Уральский государственный лесотехнический университет

АКТИВНЫЕ МЕТОДЫ ОБУЧЕНИЯ С ЭЛЕМЕНТАМИ НАУЧНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ И МОДЕЛИРОВАНИЯ

Ключевые слова: Активные методы, формирование компетенций у обучающихся, технические специальности, метод наименьших квадратов.

Аннотация: В данной работе рассмотрено, какие качества необходимо сформировать у выпускников для дальнейшей деятельности. Важнейшими областями для выпускников технических специальностей являются исследования и инжиниринг. В каждой из этих сфер есть потребность в соответствующих качествах, компетенциях специалистов. Формирование таких качеств в университетах осуществляется с помощью активных форм обучения с элементами научных исследований. Приведены результаты предлагаемого студентам небольшого исследования по обработке экспериментальных данных.

V. A. Kalentyev, L. T. Raevskaya

ACTIVE LEARNING METHODS WITH ELEMENTS OF SCIENTIFIC RESEARCH AND MODELLING

Keywords: Active methods, formation of competences in students, technical specialties, least squares method.

Abstract: In this work it is considered what qualities it is necessary to form at graduates for further activity. Research and engineering are the most important areas for technical graduates. In

each of these areas there is a need for appropriate qualities, competences of specialists. The formation of such qualities in universities is carried out through active forms of education with elements of scientific research. The results of a small study offered to students on experimental data processing are presented.

Известно, что обучающиеся легче понимают и запоминают материал, который они изучали посредством активного вовлечения в учебный процесс. Исходя из этого, основные методические инновации связаны сегодня с применением именно активных методов обучения с элементами научного исследования. Обучающиеся знакомятся с основными подходами к формализации и моделированию равновесия и движения материальных тел. Например, в прикладной механике в задачах раздела «Статика» мы предлагаем студентам не просто вычислить реакции связей, но и найти их зависимость от вида связей. В разделах «Кинематика» и «Динамика» студенты разными методами решают одну и ту же задачу, что расширяет их кругозор и формирует навыки решения задач. В разделах аналитической механики выявляется сущность проблемы, подбирается для решения соответствующий математический аппарат. В компьютерном классе кафедры тестирование по отдельным темам помогает овладению учебным материалом [2]. Нами разработаны комплекты заданий на компьютерах, содержащие сотни задач по разделам таких общетехнических дисциплин как теоретическая механика, сопротивление материалов, теория механизмов и машин, детали механизмов и машин. Эти задачи требуют проведения некоторого исследования и довольно длительного расчета. Все вышесказанное способствует формированию системы фундаментальных знаний, позволяющей будущему специалисту анализировать проблемы его профессиональной области, использовать на практике приобретённые им базовые знания, самостоятельно овладевать той новой информацией, с которой ему придётся столкнуться в производственной и научной деятельности. Таким образом, формируются такие профессиональные компетенции как ПК-1, ПК-2, ПК3, ПК-4, ПК-20, ПК-21, ПК-23 необходимые, например, для квалификации бакалавров направления «Техносферная безопасность».

Приведем пример задания и его выполнения на тему «Обработка экспериментальных данных». Предлагалось провести небольшую научно-исследовательскую работу по подбору эмпирической функции, наилучшим образом аппроксимирующей точечную экспериментальную зависимость.

Например, поставлена задача аппроксимации экспериментальных данных по зависимости ЭДС генератора от ампер-витков обмотки, полученных для экскаватора ЭКГ-5А. Данный экскаватор (карьерный, гусеничный с вместимостью ковша 5 м^3 , см. рис. 1).

В рабочее оборудование экскаватора входят: ковш, рукоять, стрела с напорным механизмом, двуногая стойка и механизм открывания ковша. Основные механизмы экскаватора (подъема, поворота, напора и хода), а также механизм открывания ковша приводятся в движение двигателями постоянного тока, а вспомогательные механизмы двигателями переменного тока.



Рис. 1. Экскаватор ЭКГ-5А

Двигатели главных механизмов получают питание от соответствующих генераторов преобразовательного агрегата, а двигатели вспомогательных механизмов – от понижающего трансформатора. Данный экскаватор это модификация старых моделей Уралмашзавода: ЭКГ-4,6Б и ЭКГ-4,6, ЭКГ-4,6А. Исходные экспериментальные данные содержали значения ампер-витков обмотки и ЭДС генератора. Данные показаны в табл. 1.

Таблица 1. Экспериментальные данные (нормированы)

x	0.000	0.182	0.257	0.366	0.664	0.910	1.160	1.460
y	0.000	0.700	0.460	0.640	0.920	0.944	1.012	1.104

Из таблицы 1 видно, что x – нормированные значения ампер-витков, y - нормированные экспериментальные данные по ЭДС. Всего для исследования было получено 8 дискретных значений.

Необходимо в этом случае, чтобы аппроксимирующая функция проходила как можно ближе к полученным данным. Для этой цели удобно использовать метод наименьших квадратов. Суть метода в минимизации квадрата расстояния от значений функции до исходных данных в заданных узлах, что позволяет вычислить коэффициенты функции [1]. Эта функция важна для практических расчетов, например, когда необходимо получить значения y в точках отличных от узловых x_i . Чаще всего для практических целей аппроксимирующая функция выбирается в виде полинома

$$\varphi(x) = a_0 + a_1x + a_2x^2 + \dots + a_mx^m \quad (1)$$

где эмпирические параметры a_i подбирают исходя из условия минимума отклонений. Далее обучающимся предлагалось сделать расчет с квадратичной зависимостью $\varphi(x_i)$. Условие минимизации можно записать в вид

$$S = \sum_i (y_i - a_0 - a_1x_i - a_2x_i^2) \rightarrow \min_{a_0, a_1, a_2} \quad (2)$$

Параметры функции $S - a_0, a_1, a_2$ - являются независимыми переменными, поэтому минимум данной функции определим, приравнявая частные производных нулю: $\frac{\partial S}{\partial a_0} = 0, \frac{\partial S}{\partial a_1} = 0, \frac{\partial S}{\partial a_2} = 0$, что приводит к следующим уравнениям относительно коэффициентов. С учетом данных таблицы 1, были составлены уравнения для расчета коэффициентов функции $\varphi(x)$.

$$\begin{cases} 8a_0 + 4.999a_1 + 4.98a_2 = 5.78 \\ 4.999a_0 + 4.98a_1 + 5.79a_2 = 4.74 \\ 4.98a_0 + 5.79a_1 + 7.26a_2 = 5.04. \end{cases} \quad (3)$$

В результате решения системы уравнений (3) для коэффициентов были получены значения $a_0 = 0.1685; a_1 = 1.5084; a_2 = -0.6243$.

Получалась аппроксимирующая функция $\varphi(x) = 0.1685 + 1.5084x - 0.6243x^2$. Подставляя в данную функцию x_i , были вычислены значения отклика y_i и проведены сравнения с исходными данными (таблица 2). Оценивая относительные погрешности $\delta y = (\varphi(x) - y) / y$ в заданных узлах x_i , представлялись результаты в виде табл. 2.

Таблица 2. Результаты вычислений

x	$\varphi(x)$	y	δy
0.182	0.422	0.700	-0.396
0.257	0.514	0.460	0.119
0.366	0.636	0.640	-0.004
0.664	0.894	0.920	-0.027
0.910	1.012	0.944	0.072
1.160	1.078	1.012	0.065
1.460	1.040	1.104	-0.057

Опытные данные могут содержать случайные ошибки или даже промахи. Первый отклик в табл. 2, равный 0.700, скорее всего, является результатом случайной ошибки.

В случаях значительного разброса экспериментальных данных целесообразно провести сглаживание данных. Метод наименьших квадратов также применим с этой целью.

Целесообразно предложить студентам продолжить исследования с помощью линейной и кубической аппроксимаций, с тем, чтобы оценить наиболее приближенную к исходным данным функцию, приведенные на рис. 2.

Для линейной и кубической зависимостей, были получены функции $\varphi_1(x) = 0.3435 + 0.6076x$ и $\varphi_3(x) = 0.0659 + 2.6080x - 2.6191x^2 + 0.9085x^3$, соответственно, показанные на рис. 2. Расчет относительной погрешности для линейной и кубической зависимостей показал, что наилучшее приближение к экспериментальным данным демонстрирует кубическая зависимость.

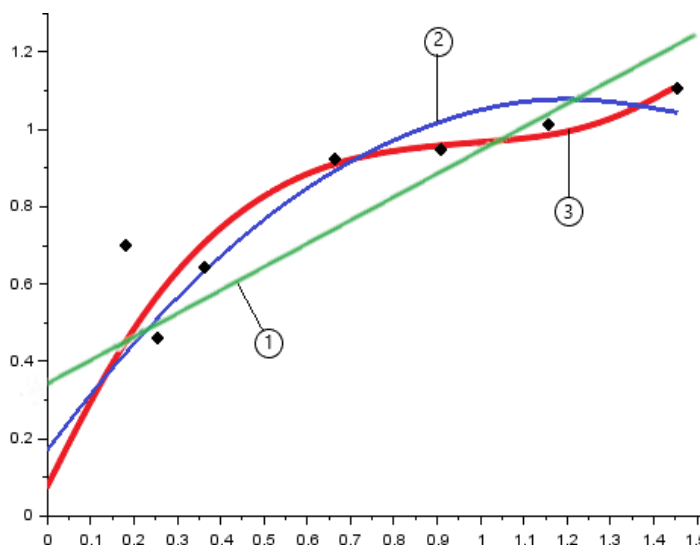


Рис. 2. Линейная - 1, квадратичная - 2, кубическая – 3 - аппроксимирующие функции. Точками отмечены заданные табличные значения функции

Студенты не только знакомятся с конкретными подъемно-транспортными машинами, но и осваивают моделирование аппроксимирующими функциями, проводя небольшую исследовательскую работу по подбору наилучшего варианта.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Метод наименьших квадратов (МНК) [Электронный ресурс] URL: <http://www.cleverstudents.ru/articles/mnk.html> (дата обращения 03.02.2020).
2. Раевская Л.Т., Калентьев В.А. Роль современных технологий обучения в формировании компетенций // Деревообработка: технологии, оборудование, менеджмент XXI века: труды XII Международного евразийского симпозиума. - Екатеринбург: УГЛТУ, 2017. – С. 241 – 245.
3. Экскаватор ЭКГ-5А [Электронный ресурс] URL: <http://tpscom.ru/eksavator-ekg-5a> (дата обращения 05.12.2019).

УДК 614.847.9

Т. С. Калинина, И. В. Багажков

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

АНАЛИЗ ВЕДЕНИЯ РАДИАЦИОННОЙ РАЗВЕДКИ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ АВАРИЙНО-СПАСАТЕЛЬНЫХ РАБОТ НА ОБЪЕКТАХ АЭС В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Ключевые слова: Радиационная разведка, заражение, контроль, безопасность, средства защиты, оборудование, радиационное заражение.

Аннотация: Рассмотрены основные мероприятия при проведении аварийно-спасательных работ в условиях радиационного заражения. Особое внимание уделено меро-

приятиям по разведке зон заражения на условия радиационного уровня, оборудование разведки.

T. S. Kalinina, I. V. Bagzhakov

ANALYSIS OF RADIATION RECONNAISSANCE DURING EMERGENCY RESCUE OPERATIONS AT NUCLEAR POWER PLANTS IN THE RUSSIAN FEDERATION

Keywords: Radiation intelligence, infection, control, safety, means of protection, equipment, radiation contamination.

Abstract: The main measures for emergency rescue operations in conditions of radiation contamination are considered. Special attention is paid to activities for the exploration of infection zones for radiation-level conditions and exploration equipment.

Атомные станции осуществляют огромную роль в экономике страны. Экологичные, мощные, экономичные АЭС, обеспечивают стабильную работу всей энергосистемы.

На данный момент, атомная энергетика страны за все свои многочисленные плюсы занимает лидирующие позиции по решению проблемы в борьбе с нехваткой энергии.

Но несмотря на все плюсы, которые мы видим, не стоит забывать и про самый главный минус. В случае аварии, АЭС начинает действовать как бомба замедленного действия, радиоактивное заражение которой распространяется с очень высокой скоростью.

Живым примером такой аварии является взрыв четвертого энергоблока Чернобыльской электростанции 26 апреля 1986 г. Как показывает практика, из-за недостатка необходимых знаний в определении уровня радиации и слабого оборудования уровень излучения не был установлен точно, вследствие чего не было ясности, что происходит на самой АЭС и вблизи ее. Имелись лишь обрывочные данные санитарно-эпидемиологической станции города Припять, которая свидетельствовала что в близлежащих территориях сильно повышенный радиационный фон, а в самом районе аварии 4-го энергоблока характеризуется уровнями радиации в сотни бэр/час. Итогом некачественных данных по уровню радиации, являлось то, что первые прибывшие сразу в район АЭС 6 машин УАЗ-469 от Киевского полка ГО, выбыли из строя, весь личный состав получил за первые 30 минут работ значительные дозы облучения, несовместимые с жизнью. Не стоит забывать и про население, находившееся вблизи очага аварии, которое долго время находилось в зараженной зоне, ведь только спустя 1,5 суток было установлены точные данные радиации и началась эвакуация, сначала в районе десяти километровой, а затем и тридцати километровой зоны вокруг АЭС к этому моменту люди получили значительные дозы облучения.

На ликвидацию Чернобыльской катастрофы люди ехали как в обычную командировку, да еще в массовом количестве, но теперь такой самостоятельности положен конец.

Исходя из всего вышесказанного, мы можем точно говорить, что радиационная разведка является важнейшим этапом проведения аварийно-спасательных работ.

Радиационная разведка – ряд мер, направленных на своевременное предотвращение радиоактивного загрязнения района, информирование сотрудников подразделений о радиационном риске и защиту персонала от ионизирующего облучения, для обозначения местности знаками «Радиационная опасность». Важность радиационной обстановки установлена прямой необходимостью оказания незамедлительной врачебной помощи в случае заражения людей, животных, а также определения объемов санитарной обработки зон и оборудования [1].

Современным радиационно-опасным объектом на территории Воронежской области является Нововоронежская АЭС – это одна из первых промышленных атомных электростанций СССР, на базе, которой на данный момент находится 4 эксплуатируемых реактора, электрическая мощность самого новейшего энергоблока составляет 1200 МВ. Располагается станция вблизи г. Нововоронеж с населением 31,5 тыс. человек. При разрушении ядерного реактора или выхода его из строя, город подлежит немедленной эвакуации. Но для того чтобы начать проводить данные мероприятия нужно понять, угрожает ли жизни или здоровью, образовавшийся уровень радиации.

Выявление и проверка потенциальной радиационной ситуации при выходе из строя ядерного реактора – это определение техникой наблюдения по данным радиоактивного загрязнения окружающей среды и влияния заражения на действия людей и действия сил, направленных к стабилизации радиоактивной ситуации, а также меры защиты населения.

При предварительном выявлении радиации техникой прогнозирования, в качестве первичных данных применяют примерные метеорологические данные. Для выявления загрязнения применяют механические системы контроля радиационных выбросов, которые устанавливают на радиационно-опасных сооружениях

При выявлении и оценке радиационной ситуации во время аварии, первоначальными сведениями применяются фактические метеорологические сведения. В основном при расчетах можно принимать, что уровень вертикальной стабильности атмосферы остаётся первоначальным:

- утром и вечером — менее трех часов;
- днем и ночью, весной и осенью, днем зимой и ночью летом — менее шести часов;
- днем летом и ночью зимой — менее девяти часов.

При выявлении радиации применяются необходимые меры:

- обозначение параметров зон радиоактивного заражения местности и отображение их на картах (планах, схемах)
- выявление радиологических последствий вероятных аварий.
- обнаружение радиоактивного заражения.
- контроль за распространением заряженных веществ.
- определение движения возможных маршрутов населения и транспорта к аварийному объекту.
- обозначение параметров облучения щитовидной железы людей на момент передвижения радиоактивного облака.
- выявление мощности дозы наружного гамма-излучения на участке радиоактивного облака.
- эвакуация людей и сельскохозяйственных животных.

Первоначальными сведениями для определения радиационной обстановки при разрушении ядерного реактора на Нововоронежской АЭС будут являться:

- сведения об АЭС;
- версия ядерного энергетического реактора;
- электрическая мощность реактора;
- место положения АЭС;
- астрономическое время выхода из строя реактора;
- облачность;
- направление и скорость ветра на высоте.

Зоны радиоактивного загрязнения – это ограниченные изолированными линиями дозы внешнего облучения, которые может получить уязвимое население при открытом размещении на местности, за промежутки времени, устанавливаемые с момента начала выброса радиации.

Предельные критические значения дозы полученного облучения $D(0)$, при которой нужно проводить эвакуацию населения, соответствует $50 \text{ м}^3\text{в}$ за первые 10 суток, эвакуацию взрослого населения – $500 \text{ м}^3\text{в}$ за первые 10 суток, эвакуацию детей и беременных женщин – $50 \text{ м}^3\text{в}$ за первые 10 суток [2].

Произведя все необходимые нам расчеты по исходным данным, мы можем сделать вывод, действительно ли фоновый уровень радиации несет угрозу жизни и здоровью людей и необходимо ли принятие решений о характере вмешательства (защитных мероприятиях).

Таким образом, можно сделать вывод, что атомные электростанции активно применяются, новые энергоблоки непрерывно возводятся, заключаются контракты на строительство новых АЭС в будущем. Чтобы свести к минимуму негативные последствия, нужно руководствоваться инструкциями и правилами ядерной и радиационной безопасности, проводить регулярное обучение персонала и осуществлять постоянную разведку уровня радиации вблизи непосредственной АЭС.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Регламенты работы в зоне радиоактивного заражения / О.Г. Зейнетдинова, А.А. Лазарев, И.Ю. Шарабанова. – Иваново: ИВИ ГПС МЧС России, 2010. – 26 с.
2. Защита населения и территорий в чрезвычайных ситуациях / Под общ. ред. М.И. Фалеева. – Москва, 2014. - 124 с.

УДК 614.849

В. Д. Караваев, Д. П. Воробьев, В. С. Бородин, И. В. Шукин, А. Н. Мальцев
ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

К ВОПРОСУ ТУШЕНИЯ ПОЖАРОВ НА ОБЪЕКТАХ ЭНЕРГЕТИКИ

Ключевые слова: Пожаробезопасность, электростанции, энергообъекты, электроустановки, трансформаторы, тушение пожаров.

Аннотация: В статье рассматривается проблематика тушения пожаров на объектах энергетики.

V. D. Karavaev, D. P. Vorobiev, V. S. Borodin, I. V. Schukin, A. N. Maltsev

TO THE QUESTION OF FIRE FIGHTING AT ENERGY OBJECTS

Keywords: Fire safety, power plants, power facilities, electrical installations, transformers, fire fighting.

Abstract: The article considers the problems of extinguishing fires at energy facilities.

В настоящее время эксплуатируются и строятся тепловые, гидравлические, атомные, газотурбинные и дизельные электростанции, теплоэлектроцентрали, которые объединены в единую энергосистему с общим режимом и непрерывностью процесса производства и распределения электроэнергии. Наиболее распространенными из них являются тепловые турбинные электростанции. Они имеют развитое топливное хозяйство, отделения подготовки топлива к сжиганию, котлоагрегаты, где сжигают топливо и получают пар под давлением до 12,74 МПа (130 кгс/см²) и температурой до 560 °С и более. Пар подают на турбогенераторы, где вырабатывается электрический ток и передается на распределительные устройства или непосредственно на повышающие трансформаторы, а затем распределяется по линиям дальних электропередач.

Пожары на подстанциях могут возникать на трансформаторах, масляных выключателях и в кабельном хозяйстве. Крупные районные подстанции имеют специальные масляные станции, где находится большое количество трансформаторного масла. Трансформаторы и выключатели распределительных устройств устанавливаются на фундаменты, под которыми располагают маслоприемники, соединенные с аварийными емкостями. Каждый трансформатор, как правило, помещают в отдельной камере, которая соединяется монтажными проемами с помещением распределительного щита и кабельными каналами.

Особенности развития пожаров трансформаторов зависят от места его возникновения. При коротком замыкании в результате воздействия электрической дуги на трансформаторное масло и разложения его на горючие газы могут происходить взрывы, которые приводят к разрушению трансформаторов и масляных выключателей и растеканию горящего масла. Пожары из камер, где установлены трансформаторы, могут распространяться в помещение распределительного щита и кабельные каналы или туннели, а также создавать угрозу соседним установкам и трансформаторам. О размерах возможного очага пожара можно судить по количеству содержащегося в трансформаторе масла.

Успешное тушение пожаров на объектах энергетики во многом зависит от своевременной подготовки к тушению. Весь начальствующий состав, привлекаемый к тушению пожаров на этих объектах, должен тщательно изучить оперативно-тактические особенности и вместе с личным составом всех караулов, участвующих в тушении пожаров, не реже одного раза в год проходить специальный инструктаж под руководством инженерно-технического персонала энергообъекта по заранее разработанной программе.

Старшее должностное лицо, возглавляющий пожарные подразделения, по прибытии на пожар немедленно связывается со старшим по смене и получает от него необходимые сведения о пожаре. Старший из числа технического персонала или опера-

тивной выездной бригады (ОВБ) проводит с личным составом пожарных подразделений тщательный инструктаж и выдает письменное разрешение на проведение работ по тушению пожара. При этом на месте пожара представитель энергообъекта устанавливает и обозначает указателями зону, где могут проводить пожарные подразделения боевые действия по тушению.

В разрешении на проведение тушения пожара указывают наименование объекта, место проведения тушения пожара, какие установки разрешается тушить, обесточенные и не обесточенные электроустановки и кабели, места их расположения и максимальное напряжение, а также дату, часы и минуты, когда выдано разрешение.

По прибытии на пожар пожарных подразделений независимо от их количества во всех случаях организуют штаб пожаротушения, в состав которого обязательно включают старшего представителя администрации энергопредприятия.

В процессе тушения пожара все боевые действия подразделений осуществляют с учетом указаний старших руководителей администрации или оперативно-выездной бригады. В свою очередь, старший из числа инженерно-технического персонала или оперативно-выездной бригады согласовывает свои действия с РТП и информирует его об изменениях в работе электроустановки и другого оборудования.

При тушении пожаров на объектах энергетики необходимо строго соблюдать требование: если об отключении электрооборудования или кабелей не указано в разрешении на проведение тушения, то их считают под напряжением.

Согласно рекомендациям: Тактика тушения электроустановок, находящихся под напряжением: Рекомендации. М.: ВНИИПО, 1986 16 с. тушение пожаров на энергообъектах может проводиться на отключенном электрооборудовании и на электроустановках, находящихся под напряжением, используют воду в виде компактных струй из стволов РСК-50 ($d_{\text{сн}} = 11,5$ мм) РС-50 ($d_{\text{сн}} = 13$ мм) и распыленных из стволов с насадками НРТ-5, а также негорючие газы, хладон, порошковые составы и комбинированные составы (углекислота с хладоном или распыленная вода с порошком). Подача любой пены ручными средствами при тушении электроустановок под напряжением категорически запрещается.

При тушении пожаров на трансформаторах, горящие трансформаторы отключают со всех сторон и заземляют. На развившихся пожарах организуют защиту от высокой температуры соседних трансформаторов, оборудования и установок. Пожары трансформаторов и масляных выключателей тушат пеной средней кратности с интенсивностью подачи раствора пенообразователя $0,2$ л/($\text{м}^2 \cdot \text{с}$), а также тонкораспыленной водой с интенсивностью $0,1$ л/($\text{м}^2 \cdot \text{с}$). В процессе разведки определяют характер повреждения трансформаторов, реакторов и трубопроводов, содержащих трансформаторное масло, направления растекания горячей жидкости в сторону соседних трансформаторов и другого оборудования, опасность взрыва расширительных бачков, наличие стационарных пенных или водяных установок пожаротушения и при необходимости возможность приведения их в работу.

Если масло горит над крышкой трансформатора и ниже ее масляный бак не поврежден, то на тушение вводят один-два ручных водяных ствола с насадками НРТ-5, которые обеспечивают оптимальный расход воды при интенсивности подачи $0,2 - 0,24$ л/($\text{м}^2 \cdot \text{с}$). Если расширительный бачок на трансформаторе оказывается в огне, часть масла, равную его объему (примерно 10 % объема масла в баке трансформатора), сливают в аварийную емкость. Больше сливать масла из трансформатора (реакто-

ра) запрещается, так как это может привести к повреждению внутренних обмоток и усложнению пожара.

Если в условиях пожара крышка трансформатора сорвана, то масло может гореть в баке и вокруг трансформатора. В этом случае вначале ликвидируют горение масла вокруг трансформатора распыленной водой, воздушно-механической пеной средней кратности или в комбинации распыленной водой и огнетушащими порошками одновременно. Если тушение масла производят распыленными струями, стволы целесообразно располагать по периметру пожара равномерно, а при тушении пеной или комбинированным способом огнетушащие средства подают в сопутствующем потоке воздуха. Это наиболее эффективный прием, обеспечивающий поступление порошка и распыленной воды в зону горения одновременно. Тушение масла в баке при сорванной крыше осуществляют пеной средней кратности, которую подают с помощью пеноподъемников или выдвижных лестниц.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ Р 12.3.047–98 Пожарная безопасность технологических процессов.
2. Тепло – полис / Теплоэлектроцентраль (ТЭЦ) [Электронный ресурс] /Режим доступа: http://www.teplo-polis.com.ua/termin_45.html
3. А. А. Мельник, Н. В. Мартинович, Ж. С. Калюжина, О. С. Малютин - Справочник начальника караула пожарной части. 5-е изд., перераб. и доп. – Справочник / Красноярск.: ФГБОУ ВО Сибирская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2019. - 176 с.
5. 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.
6. 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.

УДК 681.306

А. М. Качуро, С. Г. Реснянский, Д. В. Павлов, Н. А. Мороз
ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский Университет ГПС МЧС России

ВЫБОР РАЦИОНАЛЬНОГО ВАРИАНТА ПОСТРОЕНИЯ МОДЕЛИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ УЗЛОВ И ДЕТАЛЕЙ ПОЖАРНО-СПАСАТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ

Ключевые слова: Сложная техническая система (СТС), методы принятия решения.

Аннотация: В статье рассматривается задача выбора рационального варианта построения сложных технических систем, сформулирована постановка задачи, выбраны методы её решения и проанализированы особенности их практического применения.

A. M. Kachuro, C. G. Resnyanskiy, D. V. Pavlov, N. A. Moroz

CHOICE OF THE RATIONAL OPTION OF CONSTRUCTION OF THE MODEL FUNCTIONING OF ASSEMBLIES AND PARTS FIRE RESCUE EQUIPMENT

Keywords: Complex technical system, decision methods.

Abstract: The article considers the problem of choosing a rational option for constructing complex technical systems, formulates the problem statement, selects methods for solving it and analyzes the features of their practical application.

Сложность комплексного обеспечения качества СТС и выбора рационального варианта построения обусловлена:

1. Большим числом и сложностью учета разнообразных внутренних и внешних факторов, влияющих на оценку показателей качества СТС.
2. Разработкой разнообразных математических моделей для оценки эффективности функционирования СТС.
3. Обеспечением «преемственности» в оценке качества функционирования СТС на разных этапах жизненного цикла, связью и обоснованностью принимаемых решений по выбору рационального варианта построения СТС, устойчивостью полученных решений к изменению состава исходных данных и корректировке требований к СТС, пусть даже в незначительных пределах.

Постановка задачи. Поэтому задача выбора рационального варианта построения СТС может быть отнесена к классу задач индивидуального принятия решений в условиях определенности при наличии многих показателей качества разрабатываемой системы, т.е. к векторным задачам принятия решений [2, 5, 6].

Модель векторной задачи принятия решений может быть представлена упорядоченной шестеркой:

$$C\{Q, F, f, G, H, V\}, \quad (1)$$

где Q – множество показателей (т.е. альтернатив, например, вариантов системы, способов ее применения по назначению и т.п.); F – множество показателей оценивания вариантов (показателей качества системы); f – отображение множества вариантов в множество векторных оценок (значений показателей); G – множество постановок (типов) задач сравнения вариантов; H – система предпочтений лица, принимающего решение (ЛПР); V – множество возможных правил выбора решения.

При проектно-исследовательских работах множество Q представляет собой совокупность технически реализуемых вариантов системы. В задаче выбора способа применения системы – это совокупность таких способов, каждый из которых способен обеспечить решение поставленной задачи, т.е. приводит к достижению цели применения системы в заданных условиях.

Анализ методов решения. В качестве примера рассмотрим оптимизацию СТС с использованием двухкритериальных функций показателя надежности P и показателя затрат W . Улучшение этих показателей одновременно невозможно, поскольку основным методом повышения надежности является резервирование, которое увеличивает затраты. Данная задача в теории надежности носит название задача оптимального резервирования. Методы ее решения (последовательного распределения, динамического программирования и полного перебора) разработаны и применяются на практике.

Однако, если заданным условиям удовлетворяет несколько вариантов, приходится решать многокритериальную задачу, одновременно улучшая оба показателя [1, 3, 7].

На рис. 1 показан общий вид зависимости показателя надежности СТС P от затрат W .

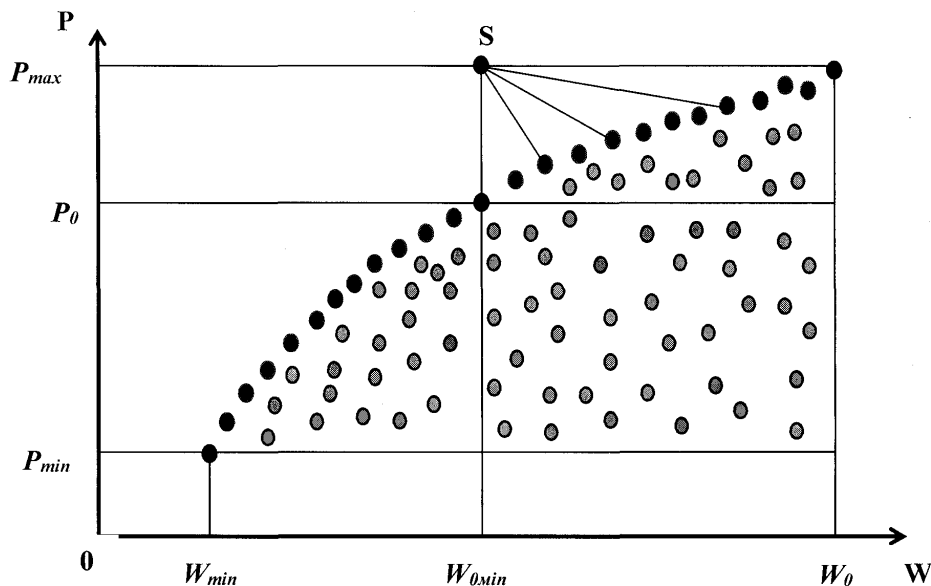


Рис. 1. Зависимость надежности системы от затрат на резервирование

P_{min} - надежность системы с минимальной структурой (без резервирования);

P_0 — необходимый уровень надежности; P_{max} - максимальная значение надежности для системы в целом; W_{min} - затраты на систему с минимальной структурой (без резервирования);

W_{0min} - минимальные затраты, обеспечивающие необходимый уровень надежности;

W_0 - максимальные затраты на резервирование системы; S - «идеальная точка» (точка утопии)

Система с минимальной структурой (P_{min}), (W_{min}), не отвечает необходимым требованиям по надежности и затратам, предъявляемым к ней. Начиная с какого-то момента (P_0), (W_{min}) надежность СТС будет возрастать не столь существенно по сравнению с затратами на резервирование. В связи с этим является актуальным решение многокритериальной задачи выбора рационального варианта архитектуры СТС, при котором значение показателя надежности оправдывает затраты на резервирование. Для этого мы должны отыскивать область Парето-оптимальных вариантов построения путем решения прямой задачи оптимального резервирования при жестком ограничении на затраты (W_0) и решения обратной задачи — минимизации затрат на резервирование при заданном значении показателя надежности (P_0), удовлетворяющего требованиям к СТС. Отметим на графике из области Парето-оптимальных решений точку утопии (S) - максимальное значение показателя надежности при минимальных затратах на резервирование. Решением задачи выбора рационального варианта СТС является точка из множества Парето-оптимальных решений. Наиболее подходящими для решения поставленной задачи выбраны: метод идеальной точки, метод главного критерия и метод уступок [2,4]. Рациональное решение находится путем совместного применения этих методов с анализом и сравнением полученных результатов. Анализ применения одновременно нескольких методов оптимизации показал, что полученное решение зачастую не совпадает даже при небольшом числе вариантов построения СТС, что приводит к необходимости использования дополнительной информации о

системе предпочтений ЛПР и переходу к решению поставленной задачи в условиях неопределенности. Основными методами решения подобных задач являются: метод Нелдера-Мида, выбор на основе t-упорядочения, метод Саати и др. [1, 3, 7]. В этом случае целесообразно также воспользоваться предлагаемым подходом, то есть использовать совместно несколько методов со сравнением полученных результатов, а полученные в ходе решения данные использовать для корректировки исходных положений несовпадающего метода.

Задача выбора рационального варианта построения СТС относится к классу задач многокритериальной оптимизации в условиях определенности для получения Парето-оптимальных решений. Далее используются методы принятия решений в условиях неопределенности с привлечением дополнительной информации. Для этого необходимо использовать не один, а несколько методов оптимизации со сравнением результатов, совпадение результатов будет свидетельствовать о выборе рационального варианта построения СТС.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Надежность технических систем. Справочник/ Под редакцией И.А. Ушакова. - М.: Радио и связь, 1985. - 606 с.
2. Черноуцкий И.Г. Методы принятия решений: учебное пособие. – СПб.: СПбГПУ, 2012. - 318 с.
3. Кини Р.Л., Райфа Х. Принятие решений при многих критериях: предпочтения и замещении/ Под ред. И.Ф. Шахнова. - М.: Радио и связь, 1981.
4. Вентцель Е.С. Исследование операций. - М.: Советское радио, 1972.
5. Подиновский В.В., Ногин В.Д. Парето-оптимальные решения многокритериальных задач. - М.: Наука, 1982.
6. Демидов Б.А. Теория и методы военно-научных исследований вооружения и военной техники. - Харьков: ВИРТА ПВО, 1990.- 435 с.
7. Курапин В.Г. Эффективность метода последовательного распределения при решении задачи оптимального резервирования систем обработки информации. — В сб. Автоматизированные системы управления и приборы автоматики. Вып. 81. - Харьков: Вища школа, 1987, с.31.

УДК 681.5

М. В. Квасов, И. А. Легкова

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

ПЕРСПЕКТИВЫ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ РОБОТОТЕХНИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА

Ключевые слова: Робототехника, многофункциональный роботизированный комплекс, лафетный ствол, тушение пожара.

Аннотация: В статье рассмотрены перспективы совершенствования робототехнического комплекса с помощью установки на него автономного пожарного лафетного ствола.

Основной задачей данного симбиоза будет являться автономное, не зависящее от оператора, тушение очага возгорания. Это позволит модифицировать работу лафетных стволов, и обеспечить более легкий способ его перемещения.

M. V. Kvasov, I. A. Legkova

PROPOSAL FOR IMPROVEMENT OF A ROBOTIC COMPLEX

Keywords: Robotics, multifunctional robotic complex, fire monitor, fire fighting.

Abstract: The article discusses the prospects for improving the robotic complex by installing an autonomous fire monitor on it. The main objective of this symbiosis will be autonomous, independent of the operator, fire extinguishing. This will modify the work of the gun monitors, and provide an easier way to move it.

В современном мире техника является неотъемлемой частью человеческого общества, она постоянно развивается, обновляется и модернизируется. Сегодня с помощью гаджетов люди поддерживают общение на расстоянии сотен километров, а на самолетах преодолевают это же расстояние всего за несколько часов. Следы технического прогресса можно заметить абсолютно в любой сфере жизнедеятельности человека, исключением не стала и профессиональная деятельность сотрудников пожарной охраны. А все из-за того, что с развитием промышленности и научно-технического прогресса, в современном мире могут возникнуть аварии и выбросы, поражающий фактор которых физически не позволит человеку даже приблизиться к очагу. В подобных ситуациях на помощь сотрудникам приходят роботизированные комплексы разной классификации.

Поступив в Ивановскую пожарно-спасательную академию ГПС МЧС России, я вступил в научное общество обучающихся (НОО) кафедры «Механики, ремонта и деталей машин». Преподаватели кафедры рассказали мне, что академия ведет активную деятельность в сфере робототехники и даже имеет экспериментальный образец робототехнической платформы легкого класса МРДМ-2 (о котором будет сказано позже). Заинтересовавшись данной темой, я увлекся робототехникой, а именно разработкой теоретических и практических способов соединения между собой пожарных лафетных стволов и многофункциональных робототехнических платформ.

Чтобы свободно ориентироваться в теме, параллельно с учебной программой я начал самостоятельное изучение таких установок как РЛС (роботизированные лафетные стволы) [1] и МРК (многофункциональный роботизированный комплекс) [2].

Роботизированные лафетные стволы (РЛС) являются основой всех роботизированных противопожарных комплексов. Они осуществляют автономное тушение очагов возгорания и ведут постоянный контроль противопожарной безопасности охватываемого сектора. Так же, выполняя свою работу, пожарный робот замещает пожарного ствольщика в местах, опасных для жизни. Ствол имеет три степени подвижности в сферической системе координат, что позволяет достать любую точку пространства в радиусе действия струи. На выходе ствола устанавливается многофункциональная головка-насадок, формирующая все виды подачи воды и пены в одном стволе.

Многофункциональный роботизированный комплекс (МРК) представляет собой подвижную платформу с определенным оборудованием, необходимым для выполнения тех или иных задач [3]. Классификация комплексов происходит согласно

поставленным задачам. Существуют роботы манипуляторы, способные перемещать объекты с помощью специального оборудования, роботы-разведчики, основная задача которых непосредственно разведка и снятие показателей состояния местности, так же существуют так называемые «роботы-пожарные», которые оснащены мощными лафетными стволами и предназначены для ликвидации очага возгорания. Именно создание последнего на базе платформы МРДМ-2 и является непосредственно целью моей работы.

Робототехнический комплекс легкого класса с элементами модульной компоновки состоит из базового гусеничного шасси и модулей полезной нагрузки [4, 5].



Рис. 1. Общий вид базового шасси робототехнического комплекса

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 различных модулей полезной нагрузки, таких как блоки датчиков, модули порошкового пожаротушения, манипуляторы.

На базовом шасси ведущими являются задние колеса. Диаметры колес выбраны таким образом, чтобы при размещении приводных мотор-редукторов над базовой платформой обеспечить ее горизонтальное положение относительно поверхности. Для обеспечения регулирования скорости движения и плавного пуска используется ШИМ-сигнал управления, поступающий 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.

Особенностью конструкции является то, что для управления роботом и полезной нагрузкой используется один главный контроллер, с которым, при помощи блока связи, организовано взаимодействие с постом управления.

Главный контроллер с полезной нагрузкой соединяется при помощи разъема, расположенного на внешней части кожуха отсека управления. На полезную нагрузку от главного контроллера может подаваться оперативное питание, а так же дискретные и аналоговые сигналы. Для замены модулей полезной нагрузки достаточно выполнить их перемонтаж на грузовой платформе и присоединить соответствующий разъем.

При необходимости модули полезной нагрузки могут иметь автономное питание и отдельную систему управления, в этом случае возможно организовать передачу необходимых оператору данных от полезной нагрузки на пост управления через главный контроллер устройства.

Согласно поставленным целям передо мной стоит задача установки автономного пожарного лафетного ствола на платформу МРДМ-2. Основной задачей данного симбиоза будет являться автономное, не зависящее от оператора, тушение очага возгорания. Это позволит модифицировать работу лафетных стволов, и обеспечить более легкий способ его перемещения. Так же, задав определенный маршрут, может быть организовано патрулирование некой территории, что позволит использовать в противопожарной безопасности объекта менее сложные разновидности современных РЛС. Так же данный вариант с финансовой точки зрения более выгоден, чем развернутая система обнаружения, оповещения и ликвидации очага возгорания на базе лафетных стволов.

Для реализации данного проекта помимо РЛС и платформы МРДМ-2 будут задействованы следующие компоненты:

1. Набор высокочувствительных датчиков сообщающих о любом резком повышении температуры.
2. Мощный аккумулятор для полной автономности комплекса.
3. Видео система для навигации на местности и возможного управления оператором.
4. Аудио система для экстренного оповещения окружающих.
5. Плата Orange PI PC PLUS для непосредственного программирования и корректировки программы комплекса.

Языком программирования данного комплекса будет выбран C++ (который сейчас факультативно изучается мною) на его основе будут работать все команды и действия робота.

На данный момент робот находится в стадии теоретической разработки. Для конечного результата требуется свободное владение языком C++ и соответствующие оборудование.

Таким образом, в данной работе я представил возможную модификацию уже имеющейся платформы, созданную на кафедре «Механики, ремонта и деталей машин» ИПСА ГПС МЧС России. В дальнейшем планируется активное развитие данной идеи и освоение основ программирования, под чутким руководством преподавателей кафедры.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Легкова И.А., Квасов М.В. Применение пожарных роботов на базе лафетных стволов // Гражданская оборона на страже мира и безопасности: сборник материалов IV Между-

народной научно-практической конференции. – Москва: АГПС МЧС России, 2020. – С.356-360.

2. Квасов М.В., Легкова И.А. Робототехнические комплексы на службе пожарной безопасности // Современные пожаробезопасные материалы и технологии: материалы III Международной научно-практической конференции. – Иваново: ИПСА ГПС МЧС России, 2019. – С.350-356.

3. URL: <https://fireman.club/statyi-polzovateley/robototekhnicheskie-kompleksyi-mchs-osnovnyie-modeli-opisanie-i-tth/>

4. Иванов В.Е., Зарубин В.П., Пучков П.В., Топоров А.В. Мобильный роботизированный комплекс пожаротушения модульной компоновки // Современные пожаробезопасные материалы и технологии: сборник материалов II Международной научно-практической конференции. – Иваново: ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2018. – С 282-285.

5. Иванов В.Е., Зарубин В.П. Робототехническая платформа модульного типа // Общественные проблемы инженерной подготовки кадров МЧС РФ: сборник трудов XXIX Международной научно-практической конференции «Предотвращение. Спасение. Помощь». – Химки: ФГБОУ ВО АГЗ МЧС России. – 2019. – С. 54-57.

УДК 614.841

О. С. Ковязина, А. Н. Слепаков, Д. Б. Самойлов, А. О. Семенов

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

СТАТИСТИКА ПОЖАРОВ НА ОБЪЕКТАХ НЕФТЕГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ В 2018-2019 ГОДАХ В РОССИИ И ЗА РУБЕЖОМ

Ключевые слова: Статистика, опасность, нефтеперерабатывающая промышленность, пожар, ЧС.

Аннотация: В данной статье представлена статистика пожаров на объектах нефтегазовой отрасли, также отражена статистика возникновения пожаров и ЧС на различных в объектах. Указана актуальность повышения мер пожарной безопасности на данных объектах.

O. S. Kovyazina, A. N. Slepakov, D. B. Samoilov, A. O. Semenov

FIRE STATISTICS AT OIL AND GAS INDUSTRIES IN 2018-2019 IN RUSSIA AND ABROAD

Keywords: statistics, danger, oil refining industry, fire, emergency.

Abstract: This article presents the statistics of fires at oil and gas industry facilities, as well as statistics on the occurrence of fires and emergencies at various sites. The urgency of increasing fire safety measures at these facilities is indicated.

В современном мире самыми распространёнными чрезвычайными ситуациями техногенного характера являются пожары и взрывы. Они наносят огромный матери-

альный ущерб, влекут за собой гибель людей, наносят невосполнимый ущерб экологии.

Разливы нефти, взрывы на нефтеперерабатывающих заводах (далее - НПЗ), аварии на месторождениях – действительно одни из самых страшных катастроф в мире, а пожары, происходящие в резервуарах, входящих в производственный процесс по добыче, транспортировке, переработке и хранению углеводородных продуктов представляют опасность в первую очередь потому, что это связано с принципом «домино».

Наземное хранение нефтепродуктов считается наиболее опасным способом хранения. На резервуарах типа РВС в нашей стране за последние два десятилетия произошло 93,3% пожаров и аварий. По статистическим данным пожары распределяются следующим образом: 53,8% - на резервуарах с бензином, 32,4% на резервуарах с сырой нефтью и 13,8% - на резервуарах с другими нефтепродуктами.

Пожары на резервуарах по месту их возникновения:

- на распределительных нефтебазах в 48,3%;
- в резервуарах на НПЗ 27,7%;
- на нефтепромыслах 14%;
- на резервуарах нефтепроводов 10%.

В нефтяной и нефтеперерабатывающей промышленности средняя частота пожаров с серьезными последствиями составляет 12 пожаров в год. Пожары в этой отрасли возникают в 73 % случаях в весенне-летний период.

Как уже было сказано выше, пожары на объектах нефтепереработки характеризуются причинением значительного экологического ущерба. В окружающую среду попадает большое количество продуктов горения, огнетушащих средств. При горении нефть и нефтепродукты образуют углекислый газ, окись углерода, сернистый газ, азот, полиароматические углеводороды, альдегиды, сажу и другие соединения. Чем выше плотность нефтепродукта, тем выше их содержание в продуктах горения.

Мощность 30 крупных и 80 мини нефтеперерабатывающих заводов России позволяют переработать сырья до 261,6 млн. тонн. В рамках реализации Указа «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года», подписанного Президентом РФ, необходимо создавать в различных отраслях экономики, прежде всего в обрабатывающей и агропромышленной, высокопроизводительные экспортно-ориентированные сектора, в основу которых должны быть положены современные технологии. Это позволит достичь высоких результатов развития в научно-технологическом и социально-экономическом направлении страны [1]. Самый крупный в России НПЗ Восточная Сибирь – Тихий океан, построенный в рамках выполнения Указа Президента соответствует требованиям к НПЗ развитых экономик мира и др.

Таким образом, нефтеперерабатывающая отрасль является одной из основ современной экономики страны, с одной стороны принося большой вклад в бюджет государства, но в тоже время представляет собой источник негативного воздействия на окружающую среду, создает угрозы возникновения взрывов и пожаров. Анализ пожаров, возникающих на нефтеперерабатывающих предприятиях показывает положительную динамику, что, безусловно является результатом проводящейся профилактической работы.

Приведём описание некоторых пожаров, которые произошли в 2018-2019 годах, в России и за рубежом:

18 января возник пожар на заводе «Ангарской нефтехимической компании» (АНХК), принадлежащей «Роснефти» в результате разгерметизации одного из вспомогательных трубопроводов. Площадь возгорания составляла 10 квадратных метров. Пострадавших не было.

10 марта произошло возгорание на вспомогательном оборудовании установки вторичных процессов на Новокуйбышевском нефтеперерабатывающем заводе в Самарской области. Площадь пожара составила 10 квадратных метров. Пострадал один работник.

11 марта возник пожар на территории Комсомольского нефтеперерабатывающего завода (принадлежит «Роснефти») в Хабаровском крае. Возгорание на вспомогательном оборудовании установки вторичных процессов на территории Комсомольского НПЗ было оперативно ликвидировано.

14 апреля возник пожар на одной из установок нефтеперерабатывающего завода «ЛУКОЙЛ-Пермнефтеоргсинтез» в Перми. В результате ЧП никто не пострадал.

В сентябре этого же года дважды произошёл пожар на нефтеперерабатывающем заводе «Кинеш» в Киришском районе Ленинградской области, 23 сентября горел блок технологических печей на площади 90 квадратных метров, а 25 сентября установка по переработке дизельной фракции. Высота горения факела в ООО «Кинеш» достигала 10 метров. Угрозы соседним сооружениям и пострадавших не было.

27 сентября произошло возгорание на перерабатывающей установке по очистке бензина на территории ОАО «Славнефть-Янос» в Ярославле. Площадь пожара составила 40 квадратных метров, никто не пострадал.

10 октября погиб рабочий нефтеперерабатывающей компании в Уфе и три человека получили химическое отравление при очистке цистерны с дизельным топливом.

30 октября загорелись резервуары на нефтебазе на Хохряковском месторождении в Нижневартовском районе Ханты-Мансийского автономного округа из-за разгерметизации одного из резервуаров при проведении плановых работ. Затем огонь распространился на узел учета нефти и здание административно-бытового комплекса. Пожар, площадь которого составила одну тысячу квадратных метров, был потушен только на следующий день. При пожаре пострадали три человека.

27 ноября 2018 года на нефтехимическом заводе "Синтез-Каучук" в Стерлитамаке (Башкирия) произошло возгорание во время плановых ремонтных работ из-за утечки углеводорода на трубопроводе. В одной из цистерн загорелся изопентан – легко воспламеняемый углеводород, взрывоопасный в смеси с воздухом. Площадь пожара составила около 30 квадратных метров. Пострадали четыре человека.

7 ноября 2019 года на нефтебазе «Грушевая» в Новороссийске при проведении огневых работ произошел хлопок с последующим горением. Пожар был ликвидирован. В результате ЧП пострадали шесть человек [2].

Пожары на нефтеперерабатывающих предприятиях происходят во всём мире, свидетельством тому являются пожары, приведённые ниже:

В январе 2018 года произошел разлив нефти на нефтеперекачивающей станции АО "КазТрансОйл" в Атырауской области Казахстана. В результате перепадов напряжения на нефтеперекачивающей станции сработала система противоаварийной защиты с полным открытием сбросной электроприводной задвижки печи подогрева нефти №7. В результате открытия сбросной задвижки нефть попала в дренажную ем-

кость и на заснеженный грунт. К счастью, авария обошлась без серьезных последствий, загрязнений окружающей среды в результате разлива зафиксировано не было. Весь замазученный грунт был собран, проведена рекультивация пострадавших в результате разлива земель. Жертв и пострадавших в результате инцидента также не было.

Начало 2018 года в Китае было омрачено взрывом бензовоза в Дуньине в восточной провинции Шаньдун. Взрыв прогремел поздно ночью в момент, когда цистерну заправляли топливом на объекте местной транспортной компании. В результате взрыва возник сильный пожар. На месте происшествия обнаружены тела трех человек.

В апреле 2018 года крупный пожар произошел на нелегальной нефтяной скважине в Индонезии. Не менее 18 человек погибли и 40 получили ранения. Пожарные более суток не могли справиться с огнем. Также сгорело несколько жилых домов по соседству. По заявлению местных властей, предприятие действовало без лицензии. С 2012 года организация «Форум по защите окружающей среды» обращалась к властям провинции и требовала остановить незаконную добычу нефти, все усилия были безрезультатны.

В апреле был локализован пожар на НПЗ компании Husky Energy в Сьюпириоре, штат Висконсин. На месте аварии взорвалась небольшая емкость, в которой были или сырая нефть, или битум. После череды новых взрывов персонал эвакуирован. В результате возгорания 20 человек получили ранения. На время тушения пожара жителей близлежащего населенного пункта тоже пришлось эвакуировать.

В августе горел еще один завод, расположенный в Мумбаи, НПЗ принадлежал компании Bharat Petroleum. Пожару предшествовала серия взрывов. Пострадали не менее 21 человека.

Октябрь 2018 года запомнился экологам и нефтяникам большим количеством аварий. В начале месяца восемь человек пострадали при взрыве на НПЗ в г. Босански-Брод республики Сербской Боснии и Герцеговины. Несчастный случай обошелся без погибших. АО НПЗ «Брод» является единственным нефтеперерабатывающим заводом на территории Боснии и Герцеговины и контролируется российской компанией «Зарубежнефть».

Череду взрывов на НПЗ завершила авария на нефтеперерабатывающем заводе в Фобург-на-Дунае в Германии, которая произошла в сентябре. Три человека были госпитализированы с тяжелыми травмами. Из-за сильного задымления, вызванного взрывом и последующим пожаром, 1,8 тыс. человек были вынуждены покинуть свои дома.

16 октября в районе Осисиоома в штате Абия произошел взрыв и последовал пожар на нефтепроводе Нигерийской национальной нефтяной корпорации. Причиной взрыва могла стать утечка на отрезке нефтепровода, где проводились ремонтные работы. Число погибших в результате взрыва и пожара на нефтепроводе составило 60 человек. Это, пожалуй, один из крупных пожаров 2018 года.

Проведенный обзор пожаров в нашей стране и за рубежом позволяет выявить основные причины, способствующие возникновению пожаров в резервуарах и резервуарных парках. Предварительными причинами пожаров в резервуарных парках стали:

1. Нарушения пределов допустимых концентраций взрывоопасных смесей (например, вследствие переполнения резервуара или его перегрева в жарких климатических условиях).
2. Искры в электроустановках (короткие замыкания в цепях систем автоматики).
3. Проявления атмосферного электричества (удары молнии).
4. Нарушения правил пожарной безопасности на территории складов нефти и нефтепродуктов при проведении огневых и других пожароопасных работ, а также вследствие курения (примерно 35 % зарегистрированных пожаров происходит при подготовке и проведении ремонтных работ.).
5. Разряды статистического электричества.

Таким образом, анализ пожаров на нефтеперерабатывающих объектах показывает, что пожары и ЧС на данных объектах часто приводят к большому материальному ущербу и не редко к гибели человека.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Экономика Российской Федерации. URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/ Экономика Российской Федерации](https://ru.wikipedia.org/wiki/Экономика_Российской_Федерации), свободный (дата обращения: 27.01.2019).
2. Статистика пожаров на территории Российской Федерации. URL: http://www.mchs.gov.ru/activities/stats/Pozhari/2018_god, свободный (дата обращения: 27.01.2019).

УДК 534.2:621.37/39 (075)

А. Б. Колобов, Ф. Б. Огурцов

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

АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ И ОПЫТ РЕАЛИЗАЦИИ ВИБРОМОНИТОРИНГА РОТОРНЫХ МАШИН

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

Аннотация: Приведен анализ результатов апробации вибромониторинга электромеханических роторных машин на основе контроля широкополосной вибрации, произведена расчетная оценка запаса работоспособности.

A. B. Kolobov, F. B. Ogurtsov

ANALYSIS OF RESULTS AND EXPERIENCE OF IMPLEMENTATION VIBROMONITORING OF ROTARY MACHINES

Keywords: Vibration monitoring, technical condition, control, vibration, rotary machines, working capacity.

Abstract: The analysis of the results of testing vibromonitoring of electromechanical rotary machines based on the control of broadband vibration is presented, a calculated assessment of the operating margin is made.

В данной статье приведен анализ результатов применения предложенной технологии вибромониторинга для оценки состояния электромеханических роторных машин газовой котельной (ГК) ФГБОУ ВО ИГЭУ.

В отопительный период с ноября 2018 г. по апрель 2019 г. контролировалась абсолютная вибрация в виде среднего квадратичного значения (СКЗ) виброскорости подшипниковых опор машин различных конструктивных компоновок и назначения:

- тяго-дутьевые механизмы (дутьевые вентиляторы и дымососы газового котла) с консольным расположением рабочих колес на валу приводного электродвигателя (мощность 11 кВт, номинальная частота вращения 970 мин^{-1});
- насосы сетевой воды (сетевые насосы) с вертикальным расположением валов, выполненные в виде моноблока (насосы GRUNDFOS, мощность 18,5 кВт, номинальная частота вращения 2930 мин^{-1}).

Маршрутные карты с точками контроля вибрации и направлениями измерения (три взаимно перпендикулярных направления: вертикальное-поперечное (В), горизонтальное-поперечное (Г) и осевое (О)) на подшипниковых опорах приведены на рис. 1 и рис. 2.

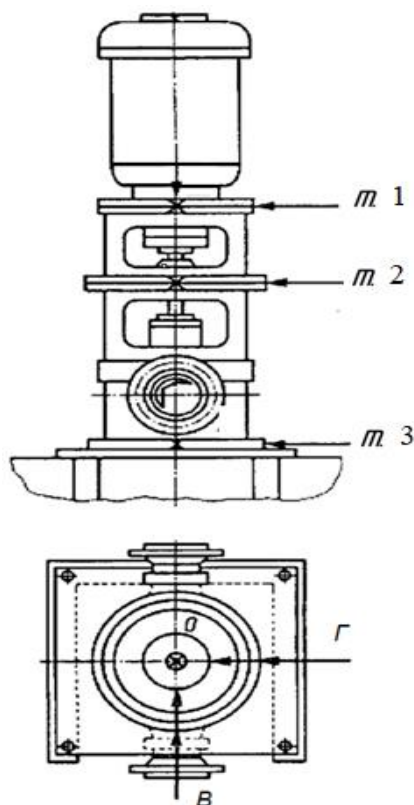


Рис. 1. Маршрутная карта измерений вибрации насоса сетевой воды

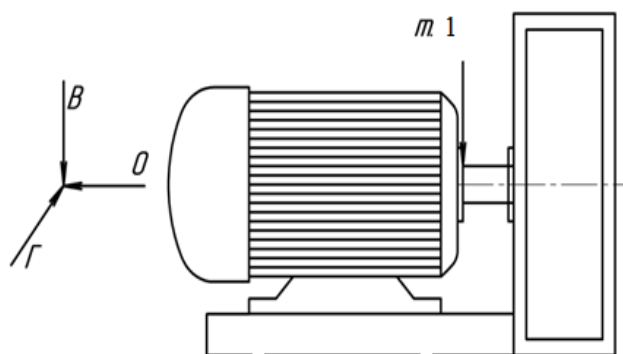


Рис. 2. Маршрутная карта измерений вибрации вентилятора дутьевого и дымососа

По ГОСТ ИСО 10816-1-97 и ГОСТ ИСО 10816-3-2002 [2], исходя из технических характеристик машин, выбраны нормативные уровни зон технического состояния (зоны **A**, **B**, **C** и **D**), приведенные в табл. 1. Вид установки машинных агрегатов – жесткий.

Таблица 1. Нормативные уровни СКЗ виброскорости контролируемых машин

Технологическая группа машин	ГОСТ	Граница зон состояний, мм/с		
		A/B	B/C	C/D
Насос сетевой воды	ИСО 10816-3-2002	1,4	2,8	4,5
Дутьевой вентилятор и дымосос	ИСО 10816-1-97	0,71	1,8	4,5

На основе статистического анализа результатов измерений за указанный период был рассчитан базовый уровень вибрации для каждой точки контроля и направления измерения. Результаты расчета уровней «предупреждение» и «останов» [1] сведены в технологические карты контроля (табл. 2 – табл. 3).

Таблица 2. Уровни вибрации насосов сетевой воды (сетевых насосов)

Технолог. номер насоса	Точка контр.	Направл. измерения	Базовый уровень V_{e0j} , мм/с	Уровень предупреждение $V_e^{ПП}$, мм/с	Уровень останов $V_e^{ОСТ}$, мм/с	
					м-у	ж-у
СН-1	1	в	1,4	2,1	4,05	5,63
		г	2,37	3,07		
		о	1,47	2,17		
	2	в	1,0	1,7		
		г	1,3	2,0		
		о	0,77	1,47		
	3	г	1,17	1,87		
		о	0,77	1,47		
СН-2	1	в	2,1	2,8	4,05	5,63
		г	2,13	2,83		
		о	2,07	2,77		
	2	в	1,13	1,83		
		г	1,77	2,47		
		о	1,27	1,97		
	3	г	1,33	2,03		
		о	1,23	1,93		
СН-3	1	в	2,23	2,93	4,05	5,63
		г	2,67	3,5		
		о	1,77	2,47		
	2	в	1,13	2,0		
		г	1,57	2,27		
		о	1,03	1,73		
	3	г	1,03	1,73		
		о	1,13	1,83		

Таблица 3. Уровни вибрации дымососов (Д) и дутьевых вентиляторов (ДВ)

Технолог. номер дымососа/вентилятора	Точка контр.	Направл. измерения	Базовый уровень V_{e0j} , мм/с	Уровень предупреждение V_e^{PP} , мм/с	Уровень останов V_e^{OCT} , мм/с	
					м-у	ж-у
Д-2	1	в	0,8	1,25	4,05	5,63
		г	0,97	1,42		
Д-3	1	в	0,87	1,32	4,05	5,63
		г	0,7	1,15		
ДВ-2	1	г	1,57	2,25	4,05	5,63
ДВ-3	1	г	1,2	1,65	4,05	5,63

Согласно [1] уровень «останов», определяющий динамическую прочность конструкции машина-фундамент, установлен в двух вариантах:

- «мягкий» уровень (м-у, табл. 2 и 3) $V_{ej}^{OCT} = 0,9V_e^{C/D}$;
- «жесткий» уровень (ж-у, табл. 2 и 3) $V_{ej}^{OCT} = 1,25V_e^{C/D}$,

в зависимости от ответственности и наличия технического резерва машин ($V_e^{C/D}$ – граница зон состояний **С** и **Д** по ГОСТ ИСО 10816).

Для оценки работоспособности использован показатель запаса (%), определяемый как отношение разности между границей принятого уровня технического состояния и текущим (на момент времени t_i) измеренным значением вибрации (ΔV_{ei}^{yp}) к номинальной разнице между предельным и базовым уровнем вибрации ($\Delta V_{e\ \partial on}$):

$$ЗР_i = \Delta V_{ei}^{yp} / \Delta V_{e\ \partial on}.$$

Оценены запасы работоспособности:

- до уровня «предупреждение» $\Delta V_{ei}^{yp} = \Delta V_{ei}^{PP} = V_e^{PP} - V_e(t_i)$;
- до уровня «останов» в «мягком» варианте $\Delta V_{ei}^{yp} = \Delta V_{ei}^{OCT} = V_e^{OCT} - V_e(t_i)$;
- до границы зоны **Д** $\Delta V_{ei}^{yp} = \Delta V_{ei}^D = V_e^{C/D} - V_e(t_i)$.

Допуск $\Delta V_{e\ \partial on}$ определяется относительно соответствующей границы или уровня ограничения. При определении $\Delta V_{e\ \partial on}$ предпочтительно вместо базового уровня использовать СКЗ виброскорости, измеренное после проведения пуско-наладочных работ новой машины (практически оказывается невозможным).

Результаты расчета запаса работоспособности технологических машин приведены в табл. 4 и табл. 5 (для каждой точки контроля указано минимальное значение из расчетных оценок по всем направлениям измерения).

Анализ результатов и опыта реализации вибромониторинга.

1. Уровень «предупреждение» не является критичным с точки зрения работоспособности и устанавливался исходя из базовой вибрации, прежде всего, с целью определения необходимости и приоритетности проведения ремонтно-профилактических работ (на усмотрение эксплуатационного персонала и согласованности с существующим графиком ППР).

2. Показателями, характеризующими наиболее вероятный запас работоспособности, можно считать запас до «мягкого» уровня «останов» (худший прогноз) и «до границы зон состояний **С/Д**» (благоприятный прогноз).

Таблица 4. Расчетная оценка запаса работоспособности насосов сетевой воды (сетевых насосов)

Технолог. номер насоса	Контр. точка/ направление измерения		Оценка запаса работоспособности (%)		
			До уровня предупреждение	До мягкого уровня останов	До границы С/Д
СН-1	1	о	13,7	58,9	69,7
	2	в	15,1	65,9	75,6
	3	г	17,3	66,1	76,2
СН-2	1	о	7,6	43,5	56,2
	2	в	16,3	65,8	70,8
	3	о	18,9	60,2	77,3
СН-3	1	в	18,5	51,5	64,7
	2	о	9,3	59,8	69,6
	3	о	9,6	58,9	68,9
СН-4	1	о	15,5	65,1	75,1
	2	о	18,1	66,6	76,7
	3	о	15,1	65,9	75,6

Таблица 5. Расчетная оценка запаса работоспособности дымососов (Д) и дутьевых вентиляторов (ДВ)

Технолог. номер дымососа/ вентилятора	Контр. точка/ направление измерения		Оценка запаса работоспособности (%)		
			До уровня предупреждение	До мягкого уровня останов	До границы С/Д
Д-2	1	г	9	65,5,9	75,1
Д-3	1	г	9,1	68	77,1
ДВ-2	1	в	25,9	70,2	81,3
ДВ-3	1	о	12,4	66,6	76,7

3. Оценки запаса работоспособности позволяют определить перечень машин, включаемых в оперативную карту техобслуживания (ТО) по состоянию в летний период ремонтно-восстановительных работ (РВР). Поскольку это лишь необходимая предварительная оценка, то для установления объема РВР необходимы результаты диагностики причин ухудшения состояния. В крайнем случае, эти результаты могут быть заменены результатами визуального осмотра.

4. Рекомендации по организации ТО по состоянию сводятся к установлению первого и второго приоритетов вывода в текущий ремонт:

- по группе сетевых насосов – насосы 2 (СН-2) и 3 (СН-3);
- по группе тяго-дутьевых механизмов – дымосос 3 (Д-3).

Можно отметить, что практически все машины ГК ИГЭУ имеют запас работоспособности до «мягкого» уровня ОСТАНОВ, превышающий 50%, что свидетельствует об удовлетворительном и пригодном к длительной эксплуатации техническом состоянии машин.

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: ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2019, с. 97 – 101.

2. Колобов А.Б. Основы вибромониторинга машин: учебное пособие / А.Б. Колобов // ФГБОУ ВО Ивановский государственный энергетический университет им. В.И. Ленина. - Иваново, 2019. – 248 с.

УДК 62.133

В. С. Колосов, В. П. Зарубин

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

РАЗРАБОТКА УСТРОЙСТВА С ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ ДЛЯ СКАТКИ ПОЖАРНЫХ РУКАВОВ

Ключевые слова: Пожарный рукав; устройство для скатки; рукавная линия; безводные участки.

Аннотация: В статье рассмотрена актуальная проблема сбора рукавных линий после тушения пожара на безводных участках, а так же при тушении пожаров с использованием большого количества рукавов; предложена конструкция механического устройства устанавливаемого в отсеке пожарного автомобиля и предназначенного для скатки использованных пожарных рукавов.

V. S. Kolosov, V. P. Zarubin

DEVELOPMENT OF AN ELECTRIC DEVICE FOR ROLLING FIRE HOSES

Keywords: Fire hose; device for rolling; sleeve line; waterless areas.

Abstract: The article deals with the actual problem of collecting hose lines after extinguishing a fire in waterless areas, as well as when extinguishing fires using a large number of hoses; the design of a mechanical device installed in the compartment of a fire truck and intended for rolling used fire hoses is proposed.

Выполнение задач поставленных перед пожарной охраной не возможно без проведения специальных мероприятий, а так же без использования и применения средств, машин и оборудования. Одними из самых распространенных средств пожаротушения являются пожарные рукава, которыми комплектуются пожарные автомобили и стационарные пожарные краны. Как следует из определения, пожарный рукав представляет гибкий трубопровод, предназначенный для транспортирования огнетушащих веществ и оборудованный при эксплуатации в расчете пожарной машины, а также в составе пожарного крана пожарными соединительными головками. [1].

Пожарные рукава подразделяются на всасывающие, напорно-всасывающие, напорные. При тушении пожаров и ликвидации других чрезвычайных ситуаций больше всего по количеству бывает задействовано напорных пожарных рукавов. Особенно это относится к территориям и объектам, на которых водоисточники находятся на больших расстояниях. Среди всевозможных противопожарных мероприятий и сооружений, которыми оборудуются населенные пункты и другие объекты, водопровод занимает первое место и играет основную роль в деле охраны жизни людей и имущества граждан от пожаров. Вместе с тем, водопровод является эффективной защитой только тогда, когда все его элементы (водозабор, насос, водопровод, и т.д.) без исключения удовлетворяют предъявляемым к ним техническим требованиям и тесно связаны с местными условиями. На территории Республики Мордовия в настоящее время имеется ряд участков не обеспеченных наружным противопожарным водоснабжением в том объеме, который предъявляется нормативными документами. Большую территорию занимают густые леса, поля, луга. Также на территории Республики расположено большое количество деревень и посёлков, где проблема с водоисточниками наиболее актуальна. Такие территории определяются как безводные районы.

К безводным участкам относятся участки местности с расходом менее 10 л/с, или расстояние до водоисточника более 500 метров [2]. Для обеспечения подачи воды в таких условиях предусматриваются: подача воды перекачкой; подвоз воды; подача воды с использованием гидроэлеваторных систем [2].

Для обеспечения подачи воды перекачкой используется большое количество рукавов большого диаметра. На безводных участках может быть задействован не один десяток рукавов. По окончанию тушения пожара, при сборе пожарнотехнического вооружения большое количество времени уходит на сбор рукавных линий. Пожарные, уставшие после тушения пожара, проведения аварийно-спасательных работ, разбора конструкций принимаются за сбор рукавных линий, тратя на это большое количество времени и сил. Чаще всего сбор напорных пожарных рукавов производят вручную в одинарную скатку, двойную скатку или восьмеркой. Несмотря на простоту выполнения этих приемов сбора рукавных линий они требуют не малых физических затрат, по этому вопрос облегчения операций по сборке рукавных линий является достаточно актуальным. В настоящее время существуют механизированные устройства для перекачки пожарных рукавов на рукавных базах при их техническом обслуживании, а вот устройств для сбора рукавных линий на пожарных автомобилях не встречается. Для облегчения своего труда пожарные применяют различные самодельные приспособления. Однако большинство из них приводятся в действие мускульной силой и поэтому лишь частично облегчают труд.

В настоящей работе предлагается разработать устройство с электроприводом и питанием от бортовой сети пожарного автомобиля, устанавливаемое в отсеке и предназначенное для сбора рукавных линий. Схема устройства представлена на рисунке 1.

Устройство состоит из червячного моторредуктора 1, рамы 2, боковых ограничителей 3 и 4, осевой вилки 5 (см. рис.).

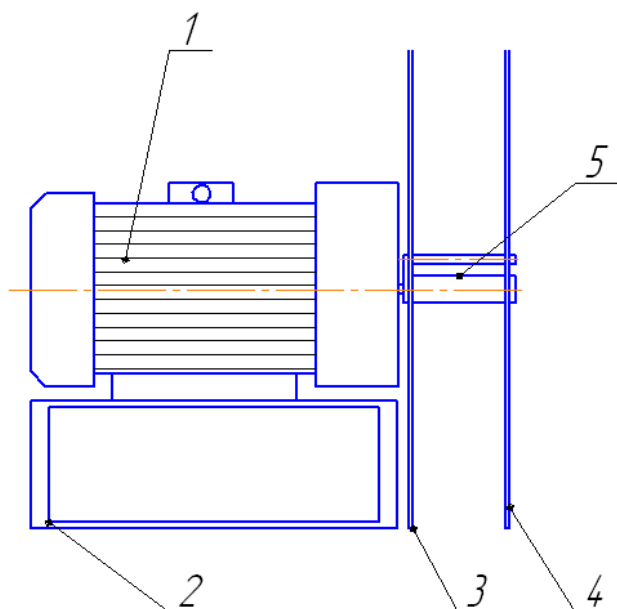


Рис. Схема устройства для скатки пожарных рукавов

Принцип работы устройства и порядок действий при работе с ним заключается в следующем:

- 1) Устройство устанавливается в отсеке пожарного автомобиля и подключается в бортовой электросети;
- 2) На осевую вилку 5 устанавливается боковой ограничитель 3 (в транспортном положении снят);
- 3) В зависимости от способа скатки на осевую вилку накидывается либо полу-гайка пожарного рукава (одинарная скатка), либо его середина (двойная скатка);
- 4) Для предотвращения соскакивания рукава при скатывании, на осевую вилку 5 устанавливается и фиксируется боковой ограничитель 4;
- 5) Включается привод установки, производится скатка рукава;
- 6) По завершению скатки, снимается боковой ограничитель 4 и с осевой вилки 5 снимается скатка рукава;
- 7) Скатанный рукав укладывается в отсек автомобиля, к установке подсоединяется следующий рукав, порядок действий повторяется.

Привод устройства имеет высокий крутящий момент достаточный для того чтобы тянуть линию состоящую из нескольких рукавов. Это позволяет сократить время на разъединение линии и подтягивать рукава к автомобилю начиная скатку с ближнего.

Таким образом, предлагаемое устройство сократит время необходимое для сбора рукавных линий. Скатки, полученные разрабатываемым устройством, получатся плотными и исключат необходимость повторной перекачки. С операцией по сбору рукавной линии может справиться один пожарный, что значительно уменьшает за-

траты труда. Благодаря быстрому сбору оборудования после пожара, пожарный автомобиль быстрее вернется в расположение части и быстрее встанет в расчет.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Чуприян А.П. Методическое руководство по организации и порядку эксплуатации пожарных рукавов. Москва, 2007.
2. Федеральный закон от 22.07.2008 N 123-ФЗ (ред. от 27.12.2018) «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности».

УДК 621.9.06

В. Н. Копосов, Д. В. Круглов

ФГБОУВО Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина

ОПТИМИЗАЦИЯ КОМПОНОВОК АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СКЛАДОВ ГИБКИХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СИСТЕМ

Ключевые слова: Гибкие производственные системы, корпусные детали, автоматизированный склад, кран-штабелер, проектирование.

Аннотация: В работе изложены основные принципы оптимизации в процессе проектирования компонок автоматизированных складов гибких производственных систем для обработки корпусных деталей.

V. N. Kuposov, D. V. Kruglov

OPTIMIZATION OF COMPONOK AUTOMATED WAREHOUSES OF PRODUCTION SYSTEMS

Keywords: Flexible production systems, hull parts, automated warehouse, crane-stacker, design.

Abstract: The work outlines the basic principles of optimization in the design of components of automated warehouses of flexible production systems for the processing of hull parts.

Многokратное увеличение производительности труда в машиностроении возможно лишь при активном внедрении гибких производственных систем (ГПС), позволяющих реализовать принцип «безлюдной» технологии изготовления изделий.

Наибольшее развитие в настоящее время получили ГПС для механической обработки корпусных деталей. Они составляют более 60 % от общего числа функционирующих в мире ГПС для механической обработки деталей. В данной работе рассматриваются именно такие системы.

Важнейшей подсистемой ГПС является автоматизированная транспортно-накопительная система. Она оказывает существенное влияние на технологические возможности и эффективность функционирования ГПС. Отсутствие на станке ГПС в нужный момент времени необходимой заготовки, и невозможность транспортирова-

ния готовой детали приводит к сбою работы системы. Автоматизированная транспортно-накопительная система кроме автоматизированной тележки транспортирования заготовок (деталей) к станкам (от станков) ГПС включает в свой состав склад, как правило, стеллажного типа, кран-штабелер (КШ) и приемо-сдаточную секцию.

Производительность системы «склад-КШ-приемо-сдаточная секция» определяется временем цикла транспортирования заготовок (деталей) между ячейками склада и приемо-сдаточной секцией. Предложена следующая формула для расчета времени этого цикла:

$$t_{ц} = 2\left(\left(\frac{X_{const} + |D_{xi} - l_x \cdot X_2|}{V_x}\right) + \left(\frac{Y_{const} + |D_{yi} - l_y \cdot Y_2|}{V_y}\right) + \left(\frac{a_{px} + a_{mx}}{a_{px} a_{mx}}\right) + \left(\frac{a_{py} + a_{my}}{a_{py} a_{my}}\right) + t_b + t_k\right), \quad (1)$$

где D_{xi} , D_{yi} – координаты конечной ячейки стеллажа по осям координат X и Y; l_x , l_y – расстояния между соседними ячейками стеллажа по осям координат X и Y; X_2 , Y_2 – число ячеек между местом выдачи заготовок и конечной позицией КШ; V_x , V_y – скорости перемещения КШ в установившемся режиме по осям координат X и Y; X_{const} , Y_{const} – расстояние от места выдачи заготовок до стеллажа по осям координат X и Y; a_{px} , a_{mx} – ускорение разгона и торможения КШ по оси X; a_{py} , a_{my} – разгона и торможения КШ по оси Y; t_b – время цикла работы вил КШ (установка и выемка заготовки); t_k – время передачи управляющего кадра центральной электронно-вычислительной машины в локальное устройство управления КШ.

В качестве величины, характеризующей длительность транспортных циклов, удобно принять величину годовых затрат времени на осуществление передвижения КШ между ячейками склада и приемо-сдаточной секцией

$$T_{см.год} = \frac{M(t_{ц})K_{см.год}R}{3600}, \quad (2)$$

где $M(t_{ц})$ – математическое ожидание величины $t_{ц}$, с; $K_{см.год}$ – условное количество смен передвижения КШ; R – количество станков ГПС.

На стадии проектирования автоматизированной транспортно-накопительной системы, зная количество ячеек в складе, нужно определиться с его формой. В частности, при использовании прямоугольной формы склада необходимо обоснованно выбрать количество горизонтальных и, соответственно, вертикальных рядов. В качестве примера приведены результаты расчетов для следующих основных исходных данных и ограничений:

1. Число станков, входящих в состав ГПС – 5.
2. Число ячеек в стеллаже – 170.
3. Ограничение по высоте склада: высота пролета цеха - 7,2 м.
4. Ограничение по высоте работы КШ модели СА-ТСС-0,16 – 4 м.
5. Ограничение по длине ГПС - 34 м.

Учитывая исходные данные и ограничения, приняты следующие варианты исполнения склада с количеством горизонтальных рядов: 2, 4, 5, 6, 8. Ввиду больших объемов математических расчетов они были произведены в программе «Excel» стандартного пакета «Microsoft Office». В табл. 1 и 2 для примера приведены результаты расчетов времени цикла перемещения КШ между ячейками склада и приемо-сдаточной секцией для 1-го и 4-го вариантов компоновки склада соответственно с двумя и шестью горизонтальными рядами.

Таблица 1. Результаты расчета времени цикла перемещения КШ между ячейками склада и приемо-сдаточной секцией для первого варианта компоновки склада

Среднее время цикла работы КШ в каждом интервале (t_{cp_i}), с	Частота попадания в интервал	Вероятность(p_i)	$t_{cp_i} \cdot p_i$
73,34	14	0,08	6,04
80,41	18	0,11	8,51
87,48	18	0,11	9,26
94,55	17	0,10	9,45
101,62	18	0,11	10,76
108,69	18	0,11	11,51
115,76	17	0,10	11,58
122,83	18	0,11	13,01
129,90	18	0,11	13,75
136,97	14	0,08	11,28
Среднее время всей работы КШ 105,15 с	Сумма 170	Сумма 1,00	$M(t_{ц})$ 105,15 с

Таблица 2. Результаты расчета времени цикла перемещения КШ между ячейками склада и приемо-сдаточной секцией для четвертого варианта компоновки склада

Среднее время цикла работы КШ в каждом интервале (t_{cp_i}), с	Частота попадания в интервал	Вероятность(p_i)	$t_{cp_i} \cdot p_i$
71,76	6	0,04	2,53
75,67	12	0,07	5,34
79,58	16	0,09	7,49
83,49	23	0,14	11,30
87,40	27	0,16	13,88
91,31	28	0,16	15,04
95,22	24	0,14	13,44
99,13	16	0,09	9,33
103,04	12	0,07	7,27
106,95	6	0,04	3,77
Среднее время всей работы КШ 89,35 с	Сумма 170	Сумма 1,00	$M(t_{ц})$ 89,35 с

Величина годовых затрат времени на осуществление передвижения КШ между ячейками склада и приемо-сдаточной секцией получилась по вариантам равной 765, 663, 655, 650 и 656 часов. Т.е. оптимальным вариантом является склад с шестью горизонтальными рядами ячеек.

Произведенные многочисленные расчеты для различных вариантов компоновки складов ГПС показали, что лишь за счет их удачных компоновочных решений можно уменьшить величину $T_{см.год}$ на 15% , а это приведет к значительному уменьшению затрат на электроэнергию и увеличит срок эксплуатации работы крана-штабелера.

УДК 614.846.63:004.94

С. Г. Короткевич, В. А. Ковтун

Университет гражданской защиты МЧС Беларуси

3D КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ НАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ УГЛОВЫХ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ СТЕНОК ЦИСТЕРНЫ ПОЖАРНОГО АВТОМОБИЛЯ ПРИ ДВИЖЕНИИ

Ключевые слова: Пожарный автомобиль, цистерна, напряженно-деформированное состояние, компьютерное моделирование, модернизация, сварное соединение.

Аннотация: При оперативном движении пожарного автомобиля конструкция цистерны испытывает значительные динамические нагрузки, что приводит к частым ее ремонтам по причине течи. В связи с этим актуальным направлением исследований является анализ напряженно-деформированного состояния с целью определения областей в конструкции, где напряжения могут достигать предельно-допустимых значений.

*S. G. Korotkevich, V. A. Kovtun***3D COMPUTER MODELING OF STRESS STATE IN THE FILLET WELD OF TANK'S WALLS OF A FIRE TRUCK AT MOVEMENT**

Keywords: Fire truck, tank, stress-strain state, computer modeling, modernization, fillet weld.

Abstract: During active movement of a fire truck, the tank's structure experiences significant dynamic loads, which leads to frequent repairs due to leakage. In this regard, it is relevant to conduct the stress-strain state analysis in order to determine areas where stresses can reach maximum permissible values in the construction.

Важнейшей задачей инженерного расчета является оценка прочности конструкции по известному напряженному состоянию. Сравнение напряженных состояний для заданного материала можно выполнять по эквивалентным напряжениям $\sigma_{\text{ЭКВ}}$. Если известно предельное напряженное состояние, то расчет на прочность сводится к определению напряженного состояния в опасной точке или всех потенциально опасных точках исследуемого тела и дальнейшему сравнению его с предельным. Объемное напряженное состояние в точке полностью определяется тремя главными напряжениями. В настоящее время для решения широкого круга инженерных задач часто прибегают к использованию расчетных программных комплексов, например, ANSYS, COMSOL Multiphysics. Для расчета изотропных материалов, в частности металлов, у которых наблюдается вязкое разрушение, момент наступления пластических деформаций определяется эквивалентным напряжением по Мизесу [1], которое связано с главными напряжениями следующим образом:

$$\sigma_e = \frac{1}{\sqrt{2}} \sqrt{(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2}, \quad (1)$$

где σ_e – эквивалентное напряжение по Мизесу, σ_1 , σ_2 , σ_3 – главные напряжения.

В большинстве случаев материал детали испытывает сложноподвиженное состояние. В том случае, если величина одного компонента тензора напряжений существенно превосходит другие, оценку нагруженности при сложном напряженно-деформированном состоянии (НДС) проводят аналогично, как и при случае одноосного напряженного состояния. При этом за расчетное напряжение выбирается величина, которая позволяет наиболее точно охарактеризовать условия нагружения.

При производстве пожарных автоцистерн получили распространение тонкостенные конструкции чешоданного сечения, применение которых позволило увеличить полезный объем емкости цистерны. При эксплуатации таких пожарных автомобилей, особенно в режимах разгона и торможения, а также при движении по пересеченной местности, за счет перемещения жидкости относительно резервуара цистерны места сварных соединений конструкционных элементов подвергаются значительным повторно-переменным нагрузкам. Для данных условий работы требуется обеспечить долговечность, безопасность и надежность конструкции, в связи с чем к металлу, как к основному конструкционному материалу, предъявляются повышенные требования.

Для проведения исследований выбрана пожарная автоцистерна пятитонного водоизмещения на базе шасси МАЗ-5337, как наиболее распространенная в эксплуатации и уже вышедшая из гарантийного периода обслуживания. Конструкция цистерны представляет собой ёмкость прямоугольного сечения, образованного передней, задней, боковыми, верхней и нижней стенками. Внутри расположены рёбра жесткости, продольные и поперечные волноломы. Расчет проводился по разработанной методике динамического моделирования НДС элементов и узлов конструкций оболочечного типа, отличительной особенностью которой является учет комплексного воздействия геометрических и физических параметров на НДС исследуемой конструкции, что позволяет прогнозировать ее прочностные характеристики [2]. В результате исследований было установлено, что наибольшие напряжения возникают в угловых сварных соединениях передней, задней и боковых стенок цистерны, а также в угловых сварных соединениях стенок и дна. Для увеличения запаса прочности цистерны пожарного автомобиля были разработаны способы ее модернизации, позволяющие снизить возникающие напряжения в конструкции при эксплуатации [3].

Целью данной работы является исследование возникающих напряжений в угловых сварных соединениях стенок серийно изготавливаемой и модернизированной цистерн пожарного автомобиля методом 3D моделирования.

Создание 3D моделей цистерн объемом 5 м^3 пожарного автомобиля на шасси МАЗ-5337 в масштабе 1:1 проводилось в программном комплексе SolidWorks (рис. 1). Создание конечно-элементных моделей и расчет проводился в программном комплексе ANSYS. Анализ полученных результатов в ходе компьютерного моделирования позволил определить области возникновения максимальных напряжений в исследуемой конструкции цистерны пожарного автомобиля. Основное внимание уделено наибольшим главным напряжениям (Maximum Principal); нормальным напряжениям (Normal Stress) и касательным напряжениям (Shear Stress) (рис. 2).

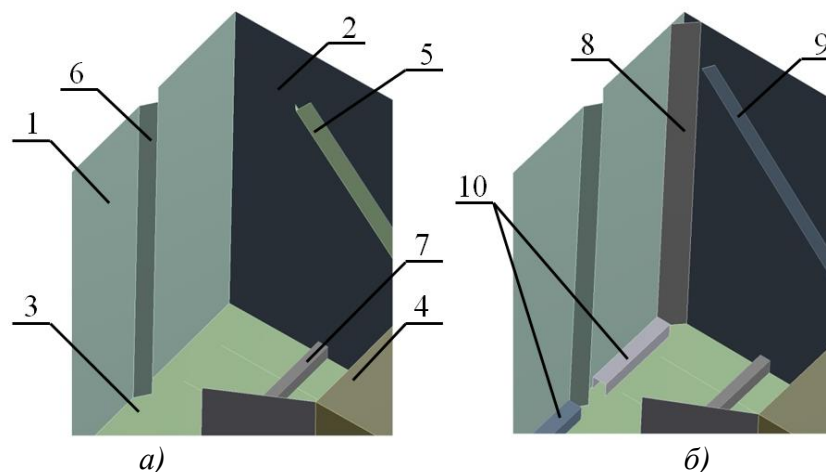


Рис. 1. Фрагменты 3D моделей серийно изготавливаемой *а)* и модернизированной *б)* цистерн пожарного автомобиля (вид изнутри углового сварного соединения передней и боковой стенок): 1 – передняя стенка, 2 – боковая стенка, 3 – дно, 4 – поперечный волнолом, 5 – ребро жесткости на боковой стенке, 6 – ребро жесткости на передней стенке, 7 – П-образный профиль, 8 – косынка, 9 – удлиненное ребро жесткости на боковой стенке, 10 – дополнительный П-образный профиль

Расчетные значения характерных напряжений в угловых сварных соединениях серийно изготавливаемой и модернизированной цистерн пожарного автомобиля приведены в таблице 1.

Таблица 1. Результаты компьютерного моделирования возникающих напряжений в угловых сварных соединениях стенок цистерны пожарного автомобиля

Вид сварного соединения	Серийно изготавливаемая цистерна			Модернизированная цистерна		
	Наибольшие главные напряжения, МПа	Нормальные напряжения по оси Y, МПа	Касательные напряжения по оси XZ, МПа	Наибольшие главные напряжения, МПа	Нормальные напряжения по оси Y, МПа	Касательные напряжения по оси XZ, МПа
Угловые, соединяющие переднюю и боковые стенки цистерны	157÷165	149÷156	22÷27	111÷116	96÷102	14÷19

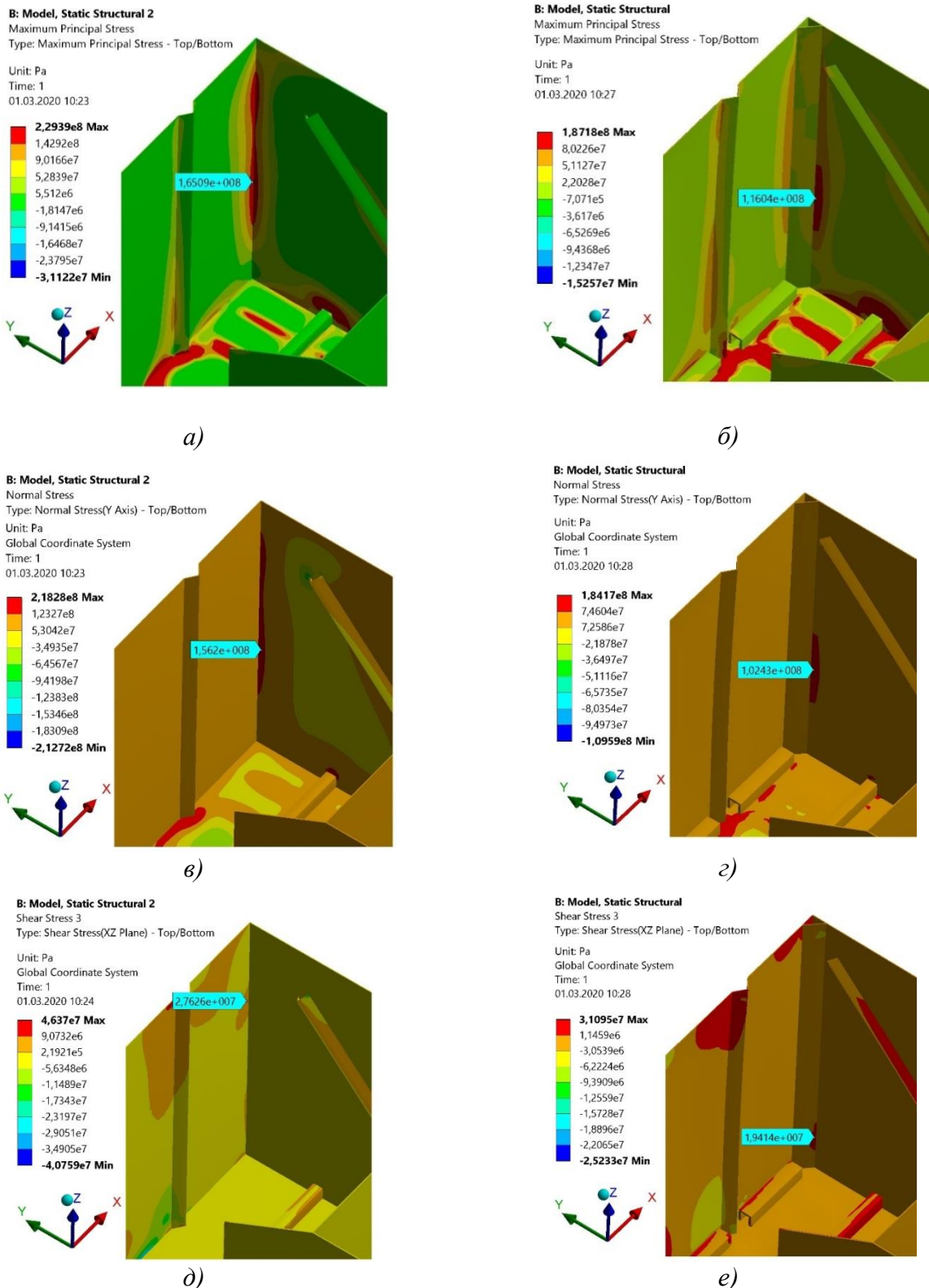


Рис. 2. Распределение напряжений в угловых сварных соединениях передней и боковой стенок серийно изготавливаемой (а, в, д) и модернизированной (б, г, е) цистерн пожарного автомобиля, Па: а, б – распределение полей наибольших главных напряжений; в, г – распределение полей нормальных напряжений по оси Y; д, е – распределение полей касательных напряжений по оси XZ

Анализ полученных результатов позволил установить, что наибольшие главные и нормальные напряжения имеют практически одну зону распространения, которой является угловое сварное соединение стенок цистерны. Анализ картин распределения полей нормальных напряжений показал, что наибольшие напряжения возникают в области угловых сварных соединений стенок цистерны пожарного автомобиля по оси Y. Полученные значения нормальных напряжений по оси Y превышают на 5-12% напряжения по оси X. Это свидетельствует о том, что значительный вклад в формирование наибольшего главного напряжения вносят растягивающие напряжения. При этом наибольшие значения напряжений наблюдаются со стороны боковой стенки цистерны пожарного автомобиля. Таким образом, растягивающие напряжения являются источником возникновения и развития трещин в сварных соединениях, что в дальнейшем приводит к их разрушению. Касательные напряжения имеют значительно меньшую величину, область их распространения затрагивает рассматриваемое угловое соединение небольшим участком по оси XZ.

Полученные результаты с применением метода компьютерного 3D моделирования НДС цистерн пожарного автомобиля позволили установить значение наибольшего главного напряжения, а также направление действия возникающих напряжений. Полученные данные могут использоваться в качестве критерия для оценки прочностных свойств цистерны пожарного автомобиля при измерении возникающих механических напряжений в области угловых сварных соединений конструкций данного типа.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Глинкин С.А. Расчет деталей поршневых двигателей внутреннего сгорания : учеб. пособие. – Владимир: Изд-во ВлГУ. 2013. с. 107.
2. Ковтун В.А., Короткевич С.Г., Жаранов В.А. Компьютерное моделирование и исследование напряжённо-деформированного состояния конструкций цистерн пожарных автомобилей // Вестник Университета гражданской защиты МЧС Беларуси. – 2018. – № 1. – С. 81-90.
3. Короткевич С.Г., Ковтун В.А. Эксплуатационная надежность цистерн пожарных автомобилей: модернизация стальных конструкций в целях повышения их механических характеристик // Вестник ПГУ. Серия В. – 2019. – № 3. – С. 97-101.

УДК 614.843

Г. В. Кувшинов, А. В. Суровегин, М. О. Баканов, А. В. Маслов

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

АКТУАЛЬНОСТЬ НЕКОТОРЫХ СПОСОБОВ ТУШЕНИЯ ПОЖАРОВ

Ключевые слова: Тушение пожара, пожар, новинки, пенное тушение, пожарные суда, изоляция, порошок.

Аннотация: В докладе приведены структурирование и актуализация некоторых новых способов и возможностей тушения пожаров, приведены новинки в технике и технологии

тушения лесных пожаров, а также поднят вопрос применения аварийно-спасательных судов для тушения пожаров.

G. V. Kuvshinov, A. V. Surovegin, M. O. Bakanov, A. V. Maslov

RELEVANCE OF SOME METHODS OF FIRE FIGHTING

Keywords: Fire extinguishing, fire, news, foam extinguishing, fire vessels, insulation, powder.

Abstract: The report presents the structuring and updating of some new fire extinguishing methods and capabilities, presents novelties in the technique and technology of extinguishing forest fires, and also raises the issue of using rescue vessels to extinguish fires.

Первоочередная задача на пожаре - немедленное оказание помощи людям, которым угрожает опасность. Не смотря на применение для строительства зданий и сооружений огнестойких материалов и конструкций, оборудование помещений средствами противопожарной автоматики, устройство незадымляемых лестничных клеток, пожары не редко еще принимают большие размеры и сопровождаются человеческими жертвами.

Особую опасность для жизни людей на пожарах представляет воздействие на их организм дымовых газов, содержащих токсичные продукты горения и разложение различных веществ и материалов. Так, концентрация окиси углерода СО в дыме в количестве 0,05 % является опасной для жизни человека. На пожарах концентрация окиси углерода бывает значительно выше допустимой.

Не меньшей опасностью, чем температура, является воздействие теплового излучения на открытые поверхности тела человека. Так, тепловое облучение интенсивностью 1,1-1,4 кВт/м² вызывает у человека те же ощущения, что и температура 42-46 С⁰.

Еще большей опасности подвергаются люди при непосредственном воздействии пламени, например, когда огнем отрезаны пути спасения. В некоторых случаях скорость распространения пожара может оказаться настолько высокой, что застигнутого пожаром человека спасти очень трудно или невозможно без специальной защиты (орошение водой, защитная одежда). Даже при небольшом касании пламенем тела человека возникают значительные ожоги. К серьезным последствиям приводит и загорание одежды на человеке. Если своевременно не сбить пламя с одежды, человек может получить ожоги, которые обычно вызывают смерть.

Именно выбор правильного способа тушения пожара и применение актуальной, работоспособной техники является залогом успешного спасения жизни людей.

Исходя из этого, целью данного доклада явился обзор некоторых современных способов и возможностей тушения пожаров в разных условиях.

Аналитический обзор. Авторами [1] были продемонстрированы особенности организации тушения лесных пожаров. Показано, что при тушении крупных пожаров необходимо максимально использовать уже имеющиеся в лесу рубежи и преграды, а также учитывать различную горимость окружающих пожар участков, оперативно маневрировать силами и средствами, сосредоточивая их в первую очередь на умело выбранных «ключевых позициях», отрезая огню путь в наиболее опасные в пожарном

отношении и ценные насаждения. Автор показал, что Основными компонентами существующей системы охраны лесов России, обеспечивающими реализацию мероприятий по профилактике, обнаружению и тушению лесных пожаров, являются: авиационная охрана лесов, лесопожарные подразделения, персонал и технические средства лесхозов (наземная лесная охрана).

Авторами [2] были актуализированы способы и средства тушения пожаров в тупиковых горных выработках. В публикации описываются активный способ тушения пожара, тушение пожаров с помощью тонкодисперсного и супертонкодисперсного порошка, тушение пожаров в наклонных выработках, дистанционное тушение воздушно-механической пеной, впрыск инертного газа и закачка закиси азота и применение всасывающего проветривания. Из вышесказанного следует сделать вывод, что существующие средства непосредственного тушения пожаров в тупиковых выработках являются эффективными только при наличии непосредственного подхода к очагу. Авторы дают заключение, что в то же время технические способы и средства дистанционное тушения имеют ограничения по дальности подачи огнетушащих средств. Кроме того важное значение имеет проблема повышения эффективности и безопасности ведения горноспасательных работ по тушению и локализации пожаров в тупиковых выработках.

В работе [3] показано применение воздуходувок типа ЕСНО РВ-770 для тушения лесных пожаров. Воздуходувка сдувает направленным потоком воздуха горящие материалы на сгоревшую площадь и сбивает открытое пламя. Как правило, группа рабочих с воздуходувками отправляется на участок, где требуется в кратчайшие сроки остановить быстро распространяющийся лесной низовой пожар.

Анализ публикации [4] показал актуальность использования беспилотных летательных аппаратов при проведении аварийно-спасательных работ, связанных с тушением пожаров. Авторы показали, что применение беспилотных авиационных систем (БАС) повышает возможности пожарно-спасательных подразделений по мониторингу обстановки и при ликвидации чрезвычайных ситуаций, позволяет повысить скорость и эффективность выбора и принятия управленческих решений по координации действий пожарного расчета. А также уверены, что оснащение пожарно-спасательных подразделений беспилотными авиационными системами должно осуществляться также, как и пожарной техникой, оборудованием и пожарно-техническим вооружением, но с учетом предназначения и особенностей практической работы подразделения, существующих рисков, потенциальных угроз и климатических особенностей территории обслуживания, имеющегося на вооружении оборудования.

Активно для тушения пожаров используются автоматическое оборудование. Так авторы [5] показали применение модулей порошкового пожаротушения в качестве огнетушащего устройства, вывозимого на прицепах или пожарных автомобилях и описали устройство для крепления модулей порошкового тушения в оконном проеме. Были проведены испытания модуля порошкового пожаротушения и показана его эффективность в пожаротушении.

В пожаротушении очень распространены пенные способы тушения пожаров. Так в работе [6] показано применение компрессионной пены при тушении пожаров в зданиях повышенной этажности. На территории Российской Федерации применение компрессионной пены только начинает развиваться, однако небольшой опыт использования позволяет сделать выводы о высокой эффективности данной технологии. Возможность подачи компрессионной пены на высоту до 200 метров делает возмож-

ным подачу её при тушении пожаров в зданиях повышенной этажности. Однако на сегодняшний день недостаточно исследованы все свойства и качества компрессионной пены. Широта её применения основывается только на практическом опыте, что говорить о необходимости проведения научных исследований по применению компрессионной пены.

Таким образом, стоит отметить, что современные средства и способы непосредственного тушения пожаров являются достаточно эффективными. А их систематический анализ и конструктивный разбор дают полное представление об эффективности и производительности того или иного способа и метода пожаротушения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Никищенко Н.Г. Особенности организации тушения лесных пожаров. / *Мировая наука.*–2019.–12(33).–С. 291-293.
2. Зверюха В.В. Средства и способы тушения пожаров в тупиковых горных выработках. / *Инновационные перспективы Донбасса материалы 5-й Международной научно-практической конференции.*–2019 –С. 138-142.
3. Паньков Ю.И., Гуков Г.В. Новое в технике и технологии тушения низовых лесных пожаров. / *Аграрный вестник приморья.*–2019.–№4(16).–С. 51-55.
4. Микушкин О.В., Багажков И.В. особенности применения беспилотных летательных аппаратов при проведении аварийно-спасательных работ, связанных с тушением пожаров. / *Актуальные вопросы пожаротушения. Сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции.*–2019.–С. 73-77.
5. Дмитриев О.В., Песикин А.Н., Попов В.И., Пуганов М.В. Тушение пожаров модулями порошкового пожаротушения. / *Пожарная и аварийная безопасность.*–2018.–№4(11).–С. 27-35.
6. Алешков М.В., Ройтман В.М., Воевода С.С., Молчанов В.П., Шарипханов С.Д., Федяев В.Д. Применение компрессионной пены при тушении пожаров в зданиях повышенной этажности. / *Пожары и чрезвычайные ситуации: предотвращение, ликвидация.*–2019.–№3.–С. 59-62.

УДК 614.842.81

А. А. Кузьмин, В. Д. Караваев, Д. П. Воробьев, В. С. Бородин, А. Н. Мальцев
ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

ОСНОВНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ПРИ ТУШЕНИИ ПОЖАРОВ В ТЕАТРАЛЬНО-ЗРЕЛИЩНЫХ УЧРЕЖДЕНИЯХ

Ключевые слова: Пожар, театр, сцена, зрительный зал, пожарная опасность.

Аннотация: В данной статье рассматривается проблематика развития и тушения пожаров в театрально-зрелищных учреждениях.

A.A. Kuzmin, V.D. Karavaev, D.P. Vorobiev, V.S. Borodin, A.N. Maltsev

BASIC PROBLEMS IN FIRE FIGHTING AT THEATER AND PERFORMANCE INSTITUTIONS

Keywords: Fire, theater, stage, auditorium, fire hazard.

Abstract: This article discusses the problems of the development and extinguishing of fires in theater and entertainment facilities.

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, см. рис.



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 $0,2-0,3$ л/с·м² 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 так же 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. Терехнев 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, применяемы 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 аварий-

ная 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 539.3

А. А. Кузьмин¹, Т. А. Кузьмина², А. А. Кузьмин²

¹ ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский государственный технологический институт

² ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ НЕПОДВИЖНЫХ СЕЧЕНИЙ ДЛЯ РАСЧЕТА ВАЛОВ НА ЖЕСТКОСТЬ ПРИ КРУЧЕНИИ

Ключевые слова: Вал, крутящий момент, угол закручивания, угол поворота сечения, деформационная инертность

Аннотация: Выдвинута гипотеза, в соответствии с которой величина крутящего момента может считаться мерой деформационной инертности вала постоянного сечения при его кручении. Предложена методика нахождения положений неподвижных сечений вала.

A. A. Kuzmin, T. A. Kuzmina, A. A. Kuzmin

PROCEDURE FOR DETERMINATION OF FIXED SECTIONS FOR CALCULATION OF SHAFTS FOR TORSION STIFFNESS

Keywords: Shaft, torque, angle of twisting, section angle of rotation, deformation inertness

Abstract: It has been hypothesized that the amount of torque can be considered a measure of the deformation inertia of a constant section shaft when torsional. Method of finding positions of fixed sections of shaft is proposed.

Результаты расчета валов на жесткость используются в оценке работоспособности разнообразных механизмов, входящих в пожарно-техническое вооружение. Например, эффективность функционирования приводов следящих систем или делительных механизмов в значительной мере определяется жесткостью вала и точностью определения величины угла закручивания [1].

Традиционная методика расчета вала на жесткость при кручении предполагает следование определенной процедуре: на валу выделяются грузовые участки; формируется эпюра крутящих моментов; вычисляются величины углов закручивания и по ним строится соответствующая эпюра; фиксируется положение образующей. Процесс расчета таких валов на жесткость, как правило, предполагает построение эпюры углов поворота поперечных сечений, однако, если существует жесткая заделка, то именно ее и целесообразно использовать для начала отсчета. Если вал располагается в подшипниках, то в литературных источниках отсутствуют единые мнения в рекомендациях по определению точек начала отсчета. Так, авторы [2] в качестве начала координат используют крайнее левое сечение, а также правило внешней нормали в качестве

правила знаков. Другие авторы, например [3], за начало отсчета предлагают использовать сечение, которое проходит через ведущий шкив, и в процессе построения эпюры углов поворота перемещаться к этому сечению с двух разных сторон. В этом случае положение точки отсчета определяет расчетную длину участка вала, которая, в свою очередь влияет на величину угла закручивания, а отсюда и на расчетную величину крутильной жесткости вала.

Недостаточная точность оценки фактической жесткости вала может нарушить работоспособность машины, поскольку в процессе ее запуска или остановки при значительных моментах инерции и больших скоростях вращения возможно возникновение динамических нагрузок, превышающих допустимые значения.

В ходе вычисления величины крутильных колебаний валов за узлы колебаний принимаются неподвижные сечения, и значение длины грузового участка определяется расстояниями между узлами. Мерой инертности каждого звена является момент инерции, а период собственных колебаний определяется длиной участка, жесткостью вала и моментом инерции маховика. В качестве границ грузовых участков предлагается считать неподвижные сечения, а величину жесткости вала на отдельных участках оценивать в соответствии с углом закручивания. Это становится актуальным, например, в процессе расчета коэффициента концентрации нагрузки валов-шестерен, различных шлицевых соединений и в иных ситуациях. Так, если в ходе расчета шестерни за начало отсчета принимать край или середину, то естественно, что в первом случае ввиду ограничений в точности изготовления детали нагрузка сконцентрируется по этому краю, а во втором случае можно ожидать более равномерное распределение нагрузки.

Для нахождения положения неподвижных сечений предлагается разбить вал на участки, которые располагаются в промежутках между крутящими моментами, и оценить величину угла закручивания, т.е. расположение образующей на каждом исследуемом участке.

По аналогии с растяжением эспандера срединное сечение остается неподвижным внутри такого участка. Исходя из сплошности вала произойдет поворот отдельных участков навстречу друг другу вместе со срединными сечениями таким образом, чтобы после воздействия нагрузки образующая вала преобразовалась в сплошную ломаную линию. Для вала сплошного сечения величина углов взаимного поворота участков вала будет обратно пропорциональна действующим на них крутящим моментам. В данном случае крутящий момент выступает мерой деформационной инертности. Пересечения образовавшейся после деформации ломаной линии с первоначальным положением образующей и являются точками, лежащими в плоскостях неподвижных сечений.

Обоснованность предлагаемой гипотезы базируется на принципе минимизации потенциальной энергии. Очевидно, что, так как вал находится в равновесии, вся энергия действующих крутящих моментов расходуется на упругую деформацию. Поскольку в процессе расчета валов определяются действующие крутящие моменты, а длины грузовых участков как расстояния между неподвижными сечениями также становятся известными, несложно определить энергию, которая будет стремиться повернуть вал как по, так и против часовой стрелки. Как показывают предварительные расчеты, величины этих энергий равны между собой, следовательно, предложенная гипотеза имеет основание.

Основным итогом представленной работы является методика нахождения неподвижных сечений вала постоянной жесткости. Это дает возможность уточнить расчет вала на крутильную жесткость, оценить возникающие динамические нагрузки, определить возможные концентрации напряжений. Следует также отметить, что выявлена некоторая аналогия между неподвижными сечениями при кручении и нейтральной осью при изгибе.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Тимофеев, Г.А. Проектирование приводов с волновыми зубчатыми передачами для следящих систем. / Г.А. Тимофеев / Вестник машиностроения.-2015, №12, с.8
2. Феодосьев, В.И. Сопротивление материалов: учебник для вузов / В.И. Феодосьев.—11-е изд., стер. М.: Изд-во МГТУ им. Баумана, 2003.—591с.
3. Степаненко, Т.Г. Прочность и жесткость типовых элементов химического оборудования при растяжении, сжатии, кручении и изгибе: методические указания / Т.Г. Степаненко, А.И. Мильченко.—Л., Изд-во ЛТИ им. Ленсовета 1985.-32с

УДК 658.512

В. Ф. Кушляев¹, А.Т. Гурьев², Е.А Деменкова², И.С. Васендина²

¹ ФГБВОУ ВО Академия гражданской защиты МЧС России

² ФГАОУ ВО Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова

СТРУКТУРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАШИН ДЛЯ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ

Ключевые слова: Жизненный цикл, полихроматические множества и графы, концептуальное моделирование, структурное моделирование, экспертные системы.

Аннотация: В статье проанализированы технологии информационной поддержки процессов жизненного цикла транспортно-технологических машин для чрезвычайных ситуаций. Рассмотрено использование структурных моделей для построения продукционных правил и формирования базы знаний. Предложена разработка системы поддержки принятия решений для реализации задач эксплуатации транспортно-технологических машин.

F. Kushljaev, A. T. Guryev, E. A. Demenkova, I. S. Vasendina

STRUCTURAL MODELING OF LIFE CYCLE PROCESSES OF TRANSPORT AND TECHNOLOGICAL MACHINES FOR EMERGENCIES

Keywords: Life cycle, polychromatic sets and graphs, conceptual modeling, structural modeling, expert systems.

Abstract: The article analyzes the technologies of information support for the life cycle of transport and technological machines for emergencies. The use of structural models for building production rules and forming a knowledge base is considered. The development of a decision sup-

port system for the implementation of tasks of operation of transport and technological machines is proposed.

В современных условиях любое наукоемкое предприятие, выпускающее продукцию машиностроения, вынуждено постоянно искать резервы роста эффективности производства для повышения надежности и качества выпускаемых изделий, сокращение сроков их производства. Частичной автоматизацией информационных и интеллектуальных процессов при выпуске новых изделий нельзя обеспечить высокий уровень производства.

Наукоемкое машиностроительное предприятие имеет следующие особенности:

- рост объема исследований предпроектной и проектной стадий жизненного цикла;
- приоритетное развитие информационно-интеллектуального обеспечения процессов создания и эксплуатации изделия;
- рост кооперации между предприятиями, расширение рынков сбыта изделия и сотрудничество предприятий, что приводит к необходимости создания единой информационной базы.

Основной концепцией развития наукоемких машиностроительных предприятий является технология непрерывной информационной поддержки жизненного цикла (ЖЦ) продукции (ИПИ (CALS) –технологии) [1,2,3]. Информационное пространство ИПИ-технологии формируется путем создания интегрированной информационной среды (ИИС), как объединение распределенных баз данных, обеспечивающих информационную поддержку различных этапов ЖЦ выпускаемых изделий. Базы данных содержат информацию о производственной среде, процессах и ресурсах предприятия, электронный паспорт выпускаемой продукции. Все участники взаимодействующих процессов ЖЦ изделия получают доступ к достоверной, актуальной и полной информации [4,5]. Все этапы ЖЦ, через которые проходит транспортно-технологическая машина МЧС могут в свою очередь быть декомпозированы на составные части. Между этапами жизненного цикла машины происходит обмен материальными и информационными потоками.

Модель производственной системы и модель объекта производства этой системы определяют структуру отдельной производственной системы. Основные этапы жизненного цикла объекта производства приведены на рис. 1.

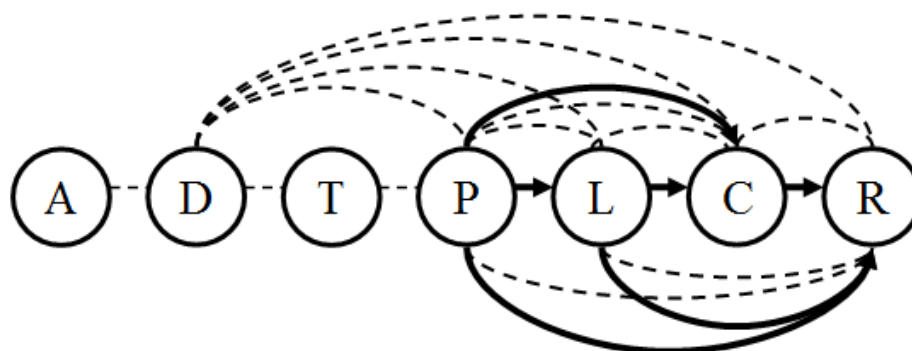


Рис. 1. Модель жизненного цикла изделия

Вершины графа соответствуют этапам жизненного цикла. Первый этап – предпроектный (А), второй этап – проектирование (D), третий этап – технологическая подготовка производства (Т), четвертый этап – производство (Р), пятый этап – транспортировка (L), шестой этап – эксплуатация (С), седьмой этап – утилизация (R). Сплошными стрелками в модели (дуги графа) показаны материальные потоки, а пунктирными линиями (ребра графа) – информационные связи. Такая разница обусловлена тем, что информационные потоки при решении различных задач циркулируют в разных направлениях.

При решении проектно-конструкторских задач, возникающих на этапе проектирования ЖЦ, процесс перехода к формально-языковому представлению при автоматизации информационных процессов производства представлен в методологии концептуального моделирования предметных задач [6]. Применение семиотического подхода в методологии позволило сформулировать необходимость промежуточного этапа – процесса формирования концептуального представления процесса или задачи, как базовое знание, на которое опирается и естественно-языковое, и формализованное представление. Методология концептуального моделирования предметных задач, развивая семиотический подход путем использования разных уровней абстрагирования и учета множества модельных представлений разных специалистов, обеспечивает промышленный способ создания прикладных автоматизированных систем. Такой способ заключается в создании первоначально концептуальной модели предметной задачи на трех уровнях абстрагирования, а затем в формировании совокупности отображений прикладных задач в виде формализованных моделей. Предлагаемая методология позволяет создавать, обрабатывать, анализировать и интегрировать знания о предметных задачах, описываемых моделями с унифицированным представлением.

Разработанные общие принципы концептуального моделирования проектно-конструкторских задач позволяют приступить к созданию инструментария по интеллектуальной поддержке процесса проектирования [7]. Основой разработки должна стать база знаний проектных задач. Представление и интеграция знаний в интеллектуальной системе обеспечит единообразную интерпретацию на основе единого концептуального представления. На этапе эксплуатации ЖЦ транспортно-технологическую машину МЧС можно представить полихроматическими множествами и графами [8, 9]. Ее структура задается синергетическим полихроматическим множеством вида

$$S(A) = (A, F(A), [F(A) \times F(A)]), \quad (1)$$

где A – состав элементов транспортно-технологической машины, $F(A)$ – состав свойств элементов транспортно-технологической машины, $[F(A) \times F(A)]$ – булева матрица, определяющая взаимосвязи между свойствами. При проектировании современных многофункциональных машин МЧС используются инновационные подходы: модульный принцип агрегирования шасси и технологического оборудования, использование узлов и систем, как отечественных, так и зарубежных машин [10]. Проведем классификацию свойств с целью определить специфику конкретной предметной области табл. 1.

Таблица 1. Классификация и состав основных свойств транспортно-технологической машины

Признаки классификации	Наименование свойства
Природно-климатические ($F(A)^I$)	сезон (F^I_1); температура среды (F^I_2); тип почвы (F^I_3); удаленность работ (F^I_4); и т.п.
Функциональные ($F(A)^{II}$)	эксплуатации (F^o или F^{II}_1); контроля (F^o или F^{II}_2); ремонта (F^o или F^{II}_3); ТО (F^c или F^{II}_4).
Оценивающие влияние на дальнейшую работоспособность ($F(A)^{III}$)	критичные (F^{III}_1); некритичные (F^{III}_2).
Оценивающие возможность восстановления полезных свойств ($F(A)^{IV}$)	восстанавливаемые (F^{IV}_1); невосстанавливаемые (F^{IV}_2).
Восстановление ($F(A)^V$)	замена элемента (узла) (F^V_1); ремонт элемента (узла) (F^V_2); регулировка элемента (узла) (F^V_3).
Условия восстановления ($F(A)^{VI}$)	полевые (F^{VI}_1); заводские (F^{VI}_2).
Ремонтопригодность ($F(A)^{VII}$)	доступность (F^{VII}_1); легкость (F^{VII}_2); взаимозаменяемость составных частей (F^{VII}_3); технологическая простота (F^{VII}_4); контролепригодность (F^{VII}_5); монтажепригодность (F^{VII}_6).
Конструкторско-технологические ($F(A)^{VIII}$)	наружная поверхность вращения (F^{VIII}_1); поверхность фасонная (F^{VIII}_2); поверхность торцевая (F^{VIII}_3); и т.д.

В качестве примера рассмотрим транспортно-технологическую машину ТСК Ф75 (производитель ООО «ЕЗСМ «КОНТИНЕНТ»»), используемую в качестве специальной техники повышенной проходимости для выполнения работ в чрезвычайных ситуациях, в том числе в Арктической зоне Российской Федерации. (Предлагаются также для освоения Арктики с соответствующей модернизацией машины заводов АО «МК «Витязь» и ООО «ВЕЛМАШ-С»)

Для описания объектов внутри каждого этапа жизненного цикла используется аппарат теории полихроматических графов и множеств [11].

Этап эксплуатации можно представить как систему процессов (рис. 2).

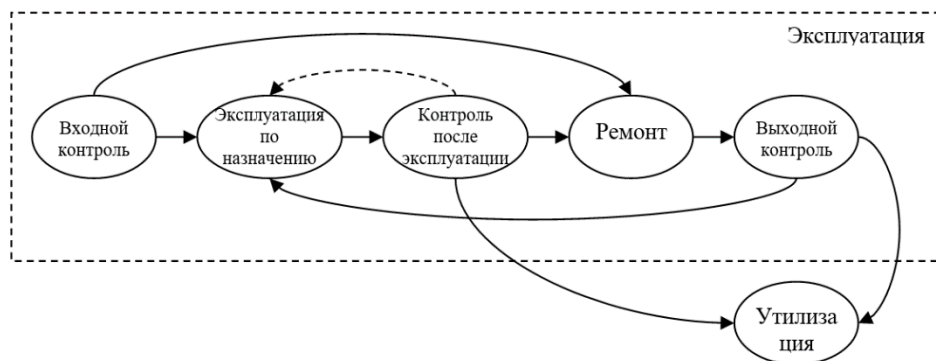


Рис. 2. Декомпозиция этапа эксплуатации транспортно-технологической машины

На теоретико-множественном уровне выделим следующие основные элементы в составе множества A , наиболее значимые с точки зрения работоспособности системы: a_1 – маслобак; a_2 – гидроцилиндр грейфера; a_3 – гидроцилиндр стрелы a_4 – гидроцилиндр рукояти; a_5 – гидроцилиндр удлинителя; a_6 – насос; a_7 – трубопровод.

На теоретико-множественном уровне основными свойствами машины являются свойства, описывающие ее способность выполнять функции по назначению (группа свойств F^o), свойства, описывающие результаты контроля (группа свойств F^d), а также свойства, описывающие способ восстановления работоспособности машины. При этом $F(A) = \{F^o, F^d, F^p\}$. Таким образом, булева матрица $[A \times \{F^o, F^d, F^p\}]$ является подматрицей общей матрицы $[A \times F(A)]$ и представлена в таблицах 2 и 3.

Таблица 2. Булева матрица $[A \times F^o(A)]$

		Поворот в горизонтальной плоскости	Перемещение в вертикальной плоскости	Перемещение рабочего органа	Захват объекта
		F_1^o	F_2^o	F_3^o	F_4^o
Маслобак	a_1	•	•	•	•
Гидроцилиндр грейфера	a_2				•
Гидроцилиндр стрелы	a_3	•			
Гидроцилиндр рукояти	a_4		•		
Гидроцилиндр удлинителя	a_5			•	
Насос	a_6	•	•	•	•
Трубопровод	a_7	•	•	•	•

В таблице 2 и 3 соответственно размещены булевы матрицы $[A \times F^o(A)]$ и $[A \times \{F^d(A), F^p(A)\}]$.

Приведем в качестве примера набор составляемых правил, позволяющих выбрать необходимые действия для восстановления работоспособности.

- 1) ЕСЛИ (Захват объекта (Транспортно-технологическая машина)) = ЛОЖЬ,
 ТО ЕСЛИ (Уровень рабочей жидкости (Маслобак)) = ЛОЖЬ
 ТО (Регулировка (Маслобак)) = ИСТИНА

ИНАЧЕ Герметичность (Гидроцилиндр грейфера)) = ЛОЖЬ
 ИЛИ (Наличие посторонних звуков (Насос)) = ИСТИНА
 ИЛИ (Наличие механических повреждений (Насос)) = ИСТИНА
 ИЛИ (Рабочее давление в гидросистеме не соответствует установленным требованиям (Насос)) = ИСТИНА
 ИЛИ (Герметичность (Трубопровод)) = ЛОЖЬ

Таблица 3. Булева матрица $[A \times \{F^0(A), F^P(A)\}]$

		Уровень рабочей жидкости	Герметичность	Наличие посторонних звуков	Наличие механических повреждений	Рабочее давление в гидросистеме не соответствует установленным требованиям	Регулировка	Замена элемента	Ремонт
		F_1^0	F_2^0	F_3^0	F_4^0	F_5^0	F_1^P	F_2^P	F_3^P
Маслобак	a_1	•			•		•		•
Гидроцилиндр грейфера	a_2		•					•	
Гидроцилиндр стрелы	a_3		•					•	
Гидроцилиндр рукояти	a_4		•					•	
Гидроцилиндр удлинителя	a_5		•					•	
Насос	a_6			•	•	•		•	•
Трубопровод	a_7		•						•

2) ЕСЛИ (Герметичность (Гидроцилиндр грейфера)) = ЛОЖЬ

ТО (Замена элемента (Гидроцилиндр грейфера)) = ИСТИНА

3) ЕСЛИ (Наличие посторонних звуков (Насос)) = ИСТИНА ИЛИ (Рабочее давление в гидросистеме не соответствует установленным требованиям (Насос)) = ИСТИНА

ТО (Ремонт (Насос)) = ИСТИНА

4) ЕСЛИ (Наличие механических повреждений (Насос)) = ИСТИНА

ТО (Замена элемента (Насос)) = ИСТИНА

5) ЕСЛИ (Герметичность (Трубопровод)) = ЛОЖЬ

ТО (Ремонт (Трубопровод)) = ИСТИНА

Формализованная запись правил приведена в формулах (2) – (6).

$$F_4^0(A) = 0 \rightarrow \begin{cases} F_1^P(a_1) = 1, \text{ если } F_1^0(a_1) = 0 \\ (F_2^0(a_2) = 0) \vee (F_3^0(a_6) = 1) \vee \\ \vee (F_4^0(a_6) = 1) \vee (F_5^0(a_6) = 1) \vee \\ \vee (F_2^0(a_7) = 0, \text{ если } F_1^0(a_1) = 1 \end{cases} \quad (2)$$

$$(F_2^0(a_2) = 0) \rightarrow F_2^P(a_2) = 1 \quad (3)$$

$$(F_3^0(a_6) = 1) \vee (F_5^0(a_6) = 1) \rightarrow F_3^P(a_6) = 1 \quad (4)$$

$$(F_4^0(a_6) = 1) \rightarrow F_3^P(a_6) = 1 \quad (5)$$

$$(F_2^A(a_7) = 0) \rightarrow F_3^P(a_7) = 1 \quad (6)$$

Предлагаемый подход создания продукционных правил технической эксплуатации и ремонта транспортно-технологических машин может стать основой для формирования базы знаний этапа эксплуатации ЖЦ многофункциональной техники МЧС. База знаний, содержащая декларативную составляющую свойств технического объекта и процедурную составляющую, представленную правилами взаимосвязи значений параметров, является основой создания системы поддержки принятия решений (СППР) при решении задач эксплуатации транспортно-технологических машин.

Реализация СППР на основе динамической экспертной системы (ДЭС) с привлечением математического аппарата нечеткой и модальных логик, нейронных сетей позволяет повысить эффективность принимаемых решений при эксплуатации машин. Дальнейшее развитие экспертной системы и реализация СППР на основе гибридной экспертной системы (ГЭС) позволит перейти к технологиям интеллектуального анализа данных и машинного обучения информационных потоков транспортно-технологических машин МЧС.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Судов, Е.В. Интегрированная информационная поддержка жизненного цикла машиностроительной продукции. – М.: ООО Издательский дом «МВМ», 2003. – 264 с.
2. Соломенцев, Ю.М. Конструкторско-технологическая информатика и автоматизация производства – Москва: Изд. «Станкин», 1992. – 127с.
3. Соломенцев Ю.М., Митрофанов В.Г., Павлов В.В., Рыбаков А.В. Информационно-вычислительные системы в машиностроении CALS-технологии// Ю.М. Соломенцев, В.Г. Митрофанов, В.В. Павлов, А.В. Рыбаков. – М.: Наука, 2003. – 292 с.
4. Норенков, И.П. Основы автоматизированного проектирования // Учебник для вузов. – М.: МГТУ им. Баумана, 2000. – 316с.
5. Норенков И.П. Информационная поддержка наукоёмких изделий CALS-технологий/И.П. Норенков, П.К. Кузьмин. – М.: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2002. – 320с.
6. Волкова Г.Д.. Концептуальное моделирование в CALS-технологиях / Г.Д. Волкова, Ю.М. Соломенцев. Сборник научных трудов Международной научно-технической конференции «Информационные технологии в образовании, технике и медицине». – Волгоград: ВГТУ, 2000. – ч.2. – С.156-163.
7. Волкова, Г.Д. Концептуальное моделирование проектных задач: учебное пособие/ Г.Д. Волкова. – М.:ФГБОУ ВО «МГТУ «СТАНКИН», 2015. – 117 с.
8. Павлов В.В. CALS-технологии в машиностроении (математические модели) / Под редакцией Ю.М.Соломенцева. - М.:СТАНКИН, 2002. – 328 с.
9. Павлов, В.В. Структурное моделирование в CALS-технологиях / В.В. Павлов; [отв. ред. Ю.М. Соломенцев]; Ин-т конструкторско-технологической информатики РАН. – М.: Наука, 2006. – 307с.
10. Кушляев В.Ф. Повышение проходимости и устойчивости аварийно-спасательных и пожарных машин при проектировании и эксплуатации/В.Ф. Кушляев, И.И. Цыган, А.В. Игнатьева, К.К. Найдюк, В.А. Леонов, А.И. Ильин Надежность и долговечность машин и механизмов. Сборник материалов IX Всероссийской научно-практической конференции, Иваново: ФГБОУ ВО. Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2018. – С. 127-134.
11. Павлов В.В. Моделирование процессов технического обслуживания технологических машин лесопромышленного комплекса // В.В. Павлов, А.Т. Гурьев, Е.А. Деменко-

ва. Научно-технические ведомости СПбГПУ. Информатика. Телекоммуникации. Управление. №4. – СПб.: Издательство Политехнического университета, 2008. – С.141-146.

12. Леонов В.А. Гусеничные машины повышенной проходимости для Арктических условий//В.А. Леонов, В.Ф. Кушляев, В.Г. Полевой, А.А. Аграновский. Сборник материалов круглого стола на тему: «Приоритеты реализации государственной программы вооружения на 2018-2025 годы для спасательных воинских формирований МЧС России». Международный военно-технический форум «Армия – 2016». Химки: ФГБОУ ВО «АГЗ МЧС России». – 2016 – С. 60 – 63.

13. 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 ЧС: сборник трудов секции № 10 XXVIII Международной научно-практической конференции «Предотвращение. Спасение. Помощь». – ФГБОУ ВО АГЗ МЧС России, - 2018. – С.79-87.

УДК 621.7.

С. В. Ложкомоев, В. А. Полетаев

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

ИЗМЕРЕНИЕ ВОЗДУШНОГО ЗАЗОРА РОТОР-СТАТОР ГЕНЕРАТОРОВ

Ключевые слова: Генератор, воздушный зазор, ротор, статор.

Аннотация: Для измерения воздушного зазора ротор-статор генераторов предлагается создание электронного контрольно-измерительного прибора на основе бесконтактного датчика, что позволит значительно снизить трудоемкость и ускорить процесс замера.

S.V. Lozhkoyev, V.A. Poletaev

MEASUREMENT OF AIR GAP ROTOR-STATOR GENERATORS

Keywords: Generator, air gap, rotor, stator.

Abstract: To measure the air gap of the rotor-stator of the generators, it is proposed to create an electronic control instrument based on a non-contact sensor, which will significantly reduce the complexity and speed up the measurement process.

Различные разновидности генераторов применяются на объектах гидроэнергетики. Для всех этих видов является актуальным контроль воздушного зазора. Воздушный зазор генератора – зазор между статором и ротором играет важную роль в электрических машинах. Его величина и равномерность распределения по расточке статора оказывают большое влияние на основные энергетические показатели машин и ряд других показателей, в том числе на вибрацию, шум, нагрев.

Измерение воздушного зазора между ротором и статором выполняется в процессе капитального (иногда текущего) ремонта, монтажа, реконструкции генератора гидроагрегата на гидроэлектростанциях [1-2].

Воздушный зазор конструктивно необходим, но отклонение его от номинальных значений за пределы поля допусков снижает коэффициент полезного действия машин, вызывает повышенные бои, вибрации, температуры, способствует созданию электромагнитного дисбаланса. Если зазор неравномерный, то будет наблюдаться одностороннее притяжение ротора к статору. Вал и направляющие подшипники будут подвергаться повышенному напряжению, износу. Параллельные ветви и фазы обмотки будут загружены неодинаково. Повысятся бои и вибрации.

Конструкция крупных генераторов не является моноблочной, статор устанавливается на фундаменте, а ротор является вращающейся частью гидроагрегата. Ротор и статор должны быть взаимно отцентрованы.

Воздушный зазор впервые устанавливается в процессе монтажа гидроагрегата, а в процессе ремонтов он каждый раз выставляется, контролируется заново после сборки-разборки агрегата. Кроме того, данный параметр позволяет в дополнение с другими контрольными параметрами оценивать, мониторить и контролировать состояние оборудования в целом.

Согласно требованиям к работам, производящимся при разборке гидрогенератора на ГЭС, необходимо: до начала и в процессе разборки, а также в дальнейшем при сборке гидрогенератора проводить контрольные измерения и, при необходимости, корректировать взаимное положение составных частей.

После сборки взаимное положение составных частей должно соответствовать требованиям конструкторской документации на ремонтируемый гидрогенератор, что должно быть зафиксировано в отчетной документации по ремонту гидрогенератора.

Для проверки воздушных зазоров, применяются пластинчатые щупы с толщиной пластин от 0,03 до 1 мм и интервалом толщин 0,01 мм или больше в зависимости от номера набора пластин. Щупы выпускаются промышленностью длиной 50, 100 и 200 мм. Регистрируемая величина измеряемого воздушного зазора соответствует толщине набора пластин щупа, который входит в воздушный зазор с некоторым усилием. Точность измерения воздушного зазора такими щупами составляет 0,01 мм.

Метод измерения воздушного зазора наборными пластинчатыми щупами лучше подходит для малых зазоров, но на генераторах ГЭС воздушные зазоры имеют большие величины, и могут превышать 25 мм. В зависимости от количества полюсов ротора на генераторе электрослесарю (по ремонту электрических машин) необходимо замерить данный параметр на каждом полюсе по два раза. Количество полюсов на разных генераторах может отличаться, но наиболее часто встречающиеся роторы имеют 40 полюсов. Таким образом, сотруднику нужно снять этот параметр 80 раз (верх и низ каждого полюса). Кроме того, этим методом контролируют форму ротора и статора и это еще 160 замеров. Далее на основе полученных данных вычисляют среднее расстояние. Отклонения показателей в обе стороны не должны составлять более 10%.

Трудоемкость процесса измерения воздушного зазора с помощью наборных щупов достаточно высока и целесообразно упрощение этого процесса.

В связи с этим стали применяться клиновые щупы. Клиновые щупы целесообразно использовать при проверке больших воздушных зазоров. В их конструкции применяется принцип встречных клиньев. На поверхности острия клинового щупа

нанесена шкала, по которой перемещается указатель делений. Острие щупа вводят в измеряемый воздушный зазор до упора, и указатель перемещают по шкале до соприкосновения с торцевой поверхностью статора или ротора. Затем щуп, не изменяя положения указателя, вынимают из воздушного зазора и его измеренную величину считывают со шкалы против указателя. Точность измерения воздушного зазора такими щупами составляет 0,1 мм. Применение клиновых щупов позволяет многократно ускорить процесс снятия замеров, однако стоит отметить, что клиновые щупы, пригодные для применения на генераторах гидроагрегатов крупных ГЭС промышленностью не выпускаются и в продаже отсутствуют.

В связи с этим, работниками стали производиться самодельные клиновые щупы, которые удобны в применении. Они имеют конструкцию, приспособленную для измерения в заданных диапазонах. Но щупы, изготовленные в условиях собственных мастерских, зачастую не обладают необходимой точностью измерений, а также они не имеют сертификатов и свидетельств о поверке. От этого возникают проблемы при подготовке и сдаче исполнительной документации и такой способ не пригоден для объектов гидроэнергетики.

Сегодня изготовителем ООО «ПромАвтоматика» для измерения воздушного зазора ротор-статор предлагается «Система измерения воздушного зазора ротор-статор». Эта система предназначена для контроля воздушного зазора в процессе работы агрегата. Принцип действия системы основан на преобразовании сигнала переменного напряжения, поступающего с датчика воздушного зазора, закрепленного на статоре, в напряжение постоянного тока, пропорциональное расстоянию между статором и ротором генератора. У этой системы много преимуществ, но по ряду причин ее невозможно применять при выполнении ремонтных работ.

Предлагается создание нового устройства – электронного контрольно-измерительного прибора на основе бесконтактного датчика. Прибор должен включать:

1. Механизм, который обеспечивает плотное прижатие (прилегание) задней стенки датчика к статору.
2. Бесконтактный датчик.
3. Преобразователь электронного сигнала.
4. Экран, отображающий результаты замера.
5. Стойку или раму (на которой закреплены все элементы устройства).
6. Пульт управления устройством, состоящий из кнопки, дающей команду на измерение и включение прибора.
7. Источник питания (или питающий провод).

Предлагаемый способ решения проблемы измерения воздушного зазора между ротором и статором генератора гидроагрегатов с использованием предлагаемого прибора позволяет значительно снизить трудоемкость и ускорить процесс замера. Этот прибор поддается калибровке, состоит из сертифицированных компонентов, а значит возможно провести его поверку и получить соответствующее свидетельство. Кроме того, применение прибора позволит повысить точность замеров, а значит и качество выполняемых ремонтов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Объем и нормы испытаний электрооборудования [Электронный ресурс]: РД 34.45-51.300-97 / РАО «ЕЭС России». – Новосибирск: Сибирское университетское изд-во, 2008. – 240 с. <http://www.biblioclub.ru/book/57318/>

2. Системы измерения воздушного зазора ротор-статор. <https://all-pribors.ru/opisanie/66603-17-76201>

УДК 621.891

Л. В. Лукиенко

ФГБОУ ВО Тульский государственный педагогический университет им. Л.Н. Толстого

ВЫБОР СИСТЕМЫ ПОДАЧИ НА ЗАБОЙ МАШИН ДЛЯ БЕСТРАНШЕЙНОЙ ПРОКЛАДКИ ТРУБ

Ключевые слова: Бестраншейная прокладка труб, машина, система подачи, жесткость

Аннотация: В статье представлены результаты аналитических исследований, показывающие, что повышения эффективности машин для бестраншейной прокладки труб можно добиться за счёт применения реечной системы подачи, определены параметры системы с точки зрения обеспечения ее прочности и устойчивости.

L.V. Lukienko

SELECTING THE HAULAGE SYSTEM FOR THE FACE MACHINES FOR TRENCHLESS LAYING OF PIPES

Keywords: Trenchless pipe laying, machine, haulage system, hardness.

Abstract: In this article the results of analytical researches showing are presented, that increases of efficiency of machines for trenchless a lining of pipes can achieve for the application account rack wheel giving system, parameters of system from the point of view of maintenance of its durability and stability are defined.

В связи с резким ростом строительства в стеснённых городских условиях прокладка и ремонт подземных инженерных коммуникаций проводится в нестандартных условиях. Возрастающая сложность организации и проведения таких работ открытым способом при значительном ужесточении экологических требований обуславливают применение бестраншейных технологий.

Проведённый анализ современных конструктивных схем машин для бестраншейной прокладки труб (рис. 1) показал, что повышение эффективности применения машин, используемых для этих технологий, в значительной степени зависит от системы подачи исполнительного органа на забой при обеспечении требуемого усилия.

Для расширения области применения предложено применение жесткой системы подачи, основанной на применении зубчато-реечных передач (рис. 2), работоспособность конструктивного предложения проверена при помощи кинограммы.

Такое решение обусловлено необходимым усилием подачи - 400...500 кН, успешным опытом применения бесцепных систем подачи очистных комбайнов, а также повышенной надёжностью зубчатых передач, их неприхотливостью в обслуживании, а также возможностью ликвидации вспомогательного оборудования, имеющего значительные габариты.

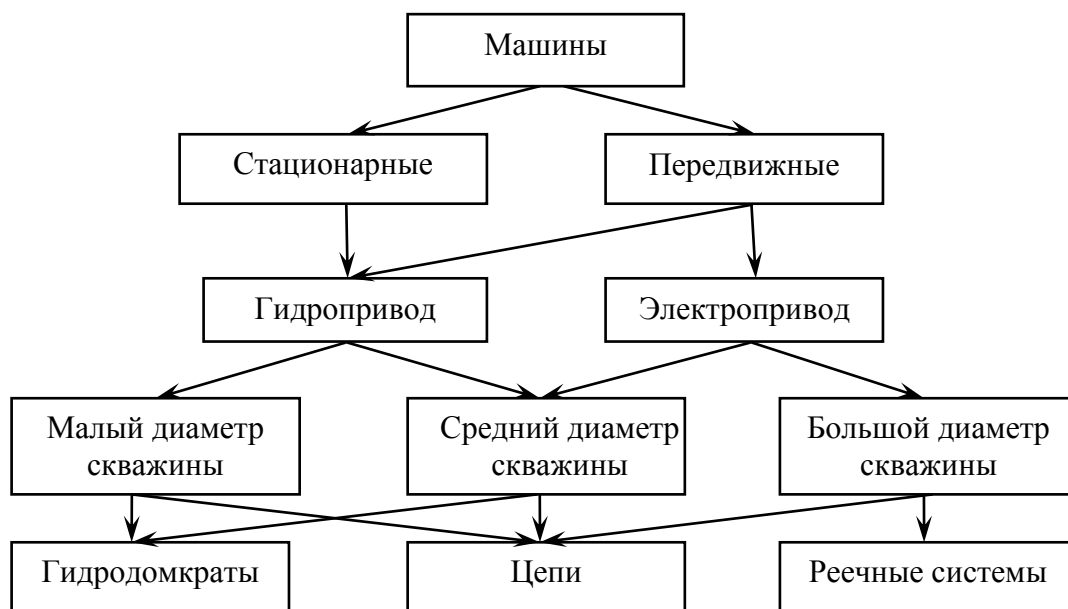


Рис. 1. Классификация машин для бестраншейной прокладки труб

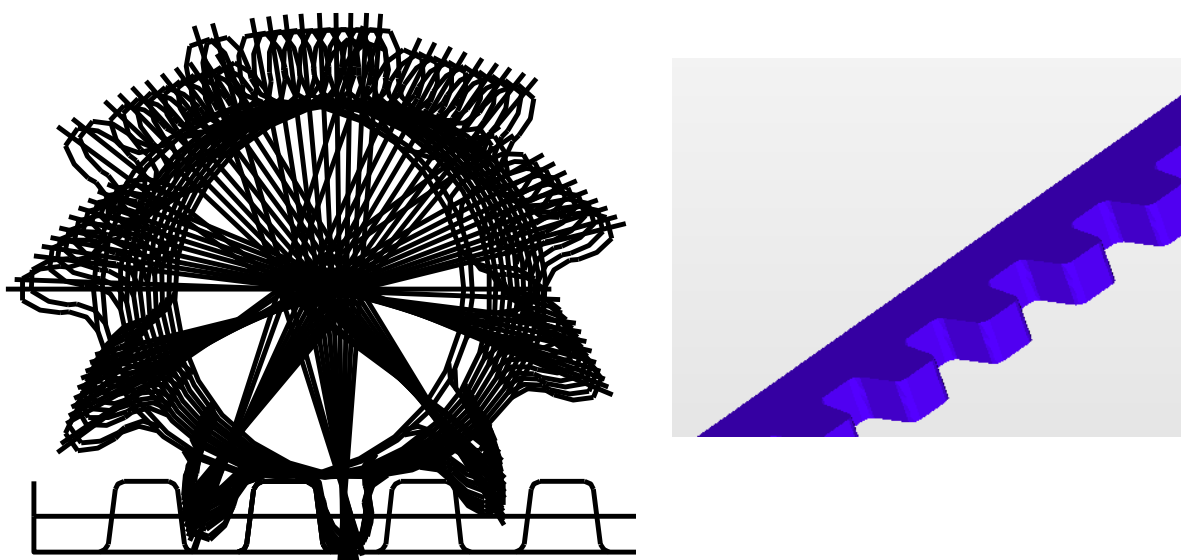


Рис. 2. Кинограмма зацепления пары зубчатое колесо – зубчатая рейка (шаг зацепления $p=80$ мм) и общий вид рейки

Однако, необходимость обеспечения минимальных габаритов конструкции и малая дистанция перемещения предопределяет необходимость проведения исследо-

ваний по определению рациональных параметров системы перемещения. Так тяговый орган может быть выполнен в двух вариантах – цевочная либо зубчатая рейка. Анализ нагруженности цевочной рейки (рис. 3) позволил определить необходимый и достаточный диаметр цевки (30 мм при коэффициенте запаса 1,3).

$$n = \frac{2ql^2}{3\pi d^3[\sigma_m]} \tag{1}$$

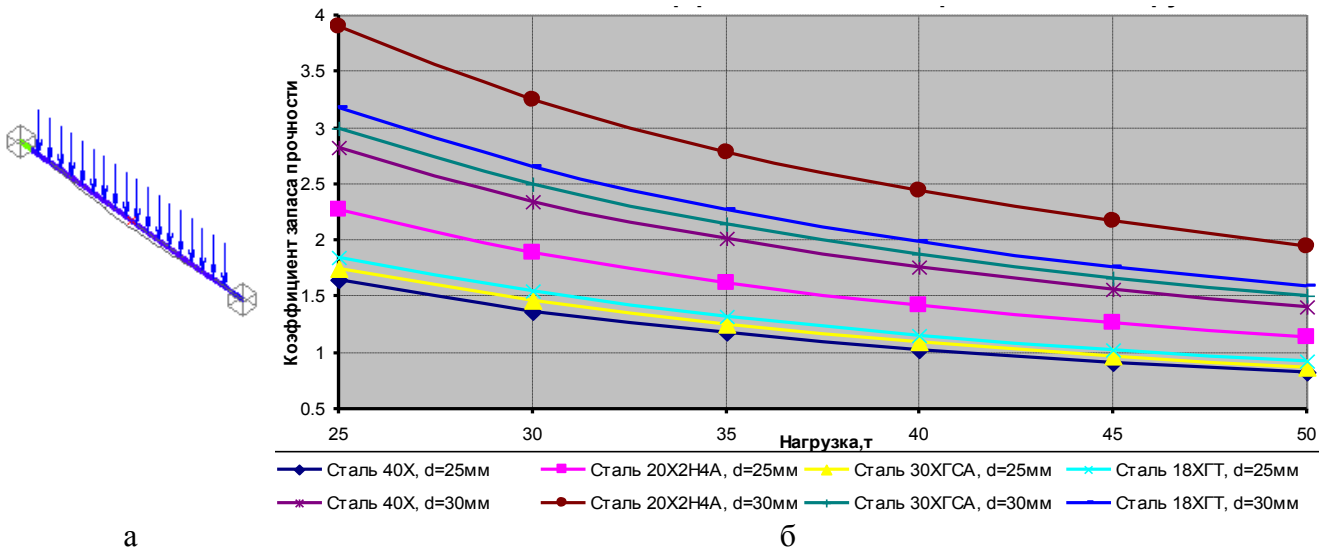


Рис. 3. Расчетная схема – а, зависимость коэффициента запаса прочности цевки от нагрузки - б

Анализ устойчивости машины (рис. 4) показал, что при размещении передачи в вертикальной плоскости неизбежны значительные колебания (до 38 мм при различной жёсткости опор), обусловленные действием радиальной составляющей усилия в зацеплении (до 40 кН при частоте 0,4 Гц).

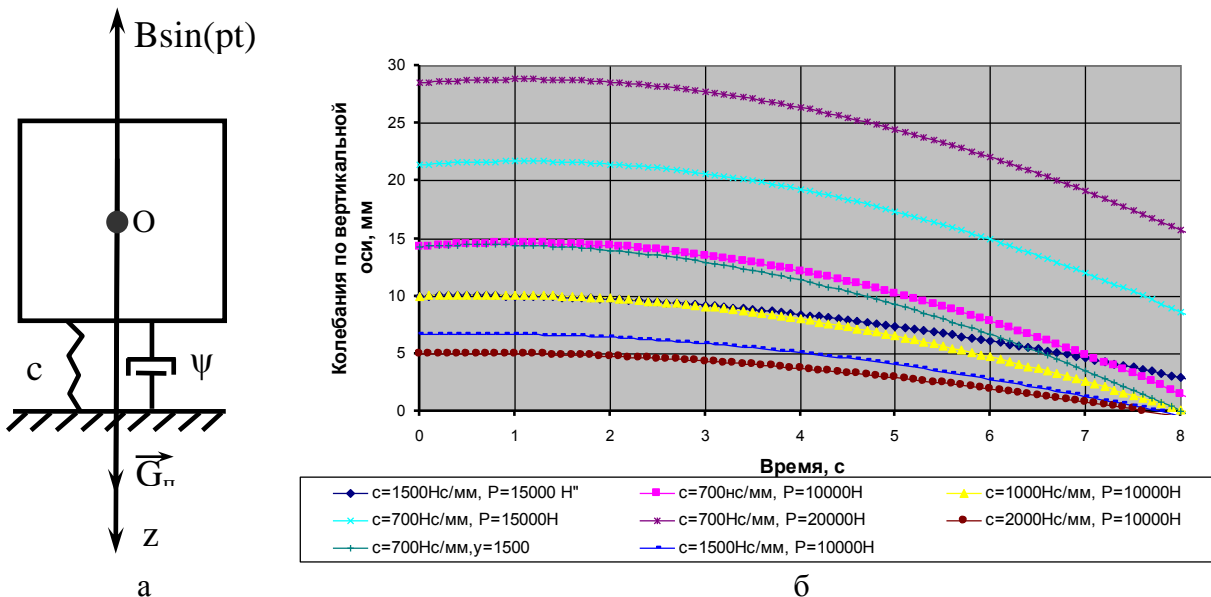


Рис. 4. Расчётная схема и результаты анализа устойчивости машины

$$x = a \cdot e^{-\frac{\psi}{2m}t} \cdot \sin\left(\sqrt{\frac{c}{m} - \frac{\psi^2}{4m^2}} \cdot t + \alpha\right) + \frac{P - B \sin(pt)}{m\sqrt{\left(\frac{c}{m} - p^2\right)^2 + \frac{\psi^2}{m^2} p^2}} \cdot \sin\left(pt - \arctg\left(\frac{\frac{\psi}{m} p}{\frac{c}{m} - p^2}\right)\right) \tag{2}$$

где B - радиальная составляющая усилия на движителе, Н; p - частота вынужденных колебаний с^{-1} ; P - сила тяжести машины, Н; c - жесткость опоры кН/м; ψ - диссипативные потери в опоре кНс/м; a - амплитуда колебаний в обратном захвате, мм

Применение одномассовой расчетной схемы адекватно отображает реальные процессы работы, т.к. предлагаемая машина симметрична относительно продольной оси, а распределенные по платформе массы редуктора и электродвигателя могут быть приведены к центру тяжести машины за счет использования стандартных методов механики.

Поэтому предложено располагать передачу в горизонтальной плоскости, что позволит исключить влияние силовой нагруженности системы перемещения на формирование трассы прокола.

Проведённый анализ прочностных характеристик цевочных реек (рис. 5) при помощи системы АРМ Winmachine позволил определить наиболее целесообразные места и способы закрепления реек с точки зрения теории устойчивости.

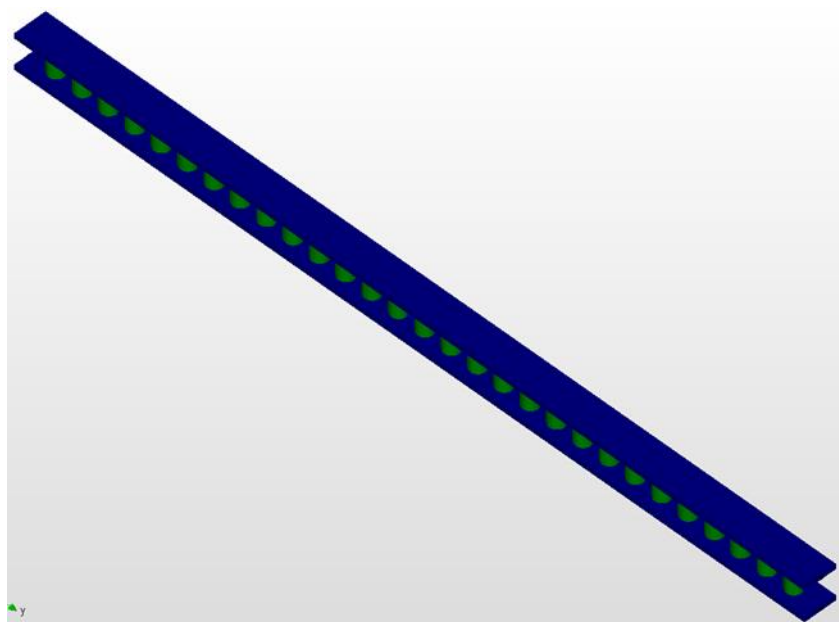


Рис. 5. Вариант конструктивной реализации цевочной рейки

Расчетная зависимость для определения коэффициента запаса устойчивости системы имеет вид:

$$n_y = \frac{\pi^2 EJ_{\min}}{(\mu l)^2 P} \geq [n_y] \quad (3)$$

Результаты исследования представлены на рис. 6 и 7. Проводя их анализ можно отметить, что для обеспечения необходимой и достаточной устойчивости системы целесообразно фиксировать не только нижнюю полку рейки, но и верхнюю.

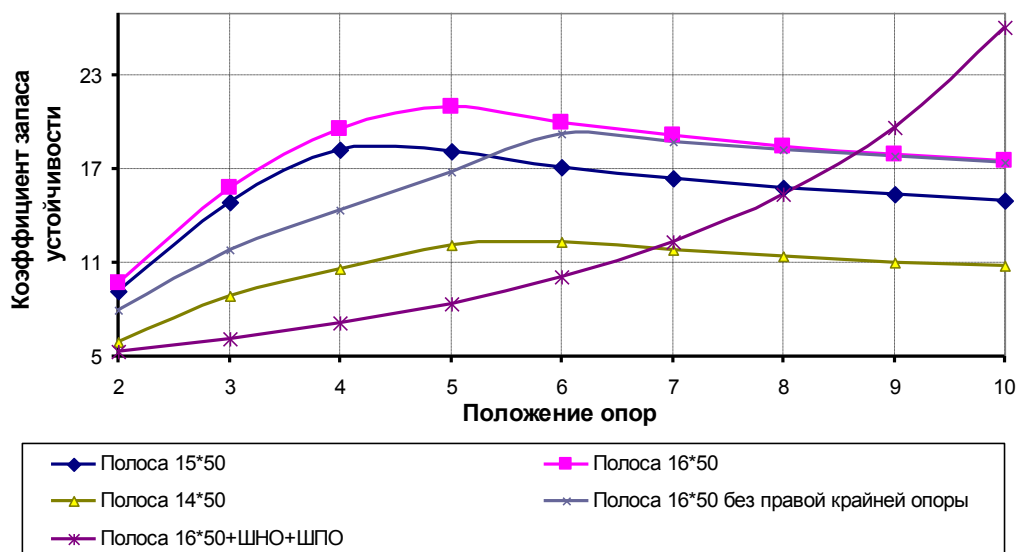


Рис. 6. Зависимость коэффициента запаса устойчивости от положения опор рейки

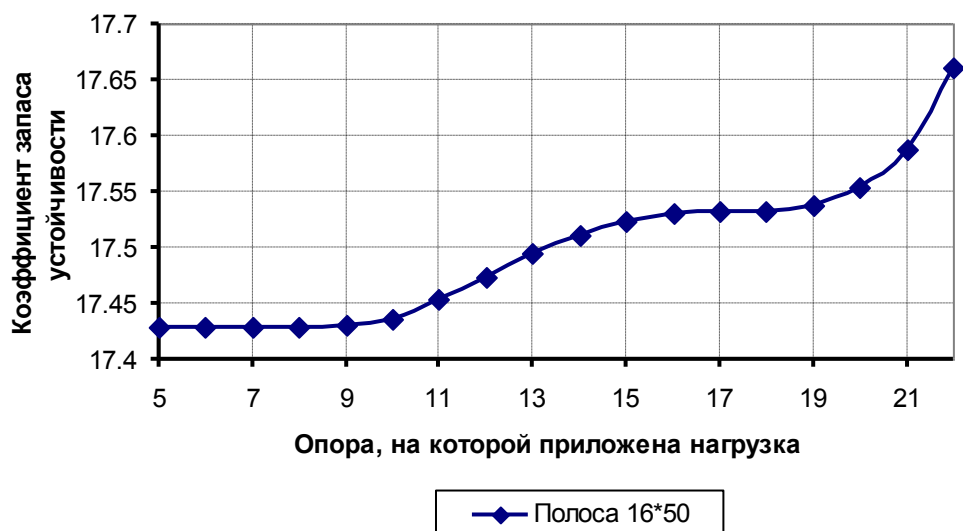


Рис. 7. Зависимость коэффициента запаса устойчивости от места приложения нагрузки

Анализ графиков рис. 6 позволяет определить наиболее предпочтительное расположение опор нижней полки рейки при различном конструктивном их исполнении. Исследование зависимости коэффициента запаса устойчивости от места приложения нагрузки позволяет сделать вывод о том, что изменение коэффициента запаса устойчивости не превышает составляет 1% и, таким образом, может не учитываться при проектировании.

Представленный материал может быть использован при проектировании систем перемещения машин для бестраншейной прокладки труб.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. К.В. Фролов. Теория механизмов и механика машин. МГТУ им. Н.Э. Баумана. - М., 664 с.
2. Каменский М.Н., Лукиенко Л.В. Жесткая система подачи на забой исполнительного органа прокалывающей установки как способ повышения эффективности примене-

ния машин для бестраншейной прокладки труб. Успехи в химии и химической технологии. 2009. Т. 23. № 7 (100). С. 91-94.

3. Лукиенко Л.В. Автоматизация выбора параметров крупномодульных зубчато-реечных передач технологических машин. Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2017. № 8-1. С. 206-209.

УДК 796

К. М. Ляхова, В. Е. Иванов

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

РАЗРАБОТКА СПОРТИВНОГО ЭЛЕКТРОННОГО ХРОНОМЕТРА НА БАЗЕ КОНТРОЛЛЕРА ARDUINO

Ключевые слова: Спорт, устройство, физкультура, норматив.

Аннотация: Работа посвящена разработке спортивного электронного хронометра на базе контроллера Arduino с использованием ультразвуковых и инфракрасных сенсоров для измерения временных показателей при сдаче нормативов по пожарно-строевой подготовке.

К. М. Lyahova, V. E. Ivanov

DEVELOPMENT OF A SPORTS ELECTRONIC CHRONOMETER BASED ON THE ARDUINO CONTROLLER

Keywords: Sport, device, physical education, standard.

Abstract: The paper is devoted to the development of a sports electronic chronometer based on the Arduino controller using ultrasonic and infrared sensors to measure time indicators when passing standards for fire drill.

Физическое воспитание является неотъемлемой частью профессиональной подготовки специалистов пожарной охраны. Академические теоретический и практический курсы учебных дисциплин проводятся с использованием разнообразных форм урочных и внеурочных занятий на протяжении всего периода обучения. В настоящее время теория и методика спортивной тренировки и её важнейший раздел – физическая подготовка находятся на стадии дальнейшего развития и расширения научных представлений, применительно к разным видам спортивной и прикладной профессиональной деятельности. В практическом аспекте это означает, что необходима такая физическая подготовка спасателей, которая бы надёжно и максимально способствовала воспитанию физических качеств для обеспечения высокой работоспособности в условиях лимита времени, как это диктуют возникшие чрезвычайные ситуации, стихийные бедствия и пожары. Курсанты на протяжении всего своего обучения сдают множество нормативов. Большое внимание уделяется пожарно-строевой подготовке. Однако сдача любого норматива вызывает требует точности измерений. Для повышения точности измерений и исключения человеческого фактора предлагается устрой-

ство на базе контроллера Arduino для проведения измерений при сдаче нормативов в автономном режиме без участия преподавателя. Принципиальная схема устройства представлена на рис. 1.

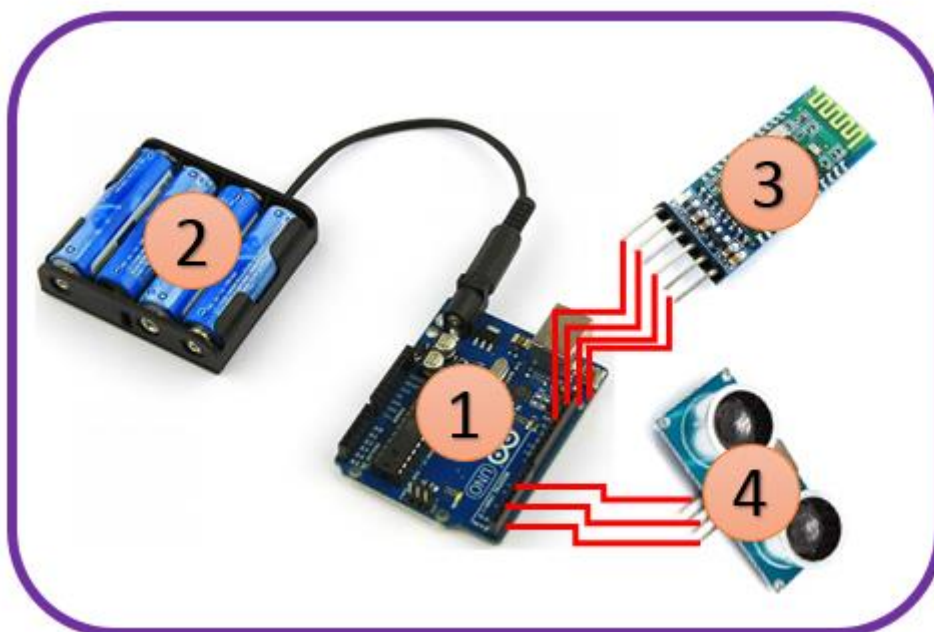


Рис. 1. Принципиальная схема устройства: 1 – контролер Arduino, 2 – аккумулятор, 3 – модуль беспроводной связи, 4 – ультразвуковой датчик

Устройство состоит из контроллера Arduino, элементов электропитания 2 для поддержки работы основного устройства и дополнительных элементов. К контроллеру подсоединяются элементы беспроводной связи 3, это могут быть, как Bluetooth модули, так и Wi-Fi. Так же подсоединяются ультразвуковые датчики расстояния и инфракрасные.

Принцип действия устройства. Данное устройство по беспроводной связи соединяется с мобильным телефоном с предустановленной программой для работы с контроллером Arduino. Одной из данных программ может быть Arduino IO Control, графический интерфейс которой настраивается отдельно для каждого проекта. Важной функцией программы является возможность управления голосом и работа с входящими данными. При нажатии кнопки СТАРТ на мобильном телефоне контроллер Arduino начинает отсчитывать время с точностью до одной миллисекунды, останавливается отчет после того как на контроллер приходит сигнал с ультразвукового датчика расстояния. Итоговый результат с указанием времени приходит на экран смартфона. Данное устройство можно сделать полностью автономным, что может исключить погрешность измерений при сдаче нормативов. Для этого необходим 4G Shield, который позволяет подключаться к высокоскоростным сотовым сетям LTE, HSPA+, WCDMA. При подключении Arduino к мобильному интернет возможности расширяются, так как результаты контроллер может отсылать на прямую на сайт в виде табличных данных. Также автономность достигается введением дополнительных датчиков или кнопок.

Рассмотрим работу устройства на примере сдачи норматива по пожарно-строевой подготовке №5.7 «Подъем по штурмовой лестнице в 4-й этаж учебной баш-

ни». При выполнении упражнения преподаватель только следит за правильностью выполнения и соблюдением правил по охране труда. Обучающийся стоит в трех метрах от линии старта. Штурмовая лестница лежит на линии старта башмаками вперед. По команде преподавателя «На старт!» курсант (студент) подходит к линии старта, встает на правое колено и прежде, чем занять стартовое положение, проверяет центровку лестницы, которая должна быть немного смещена в сторону башмаков для наиболее удобного бега до башни, переворота лестницы и подвески. Лестница после центровки устанавливается на один из модулей (или рядом с ним), который посредством беспроводной связи связан с основным контроллером. По команде «Марш!» курсант (студент) резко отталкивается от земли, одновременно вынося правую руку с лестницей вперед, и начинает движение к учебной башне, в это время срабатывает сенсор, и внешний модуль отправляет сигнал основному контроллеру для начала отчета времени. «Финиш» фиксируется при постановке на пол четвертого этажа учебной башни обеих ног обучающегося. При постановке ног срабатывает второй сенсор, который останавливает время отчета и контроллер фиксирует результат либо на экране мобильного телефона, либо на сайте, к которому подключен.

Таким образом, рассмотрен один возможных вариаций спортивного электронного хронометра, который может обеспечивать высокую точность измерений при его реализации. Данное устройство позволит производить измерения не только при сдаче нормативов по пожарно-строевой подготовке, но и по другим видам спорта.

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. Железнодорожск, 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.

УДК 614.849

М. В. Миллер, А. Н. Мальцев, А. Ю. Быданцев, Э. Я. Габайдулов
ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

ОРГАНИЗАЦИЯ ТУШЕНИЯ ПОЖАРОВ В КУЛЬТУРНО-ЗРЕЛИЩНЫХ УЧРЕЖДЕНИЯХ

Ключевые слова: Культурно-зрелищные учреждения.

Аннотация: В данной статье пойдет речь об организации и особенностях тушения пожаров в культурно-зрелищных учреждениях.

M. V. Miller, A. N. Maltsev, A. Yu. Bydantsev, E. Ya. Gabaydulov

ORGANIZATION OF FIRE EXTINGUISHING IN CULTURAL AND ENTERTAINMENT INSTITUTIONS

Keywords: Entertainment institutions.

Abstracts: This article will discuss the organization and characteristics of extinguishing fires in cultural and 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 так же 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.

Опираясь на статистические данные, около 10% пожаров начиналось во время представлений. Соответственно, из-за большого количества людей, эвакуация будет осложнена. Дополнительную угрозу людям, будет составлять паника, высокая температура, а также отравляющее воздействие токсичных продуктов горения. Основные действия обслуживающего персонала в случае возникновения пожара, в первую очередь должны быть направлены на незамедлительное оповещение сотрудников пожарной охраны, а так же 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, что бы опу-

стить противопожарный занавес и стоит ли вскрывать дымовые люки? Разведка пожара осуществляется звеном ГДЗС, на решающем направлении, основные силы и средства направляются для спасения людей из помещений, в которых присутствует дым и горение. Одновременно с этим личный состав проводит осмотр задымленных помещений, ярусов и других мест, где могут находиться люди, без сознания.

Разберем несколько вариантов действий по тушению пожаров в данных 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.

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 более быстрого достижения ликвидации пожара, следует использовать стволы РСК-50 и лафетные стволы. Их следует подать таким образом, чтобы не допустить возможность распространения огня на сцену. Количество стволы определяют из интенсивности подачи огнетушащих веществ. Для защиты подвесных потолков и перекрытий из горючих материалов, необходимо подавать резервные стволы с балконов, при этом стоит уделять особое внимание уменьшению температуры на чердаке, во избежание обрушения перекрытий. Проверять вентиляционные системы, воздушное отопление, 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 КЗУ подразумевает работу на высоте и в задымленных помещениях. Исходя из оперативной обстановки, РТП должен 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, возможно падение люстр и декораций с потолков. Места, где есть возможность обрушения конструкций, освещают прожекторами, а иногда, создается дежурный пост, для оповещения об опасности. При тушении пожаров в КЗУ от всего 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. Борисов А.А., Пискунов А.О., Мальцев А.Н. 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 621.311

Е. П. Милосердов, А. Ю. Баранов

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

РАЗБИЕНИЕ СФЕРЫ НА РАВНОМЕРНЫЕ УЧАСТКИ

Ключевые слова: Разбиение сферы, икосаэдр, сферические треугольники.

Аннотация: В статье рассмотрена методика разбиения сферы на равномерные сферические треугольники, полученные на основе вписанного в сферу правильного икосаэдра. Построена модель разбиения сферы в соответствии с рассмотренной методикой.

E. P. Miloserdov, A. Yu. Baranov

SPLITTING A SPHERE INTO UNIFORM SECTIONS

Keywords: The breaking of the sphere, Icosahedron, Spherical triangles.

Abstract: The article considers the method of dividing a sphere into uniform spherical triangles obtained on the basis of a regular icosahedron inscribed in the sphere. A model of splitting the sphere is constructed in accordance with the considered method.

Задача равномерного распределения точек на сфере имеет очень долгую историю. Это одна из самых хорошо исследованных задач в математической литературе

по сферической геометрии. Она имеет критическую важность во многих областях математики, физики, химии, в том числе в вычислительных методах, теории приближений, теории кодирования, кристаллографии, электростатике, компьютерной графике, морфологии вирусов и многих других. Точное решение задачи разбиения сферы на равномерные участки можно получить, если вписать в сферу правильный многогранник.

К сожалению, за исключением нескольких особых случаев (а именно Платоновых тел невозможно идеально ровно распределить точки на сфере). Существует методика разбиения сферы на совокупность практически одинаковых участков, основанная на разделении правильного многоугольника, полученного в результате точного решения на одинаковые части, для которых могут быть построены соответствующие сферические многоугольники на поверхности сферы [1]. Для многих случаев затруднительно найти точки на сфере, позволяющие построить такие сферические многоугольники. Предлагается методика разбиения поверхности, основанная на простом рекурсивном алгоритме, позволяющем получить необходимое число точек разбиения сферы. В качестве конкретного примера целесообразно взять точное решение на основе икосаэдра, грань которого является правильным треугольником. Будем считать, что вершины одной из граней нам известны с точностью до произвольного заданного угла поворота икосаэдра относительно заданной системы координат в декартовой системе координат.

Требуется создать регулярное покрытие сферы треугольниками, близкими по размеру и форме. В качестве эталона примем сетку, образованную на плоскости равносторонними треугольниками. Вначале рассмотрим алгоритм построения сетки в базовом сферическом треугольнике. Затем уделим внимание различным способам деления сферы на базовые сферические треугольники. Наконец, представим пример создания треугольной сетки на основе икосаэдра.

По приведенным значениям определяется средняя точка, которая разделяет треугольник точного решения на четыре треугольника. На следующем этапе находятся координаты еще трех точек, которые хотя и не являются точным разбиением сферы, однако достаточно близки к нему. При дальнейшем продолжении разбиения равномерность существенно ухудшается, хотя если продолжать рекурсивную процедуру только с новым поколением точек, она остается сравнимая с другими алгоритмами.

Генерация сетки в сферическом треугольнике. Процедуру создания на некоторой поверхности сетки треугольников обычно называют триангуляцией. В качестве базы для создания сетки используем некоторый сферический треугольник, заданный координатами своих вершин.

Метод бисекции. Назовем бисекцией операцию деления исходного треугольника на четыре треугольника нового поколения. Собственно, термин «бисекция» относится к делению сторон пополам.

В середины ребер вставляются новые вершины (белые точки на рисунках), которые соединяются новыми ребрами (пунктирные линии), образуя новые треугольники. Следующее поколение получается очередной бисекцией. Можно сразу провести деление сферического треугольника на 9 треугольников применяя трисекцию.

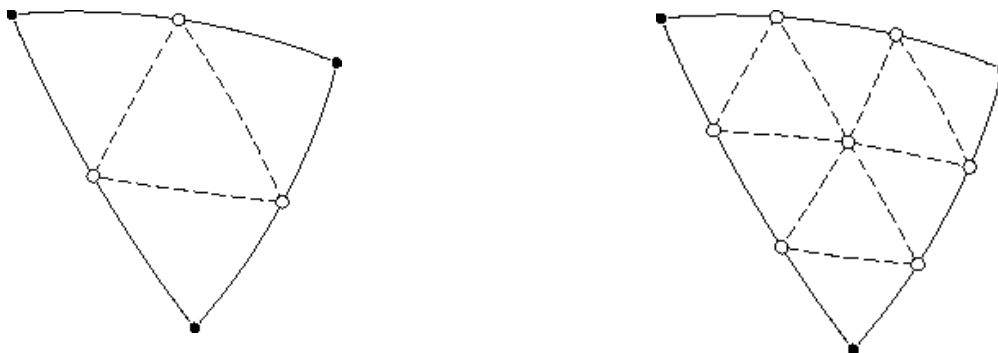


Рис. 1. Бисекция сферического треугольника **Рис. 2.** Трисекция сферического треугольника

В терминах геометрии на сфере задача вставки точек в стороны треугольников решается последовательным решением обратной и прямой геодезических задач [2]. Однако в данном случае гораздо проще использовать векторную алгебру [3]. Пусть концы стороны заданы векторами a и b ; тогда средняя точка f вычисляется как их нормированная сумма:

$$f = \frac{a + b}{|a + b|}$$

Для получения значений координат точек следует использовать соотношения: преобразования сферических координат в декартовые

$$x = \cos \varphi \cos \lambda$$

$$y = \cos \varphi \sin \lambda$$

$$z = \sin \varphi$$

преобразования декартовых координат в сферические

$$\lambda = \operatorname{arctg} \frac{y}{x}$$

$$\varphi = \operatorname{arctg} \frac{z}{\sqrt{x^2 + y^2}}$$

Для разбиения сферы был использован вписанный в сферу икосаэдр. Одна из граней икосаэдра была разбита на 36 равносторонних треугольников. Новые вершины будут лежать внутри сферы, поэтому их надо «приподнять» на поверхность (умножить на такое число, чтобы их радиус-векторы стали равны 1). Этот процесс разбиения можно продолжать до достижения требуемой точности. На рис. 4 показано разбиение поверхности сферы с помощью вписанного в сферу икосаэдра.

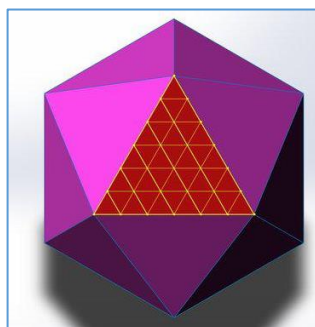


Рис. 4. Построение сферических треугольников на грани вписанного в сферу икосаэдра

Была построена модель разбиения сферы в соответствии с рассмотренной методикой.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кокстер Г.С.М. Введение в геометрию. -М. «Наука», 1966.
2. Степанов Н. Н. Сферическая тригонометрия. М. – Л.: ОГИЗ, 1948.
3. Б.А. Дубровин, С.П. Новиков, А.Т. Фоменко. Современная геометрия. М.: Наука, 1979.

УДК 62-83

А. С. Минеев

ФГБОУ ВО Ивановский государственный политехнический университет

ПРИВОД ГЛАВНОГО ДВИЖЕНИЯ МНОГОЦЕЛЕВОГО СТАНКА

Ключевые слова: Сверлильно-фрезерно-расточной станок, электропривод главного движения.

Аннотация: Предлагается решение многовариантной задачи проектирования привода главного движения многоцелевого сверлильно-фрезерно-расточного станка с ЧПУ, являющегося сложной электромеханической системой, включающей в себя преобразователь частоты, асинхронный серводвигатель и механическую коробку передач.

A. S. Mineev

DRIVE SYSTEM'S FOR CNC MACHINING CENTER

Keywords: CNC Machining Center, Main Motion Drive.

Abstract: Therefore the determination of a main motion electromechanical drive's configuration is of practical interest on the example of concrete CNC tool model.

В станкостроении рынок высококачественных электроприводов весьма ограничен, особенно для тяжёлых станков с ЧПУ, например, как для сверлильно-фрезерно-расточного станка ИС1250 спроектированного ивановским станкостроительным заводом ИЗТС. Кроме отечественных приводов на российском рынке наиболее широко представлены приводы производства немецкой фирмы Siemens и итальянской АВВ. Характеристики электроприводов главного движения производства фирм АВВ и Siemens мощностью около 28 кВт приведены в табл.1 [1].

Таблица 1. Характеристики электроприводов главного движения производства фирм АBB и Siemens мощностью около 28 кВт

Частота вращения, мин ⁻¹		Номинальный момент, Н·м	Номинальная мощность, кВт	КПД, %	Цена, тыс. руб
номинальная	максимальная				
500	3750	200	29,6	80	670
1000	4500	160	28	84	500
1500	3750	130	28	87	450
2000	5000	100	30	90	480
3000	7500	80	29	91	500
4000	8000	50	31	93	500

Это современные двигатели переменного тока с частотной широко-импульсной модуляцией регулирования частоты вращения, имеют малые габариты, допускают значительные перегрузки в переходных режимах, обеспечивают линейные и достаточно жесткие характеристики. Диапазон регулирования частоты вращения двигателей при постоянной мощности того порядка, которая необходима в приводе главного движения большинства тяжёлых станков (около 30 кВт и более), обычно не перекрывает всего требуемого диапазона частот вращений шпинделя станка. Однако следует иметь в виду, что в постоянстве мощности двигателя во всем диапазоне нет необходимости. Суммарная мощность, расходуемая на резание и на потери холостого хода, растёт с увеличением частоты вращения, что оправдывает применение в главном приводе комбинированного регулирования. При этом нижняя часть диапазона регулирования осуществляется при постоянном моменте, а верхняя часть диапазона регулирования – при постоянной мощности. Это тем более целесообразно ещё и потому, что полезная мощность в нижней части диапазона регулирования полностью не используется. Статистические данные об использовании полезной мощности в станках с комбинированным управлением главного движения показывают оправданность регулирования с постоянным моментом в ещё большем диапазоне.

Использовать более современный привод главного движения на базе электрошпинделя в сверлильно-фрезерно-расточном станке мод. ИС1250 невозможно, т. к. внутри фрезерного полого шпинделя расположен выдвижной расточный шпиндель. Поэтому применяется комбинированное регулирование с кинематической схемой, состоящей из регулируемого асинхронного электродвигателя переменного тока с механической коробкой скоростей на две ступени (см. рис.).

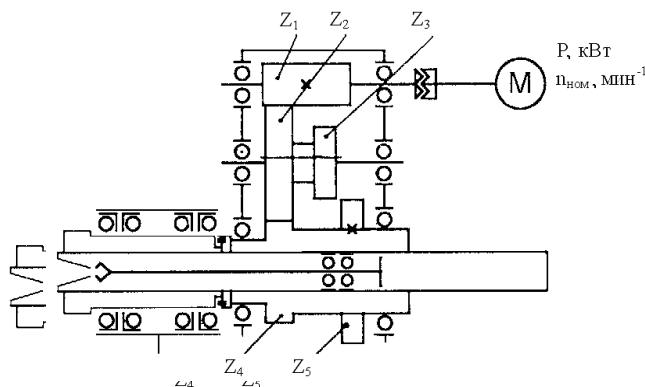


Рис. Кинематическая схема главного привода с механической коробкой скоростей на две ступени

При этом должно выполняться условие

$$R_n = R_d \cdot R_k,$$

где R_n – диапазон регулирования частоты вращения шпинделя; R_d – диапазон бесступенчатого регулирования электродвигателя с постоянной мощностью; R_k – диапазон регулирования коробки скоростей, расширяющий диапазон регулирования привода.

Поиск вариантов ограничен следующими условиями:

1. Минимальное количество одиночных и групповых передач, зубчатых колёс и валов коробки скоростей, т.к. понижается крутильная и изгибная жёсткость, а также динамические характеристики. Этому условию удовлетворяет коробка скоростей с тремя валами, одной одиночной и одной групповой передачей $z_k = 2$, а также применение связанного колеса z_2 , что сокращает осевые размеры коробки (рис.) [2];

2. Для выбранной кинематической схемы со связанным колесом z_2 необходимо обеспечить условие $(z_2 + z_4) \cdot m_1 = (z_3 + z_5) \cdot m_2$, где m_1, m_2 – соответственно модуль зубчатых колёс одиночной и групповой повышающей передачи;

3. Отсутствие или минимальный провал мощности в середине диапазона регулирования.

Применение такого решения позволит потребителю получить более широкий выбор технических характеристик станка под технологические задачи своего производства. Это – требуемую мощность и крутящие моменты на всём диапазоне регулирования частоты вращения шпинделя.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Островляничик В.Ю., Осипов Е.П., Богдановская Т.В. Концепция построения современных систем автоматизированного электропривода // Труды IV Международной (XV Всероссийской) конференции по автоматизированному электроприводу «Автоматизированный электропривод в XXI веке: пути развития». Часть 1. – Магнитогорск, 2004. – с. 178 – 180.

2. Металлорежущие станки: Учебник для машиностроительных вузов / Под ред. В.Э. Пуша. – М.: Машиностроение, 1985. – с. 256.

УДК 66.021.3

С. В. Натарева¹, В. В. Калинин¹, Д. Г. Снегирев²

¹ФГБОУ ВО Ивановский государственный химико-технологический университет

²ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

МЕТОДИКА РАСЧЕТА ПРОЦЕССА ИОННОГО ОБМЕНА В ЕМКОСТНОМ АППАРАТЕ НЕПРЕРЫВНОГО ДЕЙСТВИЯ

Ключевые слова: Ионный обмен, емкостной аппарат, математическая модель.

Аннотация: Предложено математическое описание процесса ионного обмена в емкостном аппарате с мешалкой непрерывного действия. С помощью математической модели изучены процессы очистки растворов от ионов цинка на катионите КУ-2-8.

S. V. Natareev, V. V. Kalinin, D. G. Snegirev

METHOD OF CALCULATION OF THE ION-EXCHANGE IN IT CAPACITIVE DEVICE OF CONTINUOUSLY WORKING

Keywords: Ion exchange, capacitive device, mathematical model.

Abstracts: The mathematical description of the ion-exchange in a capacitive device of continuous action working was developed. The developed mathematical model is used to study the process of cleaning solutions from zinc ions on the KU-2-8 cationite.

Емкостные аппараты широко используются во многих отраслях промышленности. Данный тип оборудования также находится на вооружении в подразделениях МЧС для инженерного обеспечения. Эти аппараты применяются для приема, хранения и выдачи жидких и газообразных сред, приготовления растворов и суспензий, смешения жидкостей и для других целей [1, 2]. Основные требования, предъявляемые к данному типу оборудования, сводятся к следующим: эффективное функционирование, надежность, прочность, жесткость, устойчивость, производственная, эксплуатационная и ремонтная технологичность, транспортабельность и другие. Решение задачи по поиску оптимальной конструкции аппарата для проведения эффективного процесса с учетом всех вышеуказанных требований связано с проведением технологических расчетов, в результате которых определяются габаритные размеры аппарата, характеристики конструктивных элементов (крышки, днища, люков и т.п.) и внутренних устройств (змеевиков, мешалок, перегородок и т.п.). При этом наиболее достоверные результаты расчета возможно получить на основе метода математического моделирования.

В работе предложено математическое описание процесса ионного обмена в емкостном аппарате с мешалкой непрерывного действия, основанное на следующих допущениях: равновесие в системе ионит-раствор описывается линейным уравнением адсорбции Генри, скорость процесса характеризуется смешаннодиффузионной кинетикой, перемешивание жидкой и твердой фаз является идеальным.

В соответствии с принятыми допущениями математическая постановка задачи может быть сформулирована в виде следующей системы уравнений:

- уравнение материального баланса:

$$Q(C_{\text{вх}} - C_{\text{вых}}) = \bar{Q}(\bar{C}_{\text{вых}} - \bar{C}_{\text{вх}}); \quad (1)$$

- уравнение для определения средней концентрации сорбируемого компонента в ионите на выходе из аппарата [3]:

$$\bar{C}_{\text{вых}} = \int_0^{\infty} f(\tau) \bar{C}_{\text{ср}}(\tau) d\tau, \quad (2)$$

где C и \bar{C} – концентрация сорбируемого вещества в растворе и ионите, кг–экв/м³; Q и \bar{Q} – расход раствора и ионита, м³/с; τ – время, с; $f(\tau)$ – функция, характеризующая структуру потока ионита; $\bar{C}_{\text{ср}}(\tau)$ – решение уравнения кинетики ионного обмена; индексы: вх – входящий, вых – выходящий, ср – средний.

Для описания структуры потока твердой фазы используем модель идеального смешения. Функция распределения времени пребывания равна [3]:

$$f(\tau) = \frac{\tau}{\tau_0} e^{-\frac{\tau}{\tau_0}}, \quad (3)$$

где $\tau_0 = \bar{V}/\bar{Q}$ – среднее время пребывания ионита в аппарате, с; \bar{V} – объем ионита в аппарате, м³.

В качестве уравнения кинетики ионного обмена используем решение задачи ионного обмена из ограниченного объема раствора для сферической частицы ионита [4]:

$$\frac{\bar{C}_{\text{ср}}(\tau) - \bar{C}_{\text{вх}}}{a_0 - \bar{C}_{\text{вх}}} = \frac{1}{1 + M/3} - \sum_n A_n e^{-\frac{\mu_n^2 \bar{D} \tau}{r_0^2}}, \quad (4)$$

где $A_n = \frac{6Bi(\sin \mu_n - \cos \mu_n)}{\mu_n^3 \left[\left(\mu_n - \frac{MBi}{\mu_n} + \frac{2MBi}{\mu_n^3} \right) \sin \mu_n - \left(\frac{2MBi}{\mu_n^2} + Bi \right) \cos \mu_n \right]}$, $M = \frac{3\Gamma\bar{Q}}{Q}$, $Bi = \frac{\beta r_0}{\Gamma\bar{D}}$,

a_0 – обменная емкость ионита, кг-экв/м³; \bar{D} – коэффициент диффузии в ионите, м²/с; r_0 – радиус частицы, м; β – коэффициент массоотдачи в растворе, м/с; Γ – константа изотермы ионообменной адсорбции Генри; μ_n – корни характеристического уравнения:

$$tg \mu = \frac{BiM - \mu^2}{\frac{MBi}{\mu_n} + \mu(Bi - 1)}. \quad (5)$$

Подставляя функции $f(\tau)$ и $\bar{C}_{\text{ср}}(\tau)$ соответственно из уравнений (3) и (4) в уравнении (2), получим выражение для расчета степени отработки ионита на выходе из аппарата:

$$\frac{\bar{C}_{\text{вых}} - \bar{C}_{\text{вх}}}{a_0 - \bar{C}_{\text{вх}}} = \frac{1}{1 + \frac{M}{3}} - \sum_n \frac{A_n}{\frac{\mu_n^2 \bar{D} \tau_{\text{ср}}}{r_0^2} + 1}. \quad (6)$$

Совместное решение уравнений (1) и (6) позволяет рассчитать концентрацию сорбируемого вещества в растворе на выходе из аппарата.

Адекватность модели была проверена на примере ионообменной сорбции ионов цинка катионитом КУ-2-8 в Н-форме в лабораторной установке (рис.1).

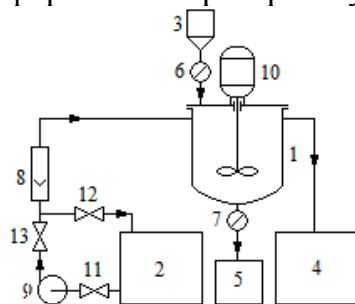


Рис. 1. Схема установки для изучения процесса ионного обмена в емкостном аппарате с мешалкой

Основным ее элементом являлся аппарат 1, представляющий собой гладкостенный сосуд с эллиптическим днищем, снабженный пропеллерной мешалкой. Диаметр аппарата составлял 80 мм, его рабочий объем - 0,5 л, диаметр мешалки - 27 мм. Кроме того, установка включала в себя емкости для исходного раствора 2, отрегенированного ионита 3, очищенной воды 4, отработанного ионита 5, дозаторы 6, 7, ротаметр 8, центробежный насос 9, электродвигатель 10, вентили 11-13.

Для проведения эксперимента в аппарат загружали определенное количество ионита и заливали исходный раствор. При этом высота уровня жидкости в аппарате равнялась его диаметру. Затем включали мешалку и устанавливали частоту ее вращения равную 7 с^{-1} . Выбранный режим перемешивания обеспечивал равномерное распределение ионита в перемешиваемом объеме. Далее в аппарат 1 насосом 9 из емкости 2 через вентили 11 и 13 подавали исходный раствор. Расход раствора устанавливали по ротаметру 8. В аппарат дозатором 6 из емкости 3 дозировали свежий ионит. Отработанный ионит удалялся из аппарата дозатором 7 в емкость 5, а очищенный раствор поступал самотеком в емкость 4. Контроль процесса осуществляли по изменению концентрации сорбируемого вещества в ионите и растворе на выходе их из аппарата с момента установления стационарного режима. Ниже приведены основные показатели работы ионообменного аппарата: концентрация раствора хлористого цинка на входе в аппарат – $5 \cdot 10^{-6} \text{ кг-экв/м}^3$; производительность аппарата по раствору изменялась в интервале от $3,62 \cdot 10^{-6}$ до $7,41 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3/\text{с}$; производительность аппарата по катиониту – $3,5 \cdot 10^{-8} \text{ м}^3/\text{с}$; объем раствора в аппарате – $4,92 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$; объем катионита в аппарате – $8 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3$. В опытах использовали катионит КУ-2-8(Н) с обменной емкостью $1,1 \text{ кг-экв/м}^3$ и средним размером набухших частиц $5,1 \cdot 10^{-4} \text{ м}$. Результаты экспериментального исследования обмена Zn^{2+} - H^+ приведены на рис. 2. Здесь же показаны расчетные данные, полученные с помощью разработанной математической модели. Параметры модели имели следующие значения: константа Генри – 88; коэффициент внутренней диффузии – $2 \cdot 10^{-11} \text{ м}^2/\text{с}$.

Для расчета коэффициента массоотдачи в жидкой фазе в емкостном аппарате с мешалкой использовали следующее критериальное уравнение [5]:

$$Sh=0,29 Re_M^{0,65} Sc^{0,33} , \quad (7)$$

где $Sh = \frac{\beta d_c}{D}$, $Re_M = \frac{n_M d_M^2}{\nu}$, D – коэффициент диффузии сорбируемого иона в растворе, $\text{м}^2/\text{с}$; d_a – диаметр аппарата, м; d_M – диаметр мешалки, м; n_M – частота вращения мешалки, $1/\text{с}$; ν – кинематический коэффициент вязкости раствора, $\text{м}^2/\text{с}$.

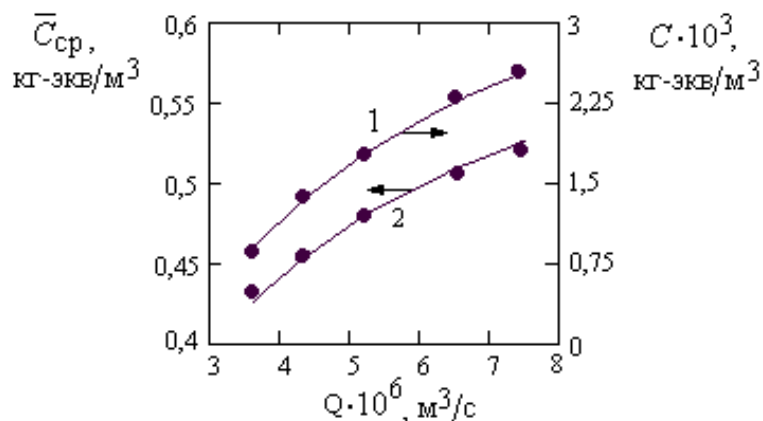


Рис. 2. Изменение концентрации цинка в растворе (1) и катионите (2) на выходе из аппарата от объемного расхода раствора (точки – экспериментальные данные; линии – расчетные данные)

Удовлетворительное совпадение результатов расчета и эксперимента позволяет судить об адекватности разработанной математической модели реальному процессу.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Назаров В.П., Корнилов А.А. Эффективность флегматизации при обеспечении по жаровзрывобезопасности емкостного оборудования // Интернет-журнал "Технологии техно-сферной безопасности". – 2010. – Вып. № 4 (32). С. 1–9.
4. Системы противопожарной защиты. Внутренний противопожарный водопровод (Ручные установки пожаротушения). Нормы и правила проектирования. М.: ФГУ ВНИИПО МЧС России, 2014. – 95 с.
3. Романков П.Г., Фролов В.Ф., Флисюк О.М. Массообменные процессы химической технологии. СПб.: ХИМИЗДАТ, 2017. – 440 с.
4. Натареев С.В. Ионный обмен из ограниченного объема раствора. Иваново: ИГХТУ, 2006. – 136 с.
5. Дытнерский Ю.И., Дмитриев Е.А., Щерев И.А. Концентрационная поляризация при разделении растворов слаборастворимых солей обратным осмосом // Массообмен в химической технологии. Сб. науч. трудов. Рига: Изд-во РПИ, 1986. – С. 130–140.

УДК 699.81

А. В. Наумов, И. В. Багажков

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

ВОПРОСЫ ОГНЕЗАЩИТЫ ДЕКОРАТИВНОГО ОТДЕЛОЧНОГО МАТЕРИАЛА В ЗДАНИЯХ С МАССОВЫМ ПРЕБЫВАНИЕМ ЛЮДЕЙ

Ключевые слова: Профилактика пожара, отделочный материал, текстиль, антипирен, огнезащита, окраска, исследование, риск отравления, скорость горения, коксообразование.

Аннотация: Рассмотрены вопросы профилактики пожаров в зданиях с массовым пребыванием людей. На примере текстильных материалов произведено нанесение специальных составов - антипиренов, снижающих способность ткани к возгоранию. Проанализирован способ и метод защиты текстильной продукции, используемой при отделке помещений.

A. V. Naumov, I. V. Bagazhkov

QUESTIONS OF FIRE PROTECTION OF DECORATIVE FINISHING MATERIAL IN BUILDINGS WITH A MASS STAY OF PEOPLE

Keywords: Fire prevention, finishing material, textiles, flame retardant, fire protection, paint, research, risk of poisoning, gorenje speed, coke formation.

Abstract: The issues of fire prevention in buildings with a mass stay of people are considered. On the example of textile materials, special compositions were applied - flame retardants that reduce the fabric's ability to ignite. The method and method of protection of textile products used in the decoration of premises are analyzed.

Рассматривая вопросы профилактики пожаров мы подразумеваем огнезащиту не только строительных, металлических и деревянных конструкций, но и изделия из ткани. В основной массе, текстильные материалы, поставляемые потребителю, должны быть способны сопротивляться воспламенению. Эта характеристика позволяет защитить человека и строения от воздействия огня, а также снизить скорость распространения пламени при пожаре.

Декоративные отделочные текстильные материалы имеют различные области применения. Применяются они и для декоративной отделки внутренних помещений зданий с массовым пребыванием людей. Несмотря на увеличивающую долю полимерного материала, текстильные материалы, как правило, пожароопасны и могут способствовать при пожаре распространению пламени по зданию, блокированию путей эвакуации, оказывая решающее влияние на материальный ущерб и гибель людей [1].

Текстильные изделия могут изготавливаться из натуральных (хлопок, шерсть), искусственных (вискоза, ацетат), синтетических (полиамид, полиэфир) и смесовых волокон. Пожары в зданиях, декорированных изделиями из искусственных и синтетических тканей, вскрывают их существенный недостаток.

Полиэстер горит дольше, чем хлопок, разбрасывая тлеющие сгустки материала, что увеличивает вероятность перебрасывания пламени на соседние предметы. Едкий токсичный дым, выделяющийся при сгорании такой ткани, за несколько вдохов способен отравить человека.

Текстильные материалы легко воспламеняются от малокалорийных источников зажигания, имеют высокую дымообразующую способность. Поэтому вопрос, связанный с огнезащитой текстильных материалов, особенно в зданиях с массовым пребыванием людей, где возможность возникновения и распространения пожара должна быть полностью исключена, представляет особый интерес. Это обусловлено тем, что текстильные материалы (например, смесовые хлопчатобумажные ткани) легко воспламеняются и легко горят.

Из-за многочисленных пропиток, применения окраски в набивном рисунке они способны выделять при горении высокотоксичные газообразные продукты [1,2].

Существующие способы нанесения антипиренов на текстильные материалы предполагают полную пропитку ткани с последующим закреплением препаратов. Ткань, обработанная таким способом, приобретая огнезащитные свойства, значительно теряет свои гигиенические (экологические) свойства. Интересным подходом к решению проблемы поиска оптимального баланса между соотношением требований к огнезащите и сохранением гигиенических свойств текстильного материала является методика совмещения нанесения на испытуемый текстильный материал препаратов повышающих их огнестойкость вместе с процессом окрашивания ткани.

Все исследуемые составы в оптимальных концентрациях обеспечивают высокий эффект огнезащиты ткани. Внешний вид ткани меняется незначительно, за исключением образцов, обработанных составом на основе диаммонийфосфата с мочевиной.

При использовании этого препарата наблюдается пожелтение образцов. Нанесение исследуемых антипиренов приводит к понижению прочности ткани. Таким образом, рассматриваемые антипирены нового поколения достаточно эффективны и могут быть рекомендованы для получения эффекта огнестойкости на декоративных тканях, которые относительно долгое время будут эксплуатироваться без стирок и мокрых обработок [3].

Ткани и смеси полиэфирных и целлюлозных волокон являются интересным объектом исследования малоизученного механизма процесса горения в твердой фазе.

По результатам полученных исследований выявлены некоторые закономерности скорости горения и коксообразования подготовленных к испытанию образцов в зависимости от количества и концентрации антипирена на основе фосфоразотсодержащих соединений, наносимых на текстильный материал. Проводимые исследования помогут еще больше уделить внимание столь важному вопросу, связанному с огнезащитой текстильных материалов. Не стоит также забывать о минимизации риска отравления людей продуктами их горения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Багажков И.В. Организация и ведение аварийно-спасательных и других неотложных работ при пожарах и чрезвычайных ситуациях подразделениями ФПС. Часть 1. Учебное пособие / А.С.Давиденко, В.А. Смирнов. – Иваново: ООНИ ИПСА ГПС МЧС России. 2016. - 89 с.
2. Натейкина Л.И., Горнак А.В. Пожарная безопасность в строительстве. 2010. № 4. С. 32–34.
3. Собурь С.В. Огнезащита материалов и конструкций: Справочник. – 3-е изд. (с изм.) – М.:Пожкнига, 2004. – 240 с., ил.
4. Ушаков И. А. Спасательное дело и тактика аварийно-спасательных работ, Москва, 2018. 156 с.

УДК 66.047

Д. А. Нестеров, П. В. Пучков

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ ПРИСПОСОБЛЕНИЯ ДЛЯ ПОДЪЕМА ПОЖАРНЫХ РУКАВОВ В БАШЕННУЮ СУШИЛКУ

Ключевые слова: Пожарный рукав, устройство, сушка, башня, лебедка, пожарно-спасательная часть.

Аннотация: В данной статье предлагается техническое решение, направленное на модернизацию конструкции приспособления для подъема пожарных рукавов в башенную сушилку пожарно-спасательной части №88 г. Королев. Выполнено описание конструкции и принципа работы приспособления, обоснована эффективность нововведения.

D. A. Nesterov, P. V. Puchkov

DEVELOPMENT OF A DEVICE DESIGN FOR LIFTING FIRE HOSES INTO A TOWER DRYER

Keywords: Fire hose, device, drying, tower, winch, fire and rescue unit.

Abstract: This article offers a technical solution aimed at modernizing the design of the device for lifting fire hoses in the tower dryer of the fire and rescue unit No. 88 in Korolev. The description of the device design and operating principle is performed, and the effectiveness of the innovation is justified.

В данной статье пойдет речь о модернизации приспособления для подъема пожарных рукавов в башенную сушилку в пожарно-спасательной части № 88 г. Королев. В настоящий момент подъем пожарных напорных рукавов осуществляется следующим образом: с помощью электролебедки (рис. 1б), закрепленные на крюке 2-3 рукава (рис. 1а) поднимают на высотную отметку 11 метров, где их развешивают на специальной решетке (рис. 1в). В настоящее время для выполнения мероприятий по сушке пожарных рукавов в пожарно-спасательной части № 88 задействовано как минимум два человека: один закрепляет рукава на нулевой отметке башни для их подъема в башню, а второй на высотной отметке в 11 метров развешивает их для осуществления естественной сушки. Процесс сушки пожарных рукавов данным способом весьма не производителен, трудоемок и требует больших затрат времени и человеческих ресурсов. Поэтому целью данной работы является совершенствование процесса подъема пожарных рукавов в башенную сушилку. Для этого необходимо было решить следующие задачи:

1. Разработать раму для одновременного подъема в башню до 36 пожарных рукавов;
2. Задействовать всего лишь одного человека для выполнения данных видов работ, вместо двух.

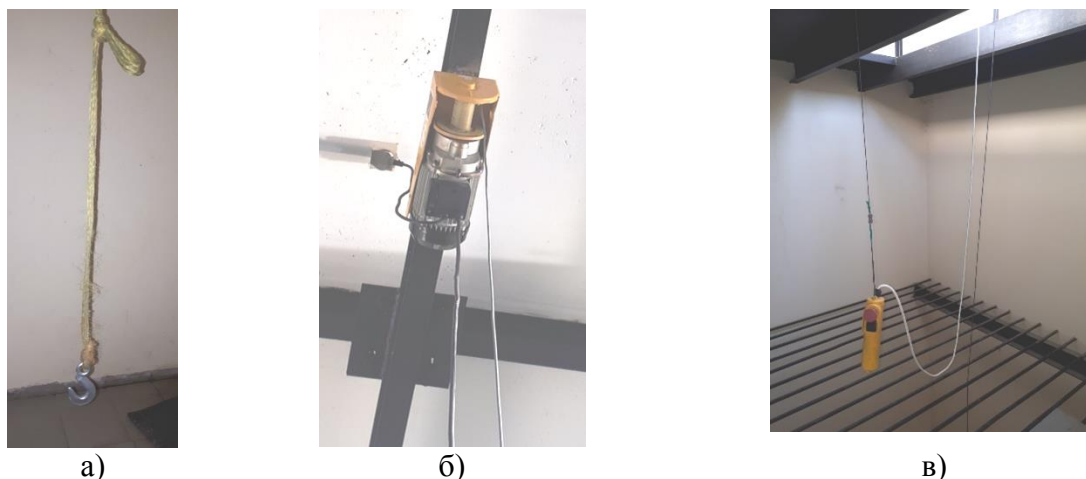


Рис. 1. Приспособление для подъема пожарных рукавов в башенную сушилку: а – крюк; б – электролебедка; в – площадка для развешивания пожарных рукавов

В данной статье авторами предлагается проект приспособления с электролебедкой башенного типа для вертикального подъема на высоту и сушки пожарных рукавов. Предлагаемая конструкция представлена на рис. 2.

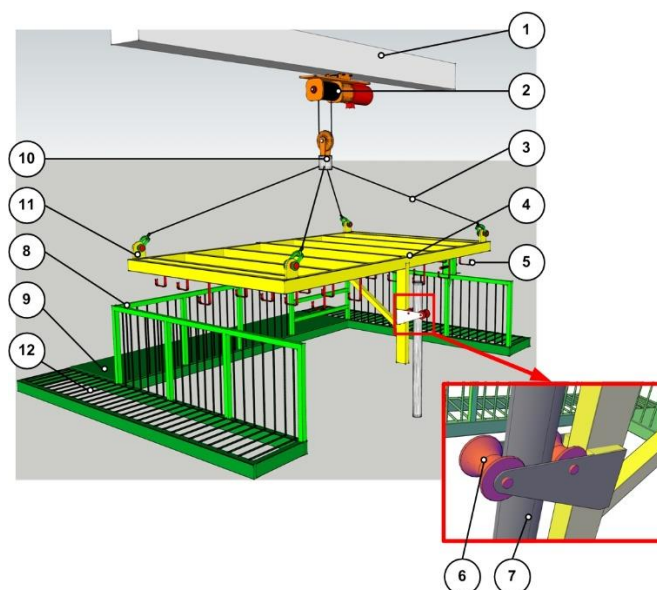


Рис. 2. Трехмерная модель устройства для подъема пожарных рукавов в башенную сушилку: 1 – Железобетонная балка; 2 – электролебедка; 3 – стропа; 4 – рама; 5 – крюк; 6 – упорный ролик; 7 – направляющая; 8 – перила; 9 – рабочая площадка; 10 – подвижный блок; 11 – вертлюг; 12 – боковая площадка

К достоинством данного устройства можно отнести возможность одновременной сушки большого количества пожарных напорных рукавов различных диаметров и размеров.

Разработанное приспособление является маневренным и позволяет производить работы как на нулевой отметке (уровень пола) башенной сушилки, так и на рабочей площадке на высотной отметке 11 метров (рис. 3а и рис.3б).

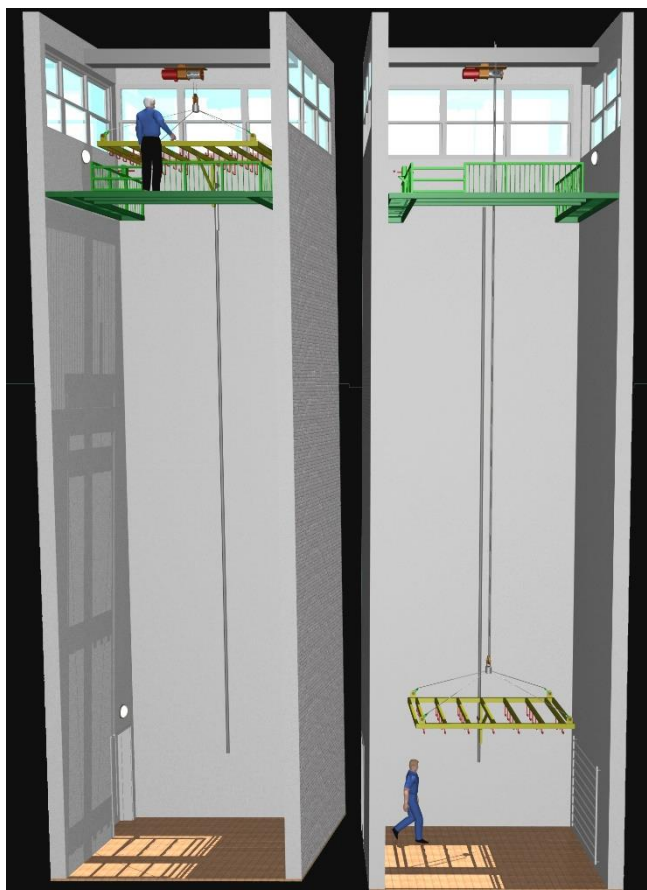


Рис. 3. Трехмерная модель башенной сушилки с модернизированным приспособлением для подъема пожарных рукавов: а – рама приспособления находится на уровне рабочей площадки на высоте 11 м; б – рама приспособления спущена вниз

Для загрузки пожарных рукавов в башенную сушилку пожарному необходимо с помощью пульта управления опустить раму приспособления с высотной отметки 11 метров в низ, подвесить на крюки пожарные рукава и поднять раму приспособления на высотную отметку 11 м. Стандартная длина напорного пожарного рукава диаметром 50 мм составляет 20 м, поэтому подвешивание на крюки производится по центру рукава.

Разработанное приспособление приводится в движение с помощью электролебедки (2), закрепленной на железобетонной балке перекрытия (1). На барабане электролебедки (2) имеется достаточный запас троса, для опускания рамы до нулевой отметки башни. Рама (4) на которую подвешиваются пожарные рукава для сушки присоединяется к подвижному блоку лебедки (10) посредством стальных строп (3). Стропы соединены с рамой посредством вертлюгов (11). Такой способ крепления рамы позволяет отцентрировать её положение относительно лебедки.

Рабочая площадка на высоте 11 метров представляет сварную конструкцию, изготовленную из стального сортового проката и имеет следующие габаритные размеры: 4100 мм x 3000 мм. Как видно из Рис. 2 рабочая площадка (9) выполнена так, чтобы обеспечить беспрепятственный подход к раме (4) с трех сторон для обслуживания пожарных рукавов. Рабочая площадка состоит из основной площадки шириной 800 мм и двух боковых площадок (12) шириной по 500 мм каждая. Основная площад-

ка имеет сплошной пол, изготовленный из стального рифленого листа, а боковые площадки изготовлены в виде решетки из арматурных прутьев (Рис.2).

Рама (4) сварена из стальных труб прямоугольного сечения и имеет следующие габариты: 3000 мм х 1800 мм. В состав конструкции рамы входит 6 стальных балок, на каждой из которых закреплено по 6 крюков (5). Общее количество крюков на раме 36 шт. На каждый крюк можно подвесить только один напорный пожарный рукав, сложив его пополам.

Для исключения раскачивания рамы во время спуска или подъема пожарных рукавов в ее конструкции предусмотрены упорные ролики (6), которые перемещаются по направляющей (7) вверх или вниз. Упорный ролик (6) имеет форму однополосного гиперboloида вращения. Направляющая (7) представляет собой стальную трубу с наружным диаметром 50 мм. Она жестко закреплена на несущей стене башенной сушилки. Для обеспечения безопасной работы пожарного на высоте при обслуживании пожарных рукавов на рабочей площадке (9) предусмотрены ограждающие конструкции – перила (8), высота которых составляет 900 мм [1-4].

Для обеспечения безопасного нахождения человека на нулевой отметке башенной сушилки после подъема пожарных рукавов на высоту 11 метров рама приспособления закрепляется с помощью фиксатора, представленного на рис. 4.

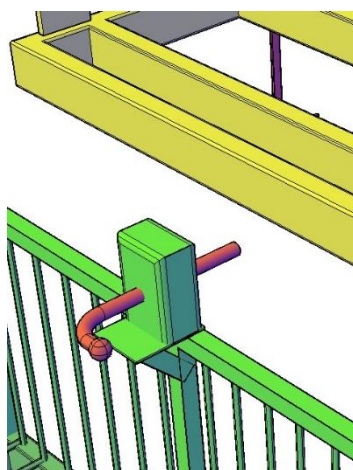


Рис. 4. Фиксатор рамы

Данный фиксатор предохраняет от падения рамы с высоты при обрыве троса электролебедки.

Представленное выше техническое решение, направленное на модернизацию приспособления для подъема пожарных рукавов в башенную сушилку в пожарно-спасательной части № 88 г. Королев позволит значительно повысить эффективность организации сушки пожарных рукавов.

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, 27.04.2012. Заявка № 2011147880/02 от 24.11.2011.

2. Топоров А.В., Малый И.А., Потемкина О.В., Никитина С.А., Пучков П.В., Топорова Е.А., Покровский А.А. Комбинированное магнитожидкостное уплотнение вала. Патент на полезную модель RU 135048, 27.11.2013. Заявка № 2013128306/06 от 20.06.2013.

3. Топоров А.В., Пучков П.В., Топорова Е.А. Основные направления использования магнитной наножидкости в пожарной технике. / Пожарная безопасность: проблемы и перспективы. - 2015. Т. 2. № 1 (6). - С. 120-122.

4. Полетаев В.А., Пучков П.В. Повышение качества поверхностей трения деталей электронасосов. / Заводская лаборатория. Диагностика материалов. - 2015. Т. 81. № 9. - С. 74-76.

УДК 614.849

С. Н. Никишов, М. О. Баканов, С. О. Бородулин

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

ИССЛЕДОВАНИЕ РАСХОДА ВОЗДУХА СПАСАТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ ДЫХАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ НА СЖАТОМ ВОЗДУХЕ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ УСЛОВИЯХ РАБОТЫ

Ключевые слова: Газодымозащитник, газодымозащитная служба, средство индивидуальной защиты органов дыхания и зрения, спасательное устройство.

Аннотация: В статье представлены результаты проведенного эксперимента по определению значений расхода воздуха дыхательного аппарата на сжатом воздухе ПТС Профи – М при применении различных типов спасательных устройств.

S. N. Nikishov, M. O. Bakanov, S. O. Borodulin

RESEARCH OF AIR CONSUMPTION OF RESCUE DEVICES OF RESPIRATORY DEVICES IN COMPRESSED AIR UNDER VARIOUS WORK CONDITIONS

Keywords: Gas smoke protector; gas and smoke protection service; personal protective equipment for respiratory and visual organs; rescue device.

Abstract: The article presents the results of an experiment to determine the air flow rate of a breathing apparatus using compressed air PTS Profi-M using various types of rescue devices.

Применение спасательных устройств звеньями ГДЗС для спасения пострадавших из НДС с каждым годом увеличивается. Однако, действующие нормативные документы, регламентирующие методику проведения расчетов [1], не учитывается тот факт, что применение спасательного устройства влияет на расход воздуха и соответственно на время работы в НДС [2, 3]. Для внесения изменений в утвержденные формулы расчетов времени работы звена ГДЗС в НДС требуется экспериментально определить значения расхода воздуха спасательного устройства и на основании анализа полученных результатов установить закономерность. Реализация данных предложений позволит повысить уровень безопасности газодымозащитников при тушении пожаров и проведении аварийно-спасательных работ [4].

Для определения требуемых параметров была проведена серия экспериментов по определению расхода воздуха газодымозащитниками и условными пострадавшими при различных условиях работы.

При проведении экспериментов в качестве газодымозащитников и условных пострадавших выступали обучающиеся ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России.

Эксперименты были проведены с использованием дыхательных аппаратов на сжатом воздухе ПТС «Профи» – М. В качестве спасательных устройств были использованы спасательное устройство «Капюшон» (рис. 1) и спасательное устройство со шлем-маской «ШМП» (рис. 2).



Рис. 1. Спасательное устройство «Капюшон»



Рис. 2. Спасательное устройство со шлем-маской «ШМП»

Эксперимент заключался в следующем. Определялся расход воздуха у условного пострадавшего без включения газодымозащитника и одновременное включение газодымозащитника и пострадавшего (рис. 3 а, б). Серия экспериментов проводилась в течение 10 минут в каждом случае.



а)



б)

Рис. 3. Использование спасательного устройства: а – типа «Капюшон», б – типа «ШМП»

Полученные экспериментальные данные показаны в таблице 1.

Таблица 1. Результаты экспериментальных данных по расходу воздуха спасательных устройств

№ п/п	Вес, кг	Рост, см	Комплекс «Маяк спасателя» (Q, л/мин)		ПТС «Профи» - М (Q, л/мин)	
			ШМП	Капюшон	ШМП	Капюшон
1	92	184	148,36	389,45	123,64	432,73
2	65	173	179,27	426,55	123,64	494,55
3	70	181	185,45	506,91	216,36	432,73
4	77	186	253,45	309,09	278,18	278,18
5	58	172	80,36	377,09	123,64	432,73
6	87	180	210,18	302,91	123,64	309,09
7	58	172	68	519,27	92,73	494,55
8	74	182	179,27	346,18	185,45	309,09
9	52	165	68	253,45	92,73	278,18
10	53	163	92,73	302,91	61,82	216,36

По полученным эмпирическим данным был построен вариационный ряд для применения многостороннего критерия Шапиро-Уилка. Критерий основан на регрессионном анализе порядковых статистик по их ожидаемым значениям. Это критерий типа дисперсионного анализа для полной выборки. Статистика критерия заключается в отношении квадрата суммы линейной разности выборочных порядковых статистик к обычной оценке дисперсии [5].

Серию из n независимых наблюдений по скорости расхода дыхательных ресурсов обозначим символами v_1, v_2, \dots, v_n и вычислим промежуточную сумму S по формуле:

$$S = \sum a_k \cdot (u_{(n+1-k)} - u_k), \tag{1}$$

где k – индекс, имеющий значения при нечетном n $k = \frac{n}{2}$, при четном значении n $k = \frac{n-1}{2}$; a_k – коэффициент, имеющий специальные значения для имеющегося объема выборки n .

Так как $n = 10$, то

$$k = \frac{10}{2} = 5.$$

Используя известные коэффициенты a_k , рассчитаем S по формуле (1):

$$S = \sum_{j=1}^k (30,91 \cdot 0,04145 + 86,65 \cdot 0,11979 + 105,09 \cdot 0,21238 + 142,18 \cdot 0,32767 + 185,45 \cdot 0,57427) = 187,06 \text{ (л)}$$

Статистика критерия Шапиро-Уилка рассчитывается по формуле:

$$w = \frac{S^2}{nm_2}, \tag{2}$$

где S^2 – сумма линейной разности выборочных порядковых статистик; n – объем выборки; m_2 – выборочный центральный момент второго порядка.

Обычная оценка дисперсии рассчитывается по формуле:

$$nm_2 = \sum_{j=1}^n (u_k - u_{cp})^2, \tag{3}$$

где v_k – эмпирические значения скорости потребления дыхательной смеси.

$$nm_2 = (68 - 146,51)^2 + (68 - 146,51)^2 + \dots + (253,45 - 146,51)^2 = 3875196 \text{ (л)}$$

Рассчитаем искомый критерий статистического согласия, поставив полученные значения в (2):

$$W = \frac{187,06^2}{3875196} = 0,902$$

Критерий W сравним с табличными значениями $W_{табл.}$ для подтверждения или опровержения гипотезы, которые представлены в таблице 2.

Таблица 2. Табличные значения критерий Шапиро-Уилка в зависимости от уровня значимости α

α	$W_{табл.}$	W
0,01	0,868	0,902
0,05	0,84	
0,1	0,779	

Из таблицы 2 видно, что при всех уровнях значимости α $W_{табл.} \leq W$, а значит, гипотеза о нормальности эмпирических данных принимается при всех уровнях значимости.

Произведем обработку остальных данных по аналогичному алгоритму и для удобства восприятия представим основные показатели в таблице 3.

Таблица 3. Основные показатели исследуемого параметра

Вид исследования	$X_{ср}, (л)$	$\sigma, (л)$	Критерий Шапиро-Уилка при уровне значимости $\alpha = 0,05$	Гипотеза H_0
Маяк спасателя ШМП	146,51	65,62	$0,840 \leq 0,902$	+
Маяк спасателя капюшон	373,38	89,07	$0,840 \leq 0,922$	+
ПТС Профи – М ШМП	142,18	65,49	$0,840 \leq 0,88$	+
ПТС Профи – М капюшон	367,82	100,37	$0,840 \leq 0,88$	+

На основе данных таблицы 3 построим графики плотности распределений расходов воздуха спасательных устройств в состоянии покоя (рис. 3).

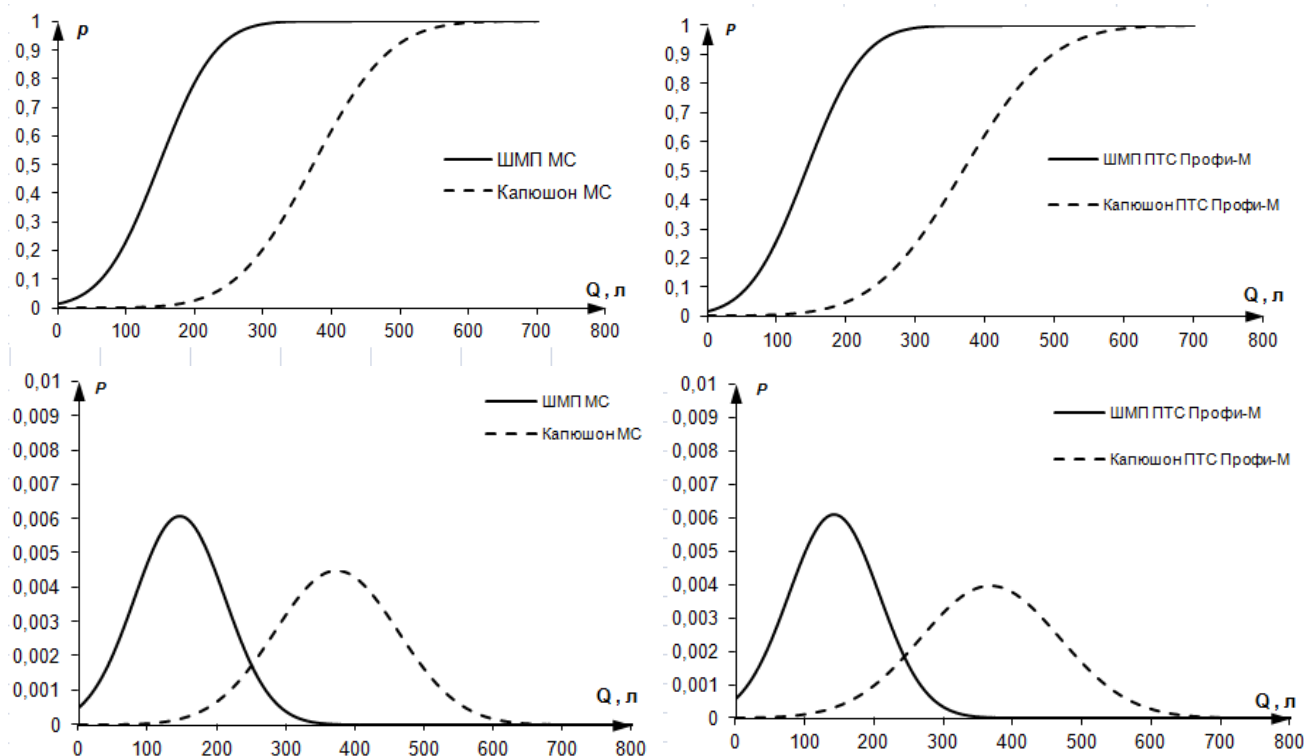


Рис. 3. Плотность распределения расходов воздуха спасательных устройств

После анализа эмпирических данных по потреблению дыхательных ресурсов с использованием спасательных устройств в состоянии покоя была произведена их обработка при помощи методов математической статистики, с учетом проверки однородности выборочных совокупностей с выдвижением гипотетического закона о принадлежности эмпирических данных нормальному закону распределения. В результате произведенной проверки гипотезы с использованием критерия статистического согласия доказано, что эмпирические данные подчиняются нормальному закону распределения.

Проведенный анализ эмпирических данных по расходу воздуха дыхательных аппаратов на сжатом воздухе с применением спасательных устройств показал, что полученные данные подчиняются нормальному закону распределения. Это подтверждает необходимость решения вопросов нормирования выполняемых работ или планирования боевых действий в НДС, при использовании спасательных устройств и учитывать аспект оценки необходимого запаса дыхательных ресурсов для реализации условий безопасной работы. Такой подход позволит повысить при недостатке запаса дыхательных ресурсов безопасность газодымозащитников работающих в составе звена при спасении пострадавших с использованием спасательных устройств.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Методические указания по проведению расчётов параметров работы в средствах индивидуальной защиты органов дыхания и зрения, утверждены заместителем министра МЧС России генерал-полковником внутренней службы А.П. Чуприяном от 05.08.2013 г.

2. Никишов С.Н., Чистяков И.М., Шипилов Р.М. Особенности проведения расчетов параметров работы СИЗОД // Молодые ученые - развитию Национальной технологической инициативы (ПОИСК). 2018. № 1. – С. 181-183.

3. Никишов С.Н., Чистяков И.М., Шипилов Р.М. Совершенствование методики проведения расчетов параметров работы в СИЗОД для обеспечения безопасности работающих звеньев ГДЗС в непригодной для дыхания среде // 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. 537-539.

4. Чистяков И.М., Никишов С.Н., Легошин М.Ю., Соколов Е.Е. Способы совершенствования работы постового поста безопасности при тушении пожаров и проведении аварийно-спасательных работ в непригодной для дыхания среде // Пожарная и аварийная безопасность: сборник материалов XII Международной научно-практической конференции, посвященной Году гражданской обороны, Иваново, 29–30 ноября 2017 г. – Иваново: ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2017. – 1003 с. – С. 402-405.

5. ГОСТ Р ИСО 5479-2002. Статистические методы. Проверка отклонения распределения вероятностей от нормального распределения.

УДК 614.849

С. Н. Никишов, М. О. Баканов, С. А. Чичадеев

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

РАЗРАБОТКА КРИТЕРИЕВ ОЦЕНКИ ВЫПОЛНЕНИЯ НОРМАТИВА ПО ГДЗС ДЛЯ ДЕВУШЕК: ВЯЗКА ДВОЙНОЙ СПАСАТЕЛЬНОЙ ПЕТЛИ С НАДЕВАНИЕМ НА СПАСАЕМОГО

Ключевые слова: Газодымозащитник, норматив, спасательная веревка, критерий оценки, средство индивидуальной защиты органов дыхания и зрения.

Аннотация: В статье представлены результаты проведенного эксперимента по определению времени выполнения норматива по ГДЗС вязка двойной спасательной петли с надеванием на спасаемого. На основании полученных данных было рассчитано нормативное время выполнения данного упражнения для девушек.

S. N. Nikishov, M. O. Bakanov, S. A. Chichadeev

DEVELOPMENT OF CRITERIA FOR EVALUATING THE FULFILLMENT OF THE STANDARDS ON GDS FOR GIRLS: KNITTING DOUBLE LIFE WITH HOOK ON THE RESCUE

Keywords: Gas fume protector, standard, rescue rope, evaluation criterion, personal protective equipment for respiratory and visual organs.

Abstract: The article presents the results of an experiment to determine the time for fulfilling the standard for GDZM binding of a double rescue loop with donning to the rescued. Based on the data obtained, the normative time for performing this exercise for girls was calculated.

Непрерывное развитие науки и техники способствует внедрению в строительную отрасль все новых строительных материалов. Зачастую свойства, которых остаются до конца не исследованными, особенно это касается пожароопасных свойств веществ и материалов. Поэтому сложность тушения пожаров с каждым годом повышается [2]. В связи с чем, все более актуальным становятся вопросы своевременного и правильного практического обучения пожарных и спасателей способствующих сокращению времени тушения пожара, уменьшению ущерба от пожаров, а главное, своевременному оказанию необходимой помощи людям попавшим в ЧС. Однако, в современных условиях тушение пожаров без применения средств индивидуальной защиты органов дыхания и зрения становится практически не возможным, в связи с чем, совершенствование деятельности газодымозащитной службы является одной из приоритетных направлений развития МЧС России [3]. Особое внимание уделяется организации и проведению подготовки личного состава именно газодымозащитной службы.

Одной из форм подготовки и поддержания квалификации газодымозащитников, является отработка и выполнение (сдача) нормативов с использованием средств индивидуальной защиты органов дыхания и специальной защитной одежды. Перечень обязательных нормативов и критерии оценки, указаны в методических рекомендациях по организации и проведению занятий с личным составом газодымозащитной службы Федеральной противопожарной службы МЧС России. Выполнение данных нормативов предусматривается, как в повседневной служебной деятельности сотрудников (работников) ФПС МЧС России являющихся газодымозащитниками.

Практика отработки нормативов на учебных занятиях с обучающимися ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России показала, что применение критериев оценки изложенных в методических рекомендациях [4], не подходит для курсанток и студенток, в связи с чем были проведены экспериментальные исследования по определению временных параметров выполнения различных нормативов с учетом гендерного признака.

В данной работе представлены результаты проведенного эксперимента по выполнению норматива по ГДЗС: «Вязка двойной спасательной петли с надеванием на спасаемого» (рис. 1).



Рис. 1. Выполнение норматива «Вязка двойной спасательной петли с надеванием на спасаемого»

Норматив выполнялся курсантками согласно методики изложенной в методических рекомендациях [1].

Полученные временные показатели курсанток, вязка двойной спасательной петли с надеванием на спасаемого, представлены в таблице 1.

Таблица 1. Временные показатели выполнения упражнения

N	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
τ , сек	36,5	37,0	37,7	38,3	38,81	39,29	39,68	40,47	41,45	41,93
N	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
τ , сек	42,0	42,86	43,5	43,8	44,12	44,46	45,3	46,31	47,17	47,9
N	21	22	23	24	25	26	27	28		
τ , сек	48,01	48,74	49,42	49,58	50,09	50,66	51,73	52,04		

Для определения нормативного времени выполнения упражнения использовалась методика представленная в работе В.В. Терехова и В.А. Грачева [5].

В начале определяем уровень освоения элемента:

$$K_i = \frac{|\tau_i - \tau_{i+10}|}{\tau_i} \leq 0,1 \quad (1)$$

где τ_i , τ_{i+10} - затраты времени на выполнение элемента упражнения, порядковые номера, которые различаются на десять единиц. То есть, как только $K_i < 0,1$ с этого момента можно начинать учитывать количество наблюдений.

$$K_1 = \frac{|36,5 - 42,0|}{36,5} = 0,2 \geq 0,1; K_2 = \frac{|37,0 - 42,86|}{37,0} = 0,2 \geq 0,1;$$

$$K_3 = \frac{|37,7 - 43,5|}{37,7} = 0,2 \geq 0,1; K_4 = \frac{|38,3 - 43,5|}{38,3} = 0,1 \leq 0,1;$$

$$K_5 = \frac{|38,81 - 44,12|}{38,81} = 0,1 \leq 0,1; K_6 = \frac{|39,29 - 44,46|}{39,29} = 0,1 \leq 0,1;$$

$$K_7 = \frac{|39,68 - 45,3|}{39,68} = 0,1 \leq 0,1; K_8 = \frac{|40,47 - 46,31|}{40,47} = 0,1 \leq 0,1;$$

$$K_9 = \frac{|41,45 - 47,17|}{41,45} = 0,1 \leq 0,1; K_{10} = \frac{|41,93 - 47,9|}{41,93} = 0,1 \leq 0,1;$$

$$K_{11} = \frac{|42,0 - 48,01|}{42,0} = 0,1 \leq 0,1; K_{12} = \frac{|42,86 - 48,74|}{42,86} = 0,1 \leq 0,1;$$

$$K_{13} = \frac{|43,5 - 49,42|}{43,5} = 0,1 \leq 0,1; K_{14} = \frac{|43,8 - 49,58|}{43,8} = 0,1 \leq 0,1;$$

$$K_{15} = \frac{|44,12 - 50,09|}{44,12} = 0,1 \leq 0,1; K_{16} = \frac{|44,46 - 50,66|}{44,46} = 0,1 \leq 0,1;$$

$$K_{17} = \frac{|45,3 - 51,73|}{45,3} = 0,142 \leq 0,1; K_{18} = \frac{|46,31 - 52,04|}{46,31} = 0,124 \leq 0,1.$$

Из условия $K_1 < 0,1$, отсчет результатов будет начинаться со 4-го результата.

Так как $K_1, K_2, \geq 0,1$, то считаем, что 1, 2 и 3 результат не достоверным и с целью выявления и исключения грубых ошибок измерений проверяем 11, 12 и 13 результаты.

Проверяем значение:

$$\tau_i^* = 42,0 \text{ сек.}$$

Вычисляем среднее значение времени и среднеквадратического отклонения по формулам 2 и 3:

$$\bar{\tau}_i = \frac{1}{n} \cdot \sum \tau_i \quad (2)$$

$$S = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_1^n (\bar{\tau}_i - \tau_i)^2} \quad (3)$$

$$\bar{\tau}_i = \frac{38,3 + 38,81 + 39,29 + 39,68 + 40,47 + 41,45 + 41,93 + 42,0 + 43,8 + 44,12 + 44,46 + 45,3 + 46,31 + 47,17 + 47,9 + 48,01 + 48,74 + 49,42 + 49,58 + 50,09 + 50,66 + 51,74 + 52,04}{23} = 45,27 \text{ сек.}$$

Вычисление значения среднеквадратического отклонения:

$$S = \sqrt{\frac{1}{23-1} [(45,27 - 38,3)^2 + (45,27 - 38,81)^2 + (45,27 - 39,29)^2 + (45,27 - 39,68)^2 + (45,27 - 40,47)^2 + (45,27 - 41,45)^2 + (45,27 - 41,93)^2 + (45,27 - 42,0)^2 + (45,27 - 43,8)^2 + (45,27 - 44,12)^2 + (45,27 - 44,46)^2 + (45,27 - 45,3)^2 + (45,27 - 46,31)^2 + (45,27 - 47,17)^2 + (45,27 - 47,9)^2 + (45,27 - 48,01)^2 + (45,27 - 48,74)^2 + (45,27 - 49,42)^2 + (45,27 - 49,58)^2 + (45,27 - 50,09)^2 + (45,27 - 50,66)^2 + (45,27 - 51,74)^2 + (45,27 - 52,04)^2]} = 4,41 \text{ сек.}$$

Вычисляем соотношение приемлемых результатов по формуле 4:

$$t_p = \frac{|\tau_i^* - \bar{\tau}_i|}{s} \quad (4)$$

$$t_p = \frac{|42,0 - 45,27|}{4,41} = 0,74$$

Значение коэффициента t_T при $P = 0,95$, определяем по таблице 2.

Таблица 2. Значения t_T в зависимости от количества проведенных экспериментов, при $P=0,95$

N	5	7	10	12	16	20	40	∞
t_T	3,0	2,7	2,4	2,3	2,2	2,1	2,0	1,96

В нашем случае $n = 23$, следовательно промежуточное значение t_T находим с помощью интерполяции:

$$t_{T2} = 2,1 + \frac{2,0 - 2,1}{40 - 20} \cdot (23 - 20) = 2,08$$

Расчетное значение t_p равно 0,74 меньше требуемого 2,08, следовательно 42,0 признается достоверным.

Аналогично были проверены значение 12 результата экспериментальных данных $\tau_i^* = 42,86$ сек и значение 13 результата $\tau_i^* = 43,5$ сек. Оба значения по результатам расчетов так же были признаны достоверными.

После исключения грубых ошибок измерений, вычисляем среднее значение времени и среднеквадратического отклонения по формулам 2 и 3 для 25 значений:

$$\bar{\tau}_1 = \frac{38,3 + 38,81 + 39,29 + 39,68 + 40,47 + 41,45 + 41,93 + 42,0 + 42,86 + 43,5 + 43,8 + 44,12 + 44,46 + 45,3 + 46,31 + 47,17 + 47,9 + 48,01 + 48,74 + 49,42 + 49,58 + 50,09 + 50,66 + 51,74 + 52,04}{25} = 45,1 \text{ сек.}$$

Вычисление значения среднеквадратического отклонения:

$$S = \sqrt{\frac{1}{25-1} [(45,1 - 38,3)^2 + (45,1 - 38,81)^2 + (45,1 - 39,29)^2 + (45,1 - 39,68)^2 + (45,1 - 40,47)^2 + (45,1 - 41,45)^2 + (45,1 - 41,93)^2 + (45,1 - 42,0)^2 + (45,1 - 42,86)^2 + (45,1 - 43,5)^2 + (45,1 - 43,8)^2 + (45,1 - 44,12)^2 + (45,1 - 44,46)^2 + (45,1 - 45,3)^2 + (45,1 - 46,31)^2 + (45,1 - 47,17)^2 + (45,1 - 47,9)^2 + (45,1 - 48,01)^2 + (45,1 - 48,74)^2 + (45,1 - 49,42)^2 + (45,1 - 49,58)^2 + (45,1 - 50,09)^2 + (45,1 - 50,66)^2 + (45,1 - 51,74)^2 + (45,1 - 52,04)^2]} = 4,54 \text{ сек.}$$

Определяем необходимое количества измерений по формуле 5:

$$n_{\text{тр}} = \frac{t^2 \cdot S^2}{\varepsilon^2} \quad (5)$$

где: t - коэффициент Стьюдента;

S - среднеквадратичное отклонение для достоверных измерений;

$\bar{\tau}_1$ - среднее время достоверных измерений;

ε - степень ошибки эксперимента.

$$n_{\text{тр}} = \frac{2,08^2 \cdot 4,54^2}{4,51^2} = 5$$

Определяем степень ошибки эксперимента по формуле 6 соответственно:

$$\begin{aligned} \varepsilon &= 0,1 \cdot \bar{\tau}_1 \\ \varepsilon &= 0,1 \cdot 45,1 = 4,51 \\ n_{\phi} &= 25 > n_{\text{тр}} = 5 \end{aligned} \quad (6)$$

В дальнейших математических расчетах используется $n_{\phi} = 25$ - количество измерений времени выполнения элемента, за исключением выскакивающих значений и результатов, используемых на основе элемента.

Определяем доверительный интервал, который вычисляется по формуле 7:

$$\begin{aligned} \Delta \bar{\tau}_1 &= \frac{t_{\alpha} \cdot S}{\sqrt{n_{\phi}}} \\ \Delta \bar{\tau}_1 &= \frac{2,08 \cdot 4,54}{\sqrt{25}} = 1,89 \text{ сек.} \end{aligned} \quad (7)$$

Определяем нормативные значения времени выполнения упражнения в целом по формуле 8:

$$\begin{aligned} \tau_{\text{н}} &= \bar{\tau}_1 \pm \Delta \bar{\tau}_1 \\ \bar{\tau}_1 &\text{ - хорошо; «4»} = 45,1 \text{ сек.} \\ \bar{\tau}_1 - \Delta \bar{\tau}_1 &\text{ - отлично; «5»} = 43,2 \text{ сек.} \\ \bar{\tau}_1 + \Delta \bar{\tau}_1 &\text{ - удовлетворительно; «3»} = 47,0 \text{ сек.} \end{aligned} \quad (8)$$

Применение полученных результатов при проведение учебных занятий позво-

лит объективно оценивать степень подготовленности курсанток и студентов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Методические рекомендации по организации и проведению занятий с личным составом газодымозащитной службы Федеральной противопожарной службы МЧС России. Утверждены главным военным экспертом МЧС России генерал-полковником П.В. Плат 30.06.2008, г. Москва.
2. Никишов С.Н., Баканов М.О. Разработка методики проведения тренировок с газодымозащитниками в задымляемом модуле многофункционального тренажерного комплекса подготовки газодымозащитников // Сборник материалов III Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Актуальные вопросы естествознания». Сост.: Н.Е. Егорова. 2018. С. 185-188.
3. Никишов С.Н., Баканов М.О. Разработка нормативов для оценки обучающихся при проведении тренировок в задымляемом модуле МФТК подготовки газодымозащитников // Актуальные вопросы совершенствования инженерных систем обеспечения пожарной безопасности объектов: сборник материалов V Всероссийской научно-практической конференции, Иваново, 19 апреля 2018 г. – Иваново: ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2018. – С. 326-333.
4. Никишов С.Н., Максимова А.А. Разработка дополнительных критериев оценки профессиональной подготовленности газодымозащитников // Молодые ученые - развитию Национальной технологической инициативы (ПОИСК). 2019. № 1. – С. 344-345.
5. Терехнев В.В., Грачев В.А. Основы научных исследований оперативно-тактических действий. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2012. – 288 с.

УДК 531:378

М. А. Ноздрин, А. Ю. Дмитрюк, М. Д. Кузьмичева

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

ПРЕЕМСТВЕННОСТЬ ПРЕПОДАВАНИЯ И НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ НА КАФЕДРЕ МЕХАНИКИ ИГЭУ (К СТОЛЕТИЮ КАФЕДРЫ)

Ключевые слова: История кафедры, методика преподавания, дисциплины, экспериментальная база, научные труды, исследования, студенческая научная работа.

Аннотация: Рассматриваются основные этапы становления кафедры теоретической и прикладной механики (ТиПМ) с 1918 по 2018 год. На протяжении 100 лет кафедра ТиПМ накопила большой опыт обучения студентов и опыт научно-исследовательской работы, в которой совместно участвуют научно-педагогические работники и студенты.

М. А. Nozdrin, A. Y. Dmitryuk, M. D. Kuzmicheva

CONTINUITY OF TEACHING AND RESEARCH AT THE DEPARTMENT OF MECHANICS (TO THE CENTENARY OF THE DEPARTMENT)

Keywords: History of the department, teaching methods, disciplines, experimental base, scientific papers, research, student scientific work.

Abstract: This article discusses the main stages of the formation of the Department of Theoretical and Applied Mechanics (TIPM) from 1918 to 2018. Over the course of 100 years, the Department of TIPM has accumulated experience in teaching students and research work, in which research and teaching staff and students participate together.

Год 2018 – юбилейный для Ивановского государственного энергетического университета (ИГЭУ): 100 лет назад учреждён Иваново-Вознесенский политехнический институт (ИВПИ), на базе которого впоследствии был создан вуз. С 1930 года Ивановский энергетический институт (ИЭИ) стал развиваться как самостоятельное высшее учебное заведение. ИЭИ превратился в крупный научный, образовательный и производственный центр, получил статус университета (1992г.).

Кафедра теоретической и прикладной механики берет свое начало с организации кафедры теоретической механики профессором Александром Ивановичем Некрасовым в 1918 году.

За 100 лет своего развития на кафедре ТиПМ дисциплина "Механика" не поменяла своих задач, а именно:

- изучение общих законов и методов исследования движения и взаимодействия материальных тел и механических систем;
- изучение методов исследования напряженно-деформированного состояния элементов конструкций с целью обеспечения их работоспособности;
- получение представления о методах исследования и проектирования механических устройств, основных стадиях выполнения конструкторской разработки; первичные навыки практического применения знаний механики при проектировании типовых устройств технологического оборудования.

На протяжении 100 лет кафедра ТиПМ накопила достаточно большой опыт обучения студентов. За это время менялось многое: преподаватели, студенты, образовательные дисциплины, учебный процесс. Методики преподавания механики, то есть способы совместной деятельности преподавателя и студента, направленные на достижение ими образовательных целей, требуют отдельного исследования. Осуществление преподавания требует знания и умелого использования разнообразных форм организации учебного процесса, их постоянного совершенствования и модернизации.

Во времена существования Иваново-Вознесенского политехнического института (ИВПИ) было несколько факультетов: текстильный, химический, механический, строительный, сельскохозяйственный, социально-экономический. Механический факультет впоследствии был реформирован в энергетический институт (1930) и имел подразделение на факультеты: инженерно-механический (1930), теплотехнический (1934), электротехнический (1934). Электротехнический факультет в 1956 г. был переименован в электромеханический (ЭМФ) [1].

В 1956 году в состав электромеханического факультета входило 5 кафедр, но подготовка инженеров велась по одной специальности – «Электрификация промышленных предприятий и установок».

Развитие машиностроения, модернизация текстильной и легкой промышленности вызвали быстрый рост числа специальностей и кафедр факультета. К 1980-м годам ЭМФ стал одним из крупнейших факультетов института. В 1992 году произошла

перестройка структуры института, в результате которой факультеты, в том числе и ЭМФ, претерпели значительные изменения [2].

ЭМФ был пионером в компьютеризации учебного процесса. Одним из первых факультет начал подготовку специалистов по договорам с промышленными предприятиями и организациями.

В настоящее время в состав факультета входят 6 кафедр: электромеханики, электропривода, электроники и микропроцессорных систем, технологии машиностроения, теоретической и прикладной механики, прикладной математики. Численность профессорско-преподавательского состава ЭМФ - 62 человека, в том числе 2 академик электротехнических наук и технологических наук РФ, 9 докторов наук, 15 профессоров, 43 кандидата наук, 51 доцента.

В наше время на кафедре ТиПМ основными профильными предметами направления "Механика и математическое моделирование" являются "Численные методы", "Математические модели в механике сплошной среды", "Теория упругости и пластичности", "Физико-механический практикум и вычислительный эксперимент", "Компьютерный инжиниринг", "Методы и техника экспериментальной механики", "Диагностика механических систем". Но фундаментом знаний любого механика - исследователя является теоретическая механика, сопротивление материалов, детали машин и основы механики сплошной среды.

Для магистратуры кафедры теоретической и прикладной механики преподаватели разработали несколько новых учебных курсов:

- динамические задачи механики деформируемого тела (доцент М. А. Ноздрин);
- вычислительная механика (доцент Л. Б. Маслов);
- вероятностно-статистические методы оценки прочности (доцент А. Б. Колобов);
- вибрационная диагностика механических систем (доцент Ф. Б. Огурцов).

Большую роль в образовательном процессе играет международное сотрудничество. В рамках консорциума EU4M осуществляется совместная магистерская программа по мехатронике, развивается сотрудничество с Высшей национальной школой механики и микротехники (ENSMM г. Безансон, Франция) в соответствии с соглашением о двойных дипломах.

Существенным плюсом в преподавании является то, что высшее образование тесно связывается с практической деятельностью. Студенты направляются на практику на производства, где вживую знакомятся с будущим возможным рабочим местом.

Научно-исследовательская работа, проводимая на кафедре всегда актуальна, т.к. преследует три основные цели:

- использование творческого потенциала для решения важнейших проблем;
- повышение квалификации преподавательского состава;
- повышение качества подготовки выпускаемых специалистов и магистров, что обеспечивается за счет совершенствования учебного процесса и активного участия студентов в научной деятельности.

Можно выделить важные исторические вехи в научной деятельности кафедры:

- 1920-е г. – проведение прикладных работ в области механики для текстильной и строительной отраслей экономики;
- 1933 г. – заведующим кафедрой сопротивления материалов утвержден Б. В. Лопатин, который руководил кафедрой по 1964 год. Б. В. Лопатин – автор

универсальной конструкции купола цирка в г. Иванове, оригинальная копия которого находится в музее искусств Щусева в Москве. Он также является автором таких проектов в г. Иванове как жилой дом для сотрудников Госбанка, Театральный (Банный) мост и т.д;

- 1970 г. – первый заключенный хозяйственный договор с Костромской ГРЭС на тему «Вибродиагностика и виброзащита четырех энергоблоков и фундаментов блоков 300 мВт;
- 1975 г. – профессор С. С. Кораблёв возглавляет кафедру теоретической и прикладной механики, объединившую кафедры теоретической механики, сопротивления материалов и деталей машин;
- 1987 г. – открытие проблемной научно-исследовательской лаборатории (ПНИЛ) «Вибродиагностика и виброзащита машин»;
- 1995 г. – открытие межвузовской научно-исследовательской лаборатории (МНИЛ) «Биомеханика»;
- 2013 г. - первая защита кандидатской диссертации выпускником кафедры: Борис Шептунов «Моделирование контактного взаимодействия твердого тела с регулярным рельефом и вязкоупругого основания» (научный руководитель доцент кафедры ТиПМ М. А. Ноздрин).
- 2011 г. – доцент Л. Б. Маслов становится заведующим кафедрой ТиПМ;
- 2016 г. – к обязанностям декана ЭМФ приступила доцент кафедры ТиПМ Л. Н. Крайнова.

В настоящее время на кафедре активно развиваются следующие научные направления:

- математическое моделирование мультифизических систем;
- трибологические исследования в контактной задаче деформируемых тел;
- компьютерный инжиниринг в энергетике и машиностроении;
- динамические измерения и испытания;
- экспериментальное и теоретическое исследование материалов со свойством памяти формы.

Преимственность в научной работе и преподавательской деятельности кафедры теоретической и прикладной механики позволяет сохранить все лучшее, что было достигнуто за предыдущие годы, и поступательно двигаться к успеху.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. А. С. Сироткин [и др.], ИГЭУ всегда в движении 1918-2015/, под общ. ред. Т.Б. Котловой, редкол.: С.В.Тарарыкин [и др.].-Иваново, Референт, 2015. 200с.
2. М.А.Ноздрин, Преимственность традиций кафедры/ М.А. Ноздрин, В.И. Шапин// Традиции русской инженерной школы: вчера, сегодня, завтра: сб.научн.ст. по проблемам высшей школы/под ред. А.Н. Ткачева; Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова.- Новочеркасск: ЮРГПУ (НПИ), 2015.-234с.

УДК 531:623.746.-519

М. А. Ноздрин, Г. В. Долунц

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

АВИАМОДЕЛЬ БЕСПИЛОТНОГО АППАРАТА ДЛЯ МОНИТОРИНГА МЕСТНОСТИ

Ключевые слова: Авиамодель, компьютерное моделирование.

Аннотация: Решается задача компьютерной разработки и изготовления авиамодели беспилотного летательного аппарата для мониторинга местности.

M.A. Nozdrin, G.V. Dolunts

AIRCRAFT MODEL OF UNMANNED VEHICLE FOR MONITORING TERRAIN

Keywords: Aircraft model, computer modeling.

Abstract: The task of computer development and production of aircraft model of unmanned aerial vehicle for monitoring the terrain is being solved.

Беспилотные летательные аппараты показали, что они могут на уровне самолетов и вертолетов выполнять узкоспециализированные задачи. С их помощью можно обследовать индекс урожайности посевов и обнаружить участки, где могут произойти пожары, изучить здания и сооружения, создавать ортофотопланы и 3D модели местности.

Целью проекта является компьютерная разработка авиамодели беспилотного аппарата с размахом крыла 1200 мм, изготовление и проведение лётных испытаний. Беспилотный летательный аппарат позволит выполнять полёты длительностью до 15 минут.

Немного истории: в 1963-м году за разработку самолета-пожарного взялись специалисты фирмы «Кэнэдэйр». Рассматривалось несколько вариантов. Наиболее полно отвечал техническому заданию проект большого двухпоплавкового гидросамолета CL-204, выполненного по двухбалочной схеме. В качестве силовой установки предусматривались четыре двигателя конструкции Ванкеля. При всех своих "противопожарных" достоинствах проект получился узкоспециализированным - использование амфибии в качестве поисково-спасательной или патрульной не предполагалось. Окончательный проект предусматривал постройку летающей лодки классической схемы несколько меньшей по размерам, чем CL-204, с двумя двигателями на высоко-расположенном прямом крыле. Основное назначение машины - борьба с лесными пожарами, а также перевозка людей и грузов, поисково-спасательные операции и патрулирование прибрежной экономической зоны [1].

На основании чертежей самолета нами разработана собственная авиамодель, которая относится к классу F4C. В качестве прототипа выбран CL 215, так как данная летающая лодка обладает высокой устойчивостью на водной поверхности [2].

Принцип работы двухмоторной авиамодели состоит в том, что винты, нагоняющие воздушный поток на крыло, управляются парными синхронными двигателями и вращаются в разные стороны.

Работу двигателей обеспечивают регуляторы оборотов и литий-полимерный аккумулятор. Посредством приемника управляющая плата получает сигналы от передатчика в виде пульта управления. Пультом управляет пользователь, находящийся на расстоянии до 2000 м от аппарата в открытом пространстве и до 800 м в черте города, где могут возникать сильные помехи для работы на частоте 2.4 ГГц. Сигнал, подаваемый от аппаратуры, дает команду управляющему блоку, а он усиливает или ослабляет работу двигателей. Для управления элеронами, закрылками и рулем высоты используются 9-ти граммовые сервоприводы, подключенные в свободные каналы приемника. Схема поворота самолета вправо и влево использует разные тяги на двигателях, например, при повороте направо мощность правого двигателя уменьшается, а левого – увеличивается. Такая схема позволяет сэкономить вес, снизить энергопотребление общей электрической схемы и освободить канал для подключения дополнительного оборудования. Для того, чтобы компенсировать воздействие сильного ветра и исправлять ошибки пилота во время управления, на борту авиамодели устанавливается стабилизатор полта, который вносит корректировки.



Рис. 1. Конструирование фюзеляжа авиамодели из бальзы

Разработка авиамодели начинается с создания чертежа, чтобы изготовить отдельные детали и узлы из пробкового дерева бальзы (рис.1). Преимущество данного материала заключается в низкой удельной плотности, но главный недостаток – гигроскопичность, что накладывает некоторые ограничения на всю конструкцию беспилотника (большая часть взлетов и посадок проходит на водной поверхности).

Проведены лабораторные испытания для определения прочностных характеристик пробкового дерева бальзы, являющегося основным конструкционным материалом модели.

Для испытания изготовлены три образца из бальзового листа длиной 80 мм сечением 30x1.5 мм. Испытания на растяжение проводились на стенде System Test УТС101-10.

В ходе проведения испытания получены следующие данные:

- максимальная нагрузка - 182.7Н, 656.8Н, 759.9Н.
- предел прочности – 5.5МПа, 20МПа, 23МПа.

По результатам испытаний материалов делается вывод о том, что первый образец показал хрупкие свойства, второй и третий образцы представляются билинейной моделью материала (рис. 2).

Для аналитических и компьютерных расчетов модели принимается наименьшее значение предела прочности 5.5 МПа.

Создание 3D модели начинается с проектирования фюзеляжа. Разрабатывается внутренняя компоновка для размещения литий-полимерного аккумулятора, приемника, стабилизатора полёта и полётного контроллера для выполнения автономных полетов.



Рис. 2. Вид образцов после разрушения

После проектирования фюзеляжа создается плоскость крыла в виде конструкции, состоящей из лонжеронов и нервюр. В итоге получается 3D модель, которая используется для выполнения прочностных исследований в программном комплексе SolidWorks. Для придания дополнительной жесткости конструкции добавляются элементы обшивки (рис. 3).

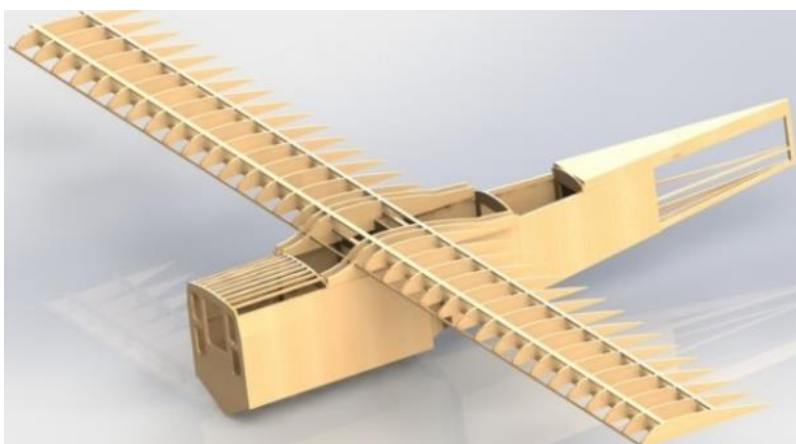


Рис.3. 3D модель беспилотного летательного аппарата

По результатам компьютерного проектирования изготовлена авиамодель беспилотного летательного аппарата. Особенностью этой модели являются компактные размеры (размах крыла 1200мм) и малое время подготовки к полёту (не более 1 минуты).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. <http://www.airwar.ru/enc/sea/cl215.html>
2. Мхитарян А.М. Аэродинамика – М.: Машиностроение. – 1970. – 448 с.

УДК 534.2:621.37/39 (075)

Ф. Б. Огурцов, А. Б. Колобов

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

БАЛАНСИРОВКА АСИНХРОННЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ С УЧЕТОМ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ СИЛ

Ключевые слова: Балансировка, вибрация, дисбаланс, электромагнитная сила.

Аннотация: Представлена методика балансировки асинхронных электродвигателей на заключительном этапе с учетом вибрации от электромагнитных сил. Приведены результаты расчетов по экспериментальным данным.

F. B. Ogurtsov, A. B. Kolobov

BALANCING ASYNCHRONOUS ELECTRIC MOTORS WITH CONSIDERATION OF ELECTROMAGNETIC FORCES

Keywords: Balancing, vibration, imbalance, electromagnetic force.

Abstract: A technique for balancing asynchronous electric motors at the final stage is presented, taking into account vibration from electromagnetic forces. The results of calculations based on experimental data are presented.

Балансировка роторных машин (насосов, вентиляторов и т.д.) как заключительный этап при их монтаже или ремонте является операцией, существенно определяющей их эксплуатационную надежность.

Для роторных машин на базе асинхронных электродвигателей (АЭД) процедура балансировки имеет свою специфику, связанную с наличием вибрации с частотой вращения магнитного поля. Данный вид вибрации вызван электромагнитной силой (ЭМС) одностороннего притяжения ротора к статору и возникает при любой несимметрии магнитного поля ротора, которая в той или иной степени всегда присутствует в АЭД. Механическое воздействие ЭМС такое же, что и для центробежной силы (ЦС) от дисбаланса, однако частоты вращения векторов ЦС и ЭМС различаются на частоту скольжения ротора. В результате, как показано на рис. 1, в системе координат $X-Y$, вращающейся вместе с ротором, мгновенный вектор вибрации V является геометрической суммой векторов вибрации V_d , вызванном ЦС и неподвижном относительно ротора, и V_m , вызванном ЭМС и медленно поворачивающемся относительно ротора с угловой скоростью ω , равной скорости скольжения ротора.

Поскольку частота скольжения не превышает долей герц, разделение векторов ЦС и ЭМС в типовой балансировочной аппаратуре технически не реализуемо. В результате показания величины и угла вектора вибрации V и φ меняются от измерения к измерению, что становится существенным на заключительных этапах балансировки.

На практике относительно малая вибрация V_m определяет порог вариаций V и φ , за которым дальнейшая балансировка становится невозможной. Как пример, в таблице приведены результаты измерений, на основании которых нельзя далее провести балансировку из-за большого разброса показаний.

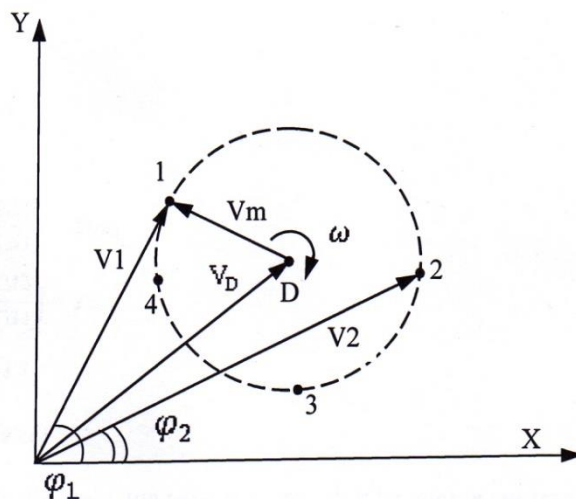


Рис. 1. Векторная диаграмма результатов измерений

Таблица. Результаты измерений вектора дисбаланса

№	1	2	3	4	5	6
V, мкм	24	26	32	40	38	8
φ, град	82	84	93	115	145	112

Целью данной работы является разработка методики анализа полученных результатов измерений для определения величины и угла вектора дисбаланса.

Математически задачу можно формализовать следующим образом. Имеется N результатов измерения V и φ , полученных при наличии случайной погрешности при измерениях.

На векторной диаграмме результаты измерений являются точками, расположенными приблизительно на окружности с центром в точке D и описываются уравнением

$$(Y_n - Y_D)^2 + (X_n - X_D)^2 = R^2 + \Delta_n ,$$

где X_D и Y_D – координаты точки D,

$Y_n = V_n \sin \varphi_n$, $X_n = V_n \cos \varphi_n$ – координаты результатов измерений,

R – радиус окружности,

Δ_n – случайная погрешность измерения.

Требуется дать оценку значений X_D и Y_D .

При решении задачи путем использования классического регрессионного анализа возникают проблемы. Даже при использовании простейшего критерия наименьших квадратов задача сводится к поиску минимума функционала

$$F = \sum_n (R^2 - (Y_n - Y_D)^2 - (X_n - X_D)^2)^2$$

и решению системы уравнений

$$\frac{\partial F(R, Y_D, X_D)}{\partial R} = 0, \quad \frac{\partial F(R, Y_D, X_D)}{\partial Y_D} = 0, \quad \frac{\partial F(R, Y_D, X_D)}{\partial X_D} = 0.$$

Данная система сводится к системе из двух кубических уравнений с двумя неизвестными, имеющая несколько различных вещественных вариантов решения, и дальнейший выбор правильного ответа может вызвать затруднения.

Кроме того, полученные оценки будут несмещенными только в том случае, если результаты измерений расположены по окружности строго равномерно, что при небольшом количестве измерений практически невозможно.

В связи с этим предлагается альтернативный алгоритм обработки данных, основанный на использовании взвешенного усреднения.

Исходный массив данных из N результатов измерения может быть преобразован в матрицы $X_{j,k}$ и $Y_{j,k}$ размером $3 \times K$, где K – количество возможных сочетаний по 3 элемента

$$K = \frac{N!}{3!(N-3)!},$$

тогда возникает K систем из трех уравнений вида

$$(Y_{j,k} - Y_{Dk})^2 + (X_{j,k} - X_{Dk})^2 - R_k^2 = 0,$$

где $j=0,1,2$.

Каждая система дает единственное решение, которое является уникальным вследствие наличия помехи измерения. В результате получаются массивы решений X_k и Y_k , и далее оценки значений X_D и Y_D могут быть получены путем взвешенного усреднения.

Необходимость взвешивания обусловлена тем, что влияние погрешности измерения существенно зависит от геометрического расположения точек, образующих столбцы матриц, на окружности.

Очевидно, что влияние погрешности минимально при расположении точек в виде равнобедренного треугольника, и максимально, если точки сгруппированы в узком секторе. В связи с этим, возможным вариантом выбора весового коэффициента является произведение квадратов геометрических расстояний между точками:

$$W_k = ((Y_{0,k} - Y_{1,k})^2 + (X_{0,k} - X_{1,k})^2) * ((Y_{1,k} - Y_{2,k})^2 + (X_{1,k} - X_{2,k})^2) * (Y_{2,k} - Y_{0,k})^2 + (X_{2,k} - X_{0,k})^2$$

Тогда искомые оценки значений X_D , Y_D вычисляются как

$$X_D = \frac{\sum_k X_k W_k}{\sum_k W_k};$$

$$Y_D = \frac{\sum_k Y_k W_k}{\sum_k W_k}.$$

Данный алгоритм был опробован для исходных данных из табл. 1. Результаты расчетов представлены на рис. 2.

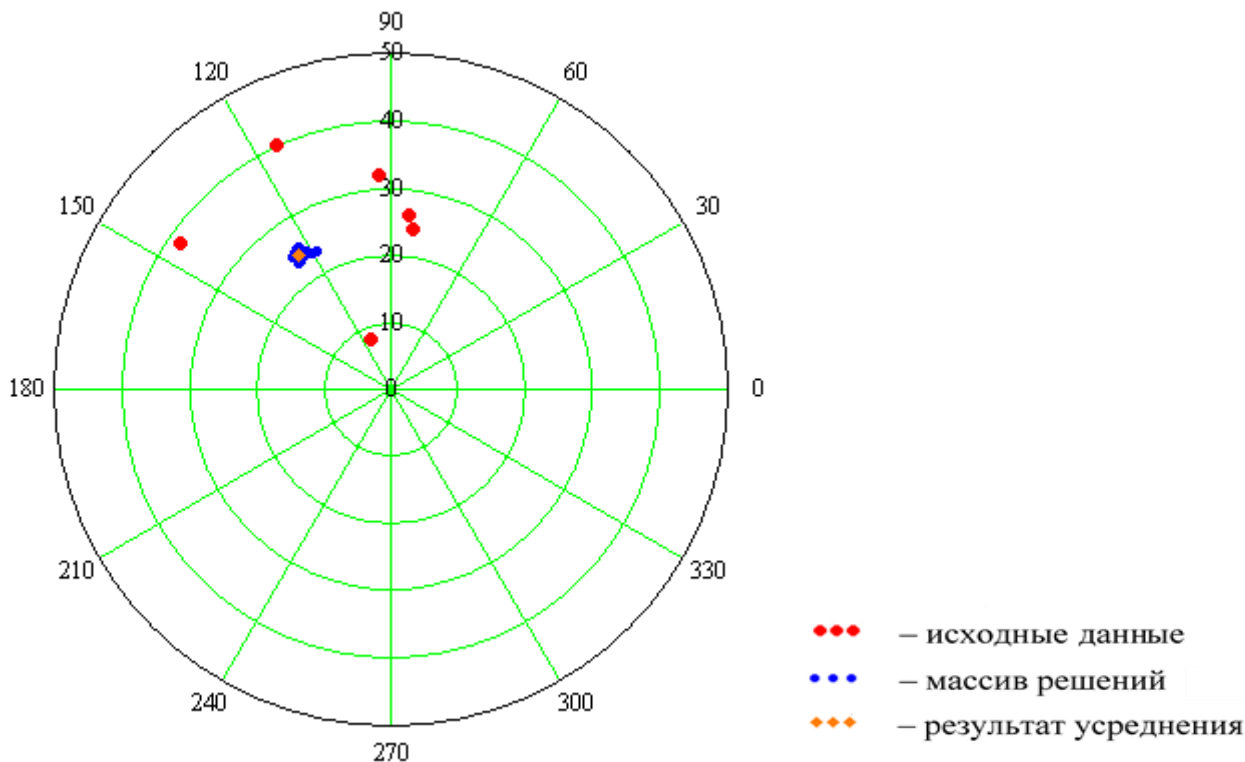


Рис. 2. Векторная диаграмма результатов расчетов

Как видно из диаграммы (рис. 2), даже при ограниченной выборке исходных данных, сосредоточенных в секторе порядка половины окружности, в результате усреднения положение центра окружности определяется достаточно точно, и проведение дальнейшей балансировки становится методически возможным.

Таким образом, данная методика может использоваться на практике на заключительных этапах балансировки АЭД в собственных опорах.

УДК 621.3.019.3 + 681.518

А. А. Патикин, Н. А. Кропотова

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

ПРОЕКТИРОВАНИЕ НОЖНИЧНОГО ПОДЪЕМНИКА ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ РЕМОНТНЫХ РАБОТ ПОЖАРНОЙ ТЕХНИКИ

Ключевые слова: Ножничный подъемник, ремонт пожарной техники, оборудование для осуществления ремонта, гидроцилиндр.

Аннотация: В данной статье проектируется ножничный подъемник для обеспечения ремонтных работ пожарной техники. Ремонтное оборудование является актуальной темой при осуществлении диагностических, осмотровых и ремонтных работ. Авторами приводится

структурный и кинематический анализ, предварительный и проверочный расчет на прочность и устойчивость предлагаемого ножничного подъемника с гидроцилиндром.

A.A. Patikin, N.A. Kropotova

DESIGNING A SCISSOR LIFT FOR THE REALIZATION OF REPAIR WORKS OF FIRE FIGHTING EQUIPMENT

Keywords: Scissor lift, fire equipment repair, equipment for repair, hydraulic cylinder.

Abstract: In this article, a scissor lift is designed to provide repair work for fire equipment. Repair equipment is a topical topic in the implementation of diagnostic, inspection and repair work. The authors provide structural and kinematic analysis, preliminary and verification calculations for the strength and stability of the proposed scissor lift with a hydraulic cylinder.

Одной из главных задач в области обеспечения пожарной безопасности является переоснащение подразделений МЧС России современными техническими средствами, техникой, а также совершенствование пожарной техники и пожарнотехнического оборудования. Поскольку износ парка аварийно-спасательной и пожарной техники пожарно-спасательных подразделений ФПС ГПС достигает 70% [1]. Имеющаяся пожарная техника требует особого внимания для поддержания ее в исправном состоянии, проведения ремонта и технического обслуживания. Как правило, узлы изнашиваются быстрее, чаще вызывают необходимость проведения текущих ремонтов. Пожарная техника, как и любая другая, нуждается в современном и качественном техническом обслуживании [2]. Бесперебойная работа узлов и агрегатов пожарного автомобиля является залогом безопасности общества и защиты от пожаров.

Как правило, мелкий ремонт и текущий осуществляется при техническом обслуживании пожарных автомобилей и производится в пожарных депо. Спектр выполняемых работ достаточно многообразен. Это работы по замене смазок и масел, регулировка и настройка различных механизмов, обслуживание мостов и так далее. Выполнение этих работ требует не только соответствующих навыков, но и различных приспособлений.

Сегодня на рынке присутствует достаточно широкий перечень разнообразного инструмента и приспособлений для проведения пожарной техники. На наш взгляд одним из востребованных видов оборудования является ножничный подъемник (рис. 1).



Рис. 1. Разновидность ножничных подъемников: передвижные – а; стационарные – б, в

Исследуя достоинства и недостатки представленных подъемных механизмов, приходим к необходимости проектирования стационарного подъемника на основе ножничного механизма с гидроцилиндрами (рис. 2).

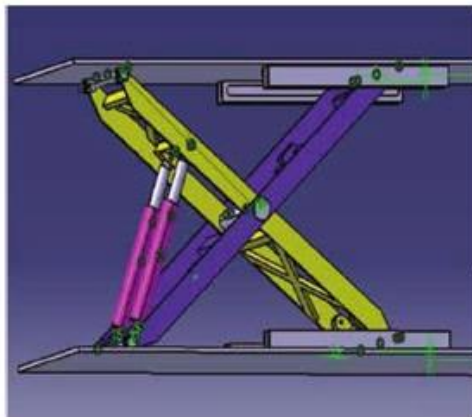


Рис. 2. Модель ножничного подъемника с двумя гидроцилиндрами

Проведенный структурный анализ предлагаемого механизма, показал, что $W = 1$, механизм работоспособен, лишних звеньев не имеет (рис. 3).

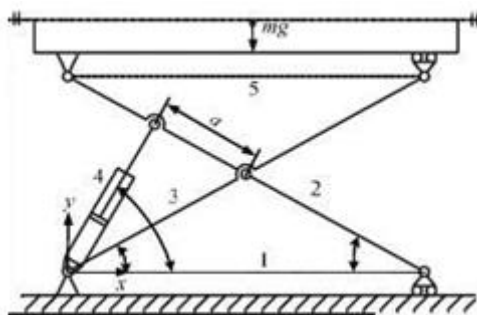


Рис. 3. Структурная схема ножничного подъемника

Далее проводился кинематический анализ, на основании которого можно сделать вывод, что рекомендуемая скорость механизма для подъема груза подъем – 0,15; для опускания – 0,10; линейная скорость составила 0,15 м/с.

Основная характеристика по грузоподъемности данного устройства установим равную 0,7 т, взяв за основу один вес двигателя пожарного автомобиля с учетом коэффициента безопасности. Конструкция гидроцилиндра должна обеспечивать надежную и бесперебойную работу с заданными технико-экономическими показателями и удовлетворять требованиям техники безопасности. Проектирование гидроцилиндра, используемого в подъемно-транспортных машинах или тележках производим с учетом режимов их работы.

Предварительный расчет начинаем с характеристики гидроцилиндра: одноштоковый гидроцилиндр, подбираем диаметр поршня и штока: учитывая усилие приходящее на шток (нагрузка 630 кН) при усилии в штоке $6,0-10,0 \text{ кг/м}^2$, давление в гид-

роцилинде 120-150 кгс/см², диаметр штока – 120....150 мм. В таблице приведены основные расчетные данные гидроцилиндра.

Таблица. Основные характеристики гидроцилиндра

Диаметр, мм		Максимальное усилие, кН	Ход штока, мм
цилиндр	шток		
100	50	80	1200

Проверочный расчет гидроцилиндра начинаем с определения давления в рабочей полости: $P_{\text{дв}} = 7,6 \text{ МПа}$, тогда для реализуемой системы давление составит $\Delta P_{\text{дв}} = P_{\text{дв}} = 7,6 \text{ МПа}$. Если учесть, что коэффициент запаса прочности по усилию составит 1,2, то коэффициент асимметрии $\chi = d_{\text{ш}} / D = 0,6$.

Затем проводим расчет гидроцилиндра на прочность и устойчивость. Т.к. обычно не удастся полностью избежать ударов и сотрясений при работе гидросистемы, расчет ведется по максимальному давлению, которое на 20-30 % превышает рабочее, рис. 4.

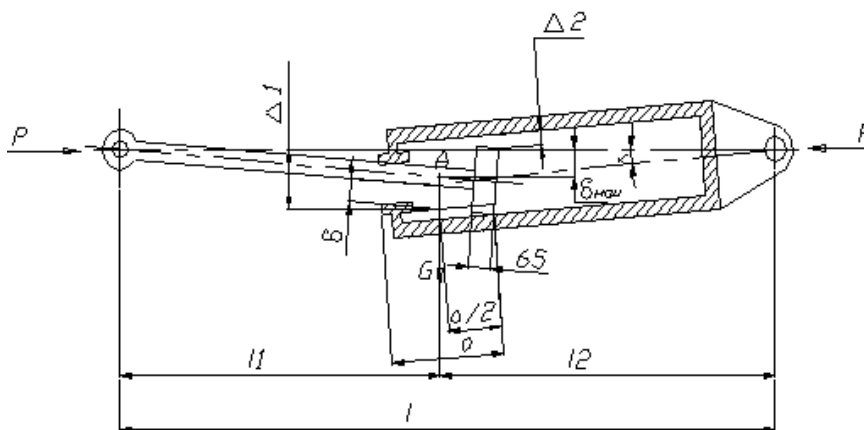


Рис. 4. Расчетная схема гидроцилиндра на устойчивость

При определении устойчивости заложили запас устойчивости по критической силе 2,8, при этом получили, что условие устойчивости $P_{\text{кр}} > T_{\text{T}}$ – выдержано, т.к. составило соответственно 1181кН > 421 кН.

Для металлоконструкций применим профильную низколегированную сталь. Допустимое напряжение при расчете металлоконструкций для стали марки 65 Г (термообработка М45) принимается 230-260МПа, на изгибающую прочность 330 МПа, на кручение 260 МПа, на срез 210 МПа, на смятие 760 МПа. Профиль стали выберем исходя из геометрической формы поперечного сечения (квадрат) и фасонную (швеллеры).

Таким образом, спроектированный подъемник ножничного типа будет незаменимым помощником при организации и проведении ремонтных работ пожарной техники.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Моисеева Е.Ю., Бурушкин А.И., Вагин А.А., Кропотова Н.А. Улучшение проходимости робототехнических машин путем выбора движителя // Сборник материалов IX Всероссийской научно-практической конференции «Надежность и долговечность машин и механизмов». Иваново: ИПСА ГПС МЧС России, 2018. - С. 156-160.
2. Зарубин В.П., Пучков П.В., Покровский А.А., и др. Повышение долговечности трансмиссий пожарных автомобилей улучшением смазочных материалов // Материалы Международной (XX Всероссийской) научно-технической конференции «Состояние и перспективы развития электро- и теплотехнологии (Бенардосовские чтения)». Иваново: ИГЭУ, 2019. - С. 253-255.
3. Парфенова А.И., Моисеева Е.Ю., Жеребцова М.А., Кропотова Н.А., Топоров А.В. Совершенствование устройства для омагничивания нефтепродуктов // Сборник материалов IX Всероссийской научно-практической конференции «Надежность и долговечность машин и механизмов». – Иваново: ИПСА ГПС МЧС России, 2018.- С. 549-553.
4. Топоров А.В., Кропотова Н.А., Колобов М.Ю. Исследование влияния магнитной жидкости на трение эластомерного материала по металлу // Современные наукоемкие технологии. Региональное приложение. – Иваново: ИГХТУ, 2017. № 2 (50). - С. 86-90.
5. Леушин Е.Н., Кропотова Н.А. Моделирование робототехнического комплекса для мониторинга и ликвидации аварийного пролива нефтепродуктов с поверхности воды // Сборник статей по материалам VIII Всероссийской научно-практической конференции «Мониторинг, моделирование и прогнозирование опасных природных явлений и чрезвычайных ситуаций». – Железногорск: СПСА ГПС МЧС России, 2018. - С. 125-127.

УДК 629.3.07

А. А. Печурин, А. И. Преснов, Д. Б. Надвидов

ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

ПРИМЕНЕНИЕ ПОДЪЕМНОГО ОБОРУДОВАНИЯ ПРИ ТЕХНИЧЕСКОМ ОБСЛУЖИВАНИИ И РЕМОНТЕ АВТОТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

Ключевые слова: Подъемное оборудование, характеристики и анализ применения электрогидравлических подъемников повышенной грузоподъемности.

Аннотация: Приведен анализ применения подъемного оборудования для производства работ по техническому обслуживанию и ремонту автотранспортных средств. Показаны характеристики, преимущества, основные составные части и анализ применения электрогидравлических автомобильных подъемников.

A. A. Pechurin , A. I. Presnov, D. B. Nadmitov

USE OF LIFTING EQUIPMENT FOR MAINTENANCE AND REPAIR OF MOTOR VEHICLES

Keywords: lifting equipment, characteristics and analysis of the use of electrohydraulic lifts of increased load capacity.

Abstract: The analysis of application of the lifting equipment for production of works on maintenance and repair of motor vehicles is resulted. The characteristics, advantages, main components and analysis of the application of electrohydraulic car lifts are shown.

Конструкции современных базовых шасси пожарно-спасательных автомобилей, существенные изменения в технологии технического обслуживания и ремонта автомобильной техники определяют необходимость модернизации и совершенствования производства в Ремонтно-технических центрах (РТЦ) ГПС МЧС, в автообслуживающих организациях.

В основе модернизации и совершенствования производства работ по техническому обслуживанию (ТО) и ремонту (Р) автотранспортных средств - внедрение новых эффективных форм и методов технического обслуживания и ремонта, механизации и автоматизации производственных процессов с применением современного высокопроизводительного технологического оборудования и инструмента.

Одним из определяющих и эффективных средств, непосредственно влияющих на организацию и качественное выполнение работ по ТО и ремонту, повышение производительности труда в РТЦ, является широкое применение подъемного оборудования.

Необходимость совершенствования и разработки эффективных конструкций данного оборудования обусловлена возможностью значительного повышения производительности (по данным НИИАТа до 25%) и условий труда при выполнении работ ТО и Р.

Все более широкое применение для постов по ТО и Р получают подъемники, их применение позволяет обеспечить:

- достаточно удобный доступ к агрегатам, узлам автомобиля;
- повышение производительности труда;
- возможность поднятия на необходимую высоту и установки автомобиля на любом высотном уровне;
- возможность изменять технологический маршрут ТО и ремонта;
- обеспечение эргономических требований современного производства работ по ТО и Р;
- обеспечение высокого уровня санитарно-гигиенических условий труда и мер безопасности производства работ.

Широкое применение в автообслуживающих предприятиях получили стационарные как 2-х стоечные, так и 4-х стоечные подъемники.

Проведенный сравнительный анализ применения подъемников различных конструкций показывает существенные преимущества электрогидравлических подъемников:

- бесшумность и плавность хода;
- экономия электроэнергии;
- высокая скорость работы на подъем и опускание;
- простота конструкции и технического обслуживания;
- возможность установки на 4-х стоечные подъемники дополнительных осевых подъемных устройств (траверс);
- имеют «чистый пол» и высокий уровень санитарно-гигиенических условий;

- высокая степень безопасности применения (установка замков безопасности и другие решения).

Решение при выборе подъемников предусматривает определение:

- грузоподъемности подъемника и устойчивости поднимаемого автомобиля;
- скорости и высоты подъема;
- габаритов обслуживаемых автомобилей;
- технологии применения подъемного оборудования в технологических процессах работ на постах ТО и Р.

Исходя из параметров технических характеристик (масса, габариты, доступность к агрегатам и узлам) автомобильной техники наибольшее применение находят 4-х стоечные электрогидравлические подъемники грузоподъемностью от 4 до 6 тонн как отечественного, так и зарубежного (POWERREX SL-6000 и другие модели) производства.

Относительно новыми являются конструкции подъемников повышенной грузоподъемности от 12 до 20 тонн как отечественного, так и зарубежного (BendPak и другие модели) производства. Конструкции данных подъемников показывают хорошие эксплуатационные характеристики работы их узлов и систем.

Вместе с этим, опыт эксплуатации электрогидравлических подъемников повышенной грузоподъемности показывает, что ресурс работы некоторых высоконагруженных узлов (подвижных сопряжений) недостаточен и не намного превышает гарантийный срок, что вызывает поиск и приобретение у дилеров (фирм-производителей) заменяемых деталей или узлов, что вызывает материальные затраты.

В тоже время необходимо отметить, что появление в настоящее время на рынках широкого диапазона размеров прецизионных труб, фирм-производителей гидронасосов, гидроцилиндров, уплотнений (манжет) для гидравлических систем позволяет поддерживать работоспособность, а при необходимости и проведение модернизации конструкций электрогидравлических подъемников.

К основным элементам конструкции подъемников данного типа, относятся / 3 /:

- силовой узел (электродвигатель, гидравлический насос, емкость для масла и пульт управления), устанавливаемый, как правило, на кронштейне к одной из стоек подъемника;

- четыре стойки, две подъемные перекладки, две подъемные платформы;
- гидроцилиндр, расположенный под одной из подъездных платформ;
- система тросов, блоков и шкивов;
- замки безопасности, пневматическая или другая система, управляющая работой подъемника.

Исходными данными для подбора, при необходимости и расчета основных элементов электрогидравлических подъемников являются [1]:

1. По силовому гидроцилиндру: диаметр и толщина стенок гидроцилиндра, рассчитываемые в зависимости от номинального давления и создаваемого гидроцилиндром движущего усилия.

2. По гидронасосу: расход рабочей жидкости и рабочее давление в гидроцилиндре.

3. По тросам: минимальный диаметр тросов в зависимости от статического и динамического натяжения троса

4. По подшипникам скольжения для высоконагруженных силовых узлов: износостойкость, сопротивлению изнашиваемости и заеданию при перегреве.

Высокие радиальные нагрузки, низкая скорость вращения шкивов, требования к минимизации размеров узлов предопределяют применение в конструкциях подшипников скольжения [2].

Оценку износостойкости проводят по среднему давлению (P), которое гарантирует невыдавливаемость смазки и удельной работе ($P \cdot V$), определяющей тепловой режим (нагрев) и отсутствие заедания подшипника

В конструкциях триботехнических узлов из материалов в основном применяется сталь и бронза. От свойств (твердость, шероховатость поверхности, др.) данных материалов, присутствия смазочного материала в зоне контакта поверхностей прямо зависит ресурс работы трибосопряжения. Допускаемые значения среднего давления (P), и удельной работы (PV) в этих сопряжениях, находятся в пределах [2]:

сталь по бронзе, $P = 4 \dots 6$, МПа; $P \cdot V = 4 \dots 6$, МН·м/м²·с

сталь закаленная, $P = 15 \dots 20$, МПа; $P \cdot V = 8 \dots 12$, МН·м/м²·с

сталь по чугуну, $P = 2 \dots 4$, МПа; $P \cdot V = 1 \dots 3$, МН·м/м²·с

По проведенным расчетам работа данных трибосопряжений в 4-х стоечных подъемниках повышенной грузоподъемности (от 12 до 20 т) характеризуется высокими удельными давлениями, превышающими 20 МПа, что обусловлено увеличенной нагрузкой и возникающей при подъеме циркулирующей мощности по стойкам подъемника.

Обеспечение же приемливаемого ресурса данных узлов в таких условиях является актуальной задачей для производителей как электрогидравлических подъемников так и другого аналогичного подъемного оборудования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кузьмин А.В. Справочник по расчетам механизмов подъемно-транспортных машин. Справочник. Минск. Высш. школа, 1983г. - 350с
2. Крагельский И.В., Добычин М.Н., Комбалов В.С. Основы расчетов на трение и износ - М.: Машиностроение, 1977
3. Официальный сайт представителя BendPak в России. Руководство по эксплуатации четырехстоечного подъемника Bend-Pak HDS-40 [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://www.bendpak.ru> (дата обращения 16.10.2019).

УДК 621

И. В. Пономарев, В. В. Киселев

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

АНАЛИЗ ПАРКА ПОЖАРНОЙ ТЕХНИКИ ГОРОДА УЛЬЯНОВСК И РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОВЫШЕНИЮ ЕЕ НАДЕЖНОСТИ

Ключевые слова: Пожарный автомобиль, надежность, техническое обслуживание

Аннотация: В статье проведен анализ парка пожарных автомобилей на примере города Ульяновск. Определен средний возраст автомобильной техники. Для повышения

надежности существующего парка пожарных автомобилей предложено обратить внимание на организацию ее технического обслуживания. Как известно, в настоящее время актуальной задачей современного машиностроения является именно рациональное применение смазочных материалов, которые определяют во многих случаях работоспособность и долговечность машин. В работе обосновывается необходимость повышения качества технического обслуживания пожарной техники и качества расходных материалов и комплектующих.

I. V. Ponomarev, V. V. Kiselev

ANALYSIS OF THE FIRE EQUIPMENT PARK OF THE CITY OF ULYANOVSK AND RECOMMENDATIONS FOR IMPROVING ITS RELIABILITY

Keywords: Fire truck, reliability, maintenance

Abstract: The article analyzes the fleet of fire trucks using the example of the city of Ulyanovsk. The average age of automotive vehicles is determined. To increase the reliability of the existing fleet of fire engines, it is proposed to pay attention to the organization of its maintenance. As you know, the current task of modern engineering is the rational use of lubricants, which in many cases determine the performance and durability of machines. The paper substantiates the need to improve the quality of technical maintenance of fire fighting equipment and the quality of consumables and components.

На вооружении подразделений пожарной охраны по охране г. Ульяновска по состоянию на 2017 год состояло 78 единиц пожарной техники, из них: 53 основного и 25 специального назначения. В боевом расчете по г. Ульяновску находятся 22 автоцистерны и 9 автомеханических лестниц, в резерве: АГ, АКП, УКС-400, АСО, ПНС, АР и АДР.

Более наглядно структура парка основных и специальных пожарных автомобилей показана на рис. 1, 2, 4.



Рис. 1. Структура парка основных и специальных ПА г. Ульяновска

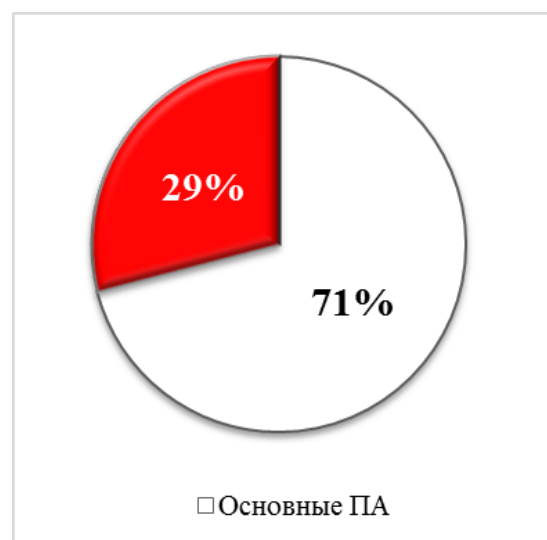


Рис. 2. Структура боевого расчета основных и специальных ПА г. Ульяновска

На вооружении подразделений местных гарнизонов пожарной охраны состоит 95 пожарных автомобилей, из них 84 основного и 11 специального назначения (рис. 3).

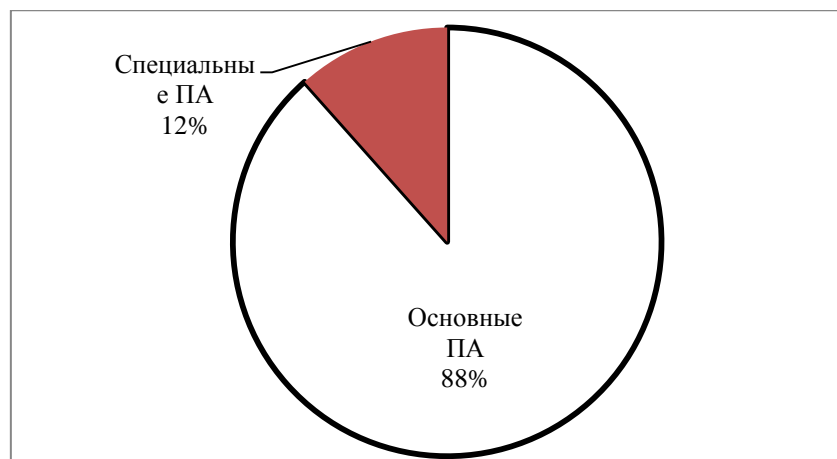


Рис. 3. Структура парка основных и специальных ПА Ульяновской области

С 2014 по 2017 годы изменился качественный и количественный состав парка пожарных автомобилей. В подразделениях ГПС по охране Ульяновской области в 2014 году произошло уменьшение количества пожарных автомобилей, что явилось следствием оптимизации количества пожарных автомобилей, стоящих в резерве. В указанный период новая техника на вооружение поступила: в 2014 году – 4 единицы (из них 3 автоцистерны), в 2015 году – 2 (автоцистерны), в 2016 году – 1, в 2017 году – 3 (из них 2 автоцистерны).

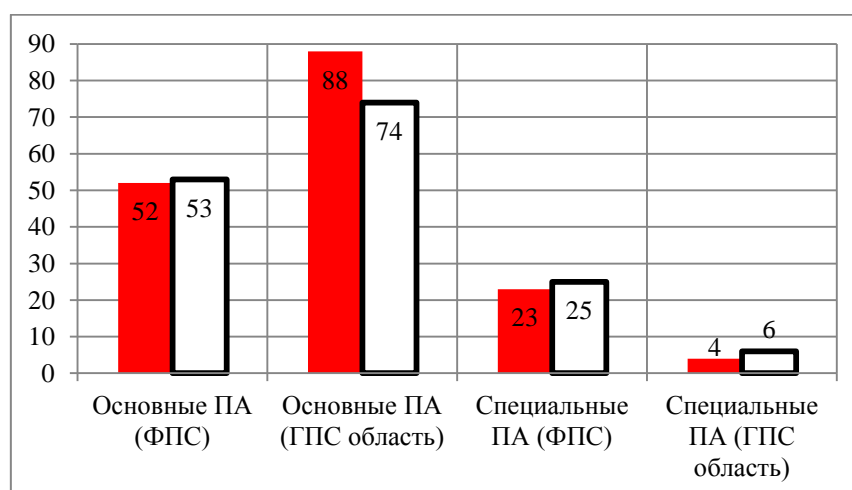


Рис. 4. Динамика изменения парка основных и специальных ПА в 2016 и 2017 годах

Средний срок эксплуатации пожарной техники в частях г. Ульяновска составляет 19 лет, наибольший срок эксплуатации имеет пожарная техника в 15-ПСЧ (средний срок эксплуатации 32 года), 25-ПСЧ (средний срок эксплуатации 26 лет). По районам Ульяновской области средний срок эксплуатации пожарной техники составляет

26 лет. Самый большой срок эксплуатации в 26-ПСЧ (35 лет), 34-ПСЧ (33 года), 27-ПСЧ (32 года), 25-ПСЧ (29 лет).

Качественный состав парка также физически и морально устарел. В большинстве случаев это пожарные автомобили АЦ-40(130)63Б и АЦ-40(131)137А на базе ЗиЛ-130 и ЗиЛ-131, производства Прилуцкого завода «Пожмашина». Самый старый автомобиль, стоящий в боевом расчете г. Ульяновска находится в 2-ПСЧ, это АЛ-30(131)506 1976 года выпуска.

Обновление техники происходит крайне медленно. Новая техника стоит на вооружении в 1-ПСЧ (средний срок эксплуатации 6 лет).

Средний срок эксплуатации пожарных автолестниц составляет более 22 лет. Самая старая автолестница (1976 года выпуска) в 2-ПСЧ.

Автолестница в 6-ПСЧ стоит на вооружении с 1980 года (срок эксплуатации 37 лет), в 4-ПСЧ и СПСЧ - с 1984 года (срок эксплуатации 33 года).

Средний срок эксплуатации коленчатых подъемников составляет 18 лет.

Более половины парка автолестниц и автоколенчатых подъемников морально и физически устарели. Снижение срока эксплуатации пожарной техники объясняется переводом части техники из городских частей в районы области.

Основными недостатками в эксплуатации пожарной техники являются:

1. Моральное и физическое старение - длительный срок эксплуатации.
2. Низкое качество или формальное проведение технического обслуживания автомобилей водительским составом.
3. Дефицит автомобильных запчастей и неполное финансирование материальных статей.

Для значительного повышения технического уровня и качества машин, их экономичности и надежности необходимо решить проблему смазывания. Это может быть обеспечено за счет повышения технического уровня и качества смазочного оборудования, его унификации и стандартизации, за счет конструктивного совершенства узлов трения машин, разработки и применения новых эффективных технологических процессов обработки трущихся деталей и других методик.

Явления износа должны учитываться при проектировании и эксплуатации машин и механизмов. Они проявляются при земляных работах, в сельском хозяйстве, строительстве, добывающей промышленности и во многих других случаях. Потери средств от трения и износа в развитых странах составляют 4-5% национального дохода, а преодоление сопротивления трения поглощает во всем мире 20-25% вырабатываемой за год энергии. Анализ специальных комитетов Международного совета по трибологии показал, что за полный цикл эксплуатации машин эксплуатационные расходы, затраты на ремонт и запасные части в несколько раз превышают затраты на изготовление новой 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 металлогосодержащих присадок к маслам, используемым в электрических машинах // Вестник ИГЭУ. – 2011. – Выпуск 2. – С. 65 – 67.

УДК 621

П. В. Пучков, Р. М. Саландин

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

РОБОТЕХНИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС МРДМ-2

Ключевые слова: Робототехника, пожар, модуль «Тунгус», гусеничный движитель.

Аннотация: В данной статье рассмотрена конструкция опытного образца робототехнического комплекса легкого класса МРДМ-2, предназначенного для обнаружения и тушения возгораний.

P. V. Puchkov, R. M. Salandin

MRDM - 2 ROBOTICS COMPLEX

Keywords: Robotics, fire, Tungus module, crawler engine.

Abstract: This article discusses the design of a prototype of the MRDM-2 light class robotic system designed for detecting and extinguishing fires.

Ликвидация последствий большинства аварий, пожаров, стихийных бедствий всегда сопряжена с угрозой для жизни и здоровья пожарных и спасателей. Специалистам данных профессий приходится выполнять свои служебные обязанности в тяжелых и опасных для жизни условиях. Для того чтобы снизить риск причинения вреда здоровью и жизни пожарных и спасателей, все чаще людей заменяют роботизированные устройства различного назначения.

В ФГБОУ ВО Ивановской пожарно-спасательной академии ГПС МЧС России на кафедре механики, ремонта и деталей машин (в составе УНК «Пожаротушение») коллективом кафедры спроектирован и изготовлен опытный экземпляр робототехнического комплекса легкого класса под названием «МРДМ-2».

Данный робототехнический комплекс предназначен для тушения небольших возгораний. Проект и опытный экземпляр робототехнического комплекса представлен на рисунке 1а и 1б.

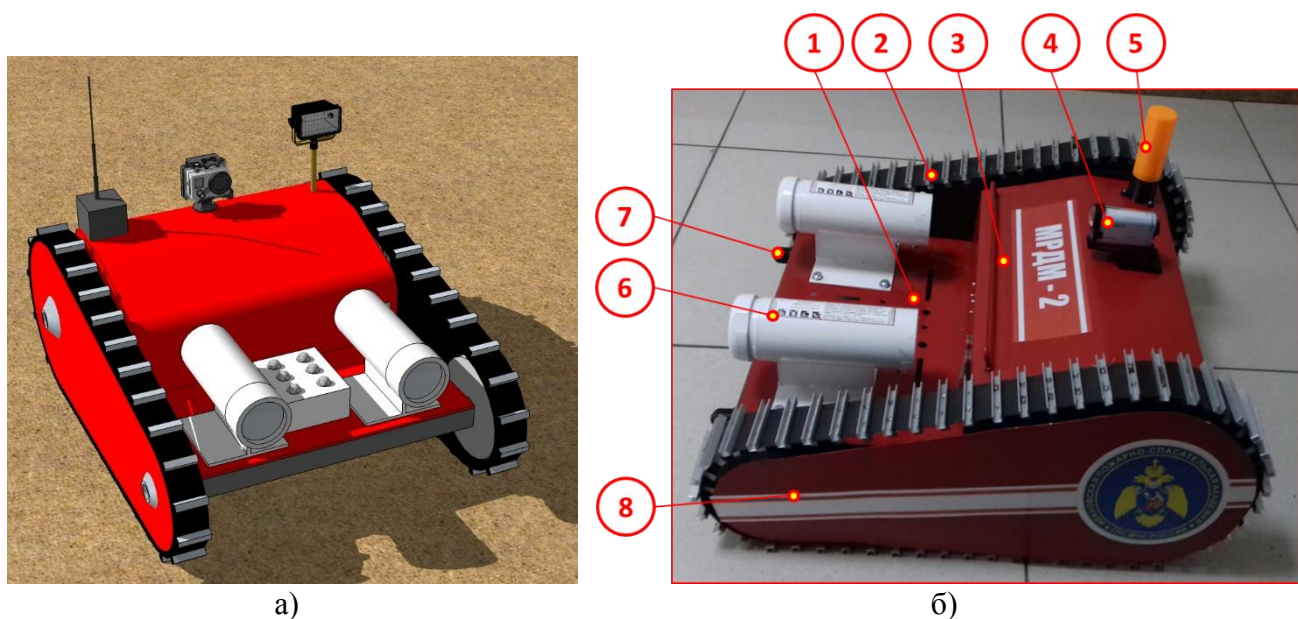


Рис. 1. Робототехнический комплекс МРДМ-2 легкого класса: а - трехмерная модель робототехнического комплекса; б – экспериментальный образец: 1- робототехническая платформа; 2- гусеничный движитель; 3 – Откидной корпус блока управления двигателями; 4 – Action камера; 5 – корпус Bluetooth модуля; 6 – модуль порошкового пожаротушения «Тунгус»; 7 – колпак натяжителя гусеницы; 8 – защитный экран гусеничного движителя

Робототехнический комплекс МРДМ-2 оснащен двумя модулями порошкового пожаротушения «Тунгус» (6) и предназначен для тушения возгораний (рис. 2).

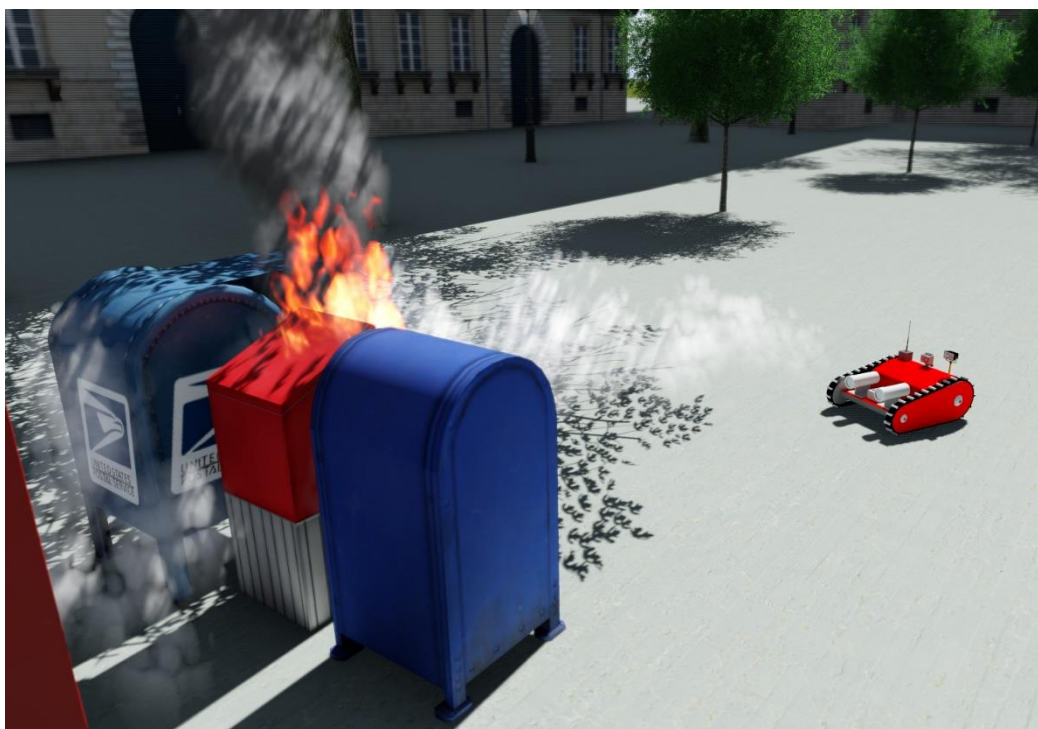


Рис. 2. Робототехнический комплекс МРДМ-2 тушит возгорание мусора (Трехмерная виртуальная модель)

Данные модули порошкового пожаротушения компании ЗАО «Источник плюс» предназначен для автоматического подавления очагов пожара классов А (твердых веществ), В (жидких веществ), С (газообразных веществ) и Е (электрооборудования, находящегося под напряжением) с принудительным запуском. Модуль «Тунгус» содержит 0,49 кг огнетушащего порошка, который способен защитить от огня площадь до 1,2 м.кв. (для пожара класса А); защищаемый объем до 2,4 м.куб. (для пожаров класса А). Вес каждого модуля составляет 3,0 кг. Применять модуль «Тунгус» можно в интервале температур -50...+50°С. Модули «Тунгус» могут срабатывать автоматически при обнаружении робототехническим комплексом МРДМ-2 возгорания [1].

Корпус робототехнического комплекса МРДМ-2 (1) изготовлен из тонких стальных листов с последующей покраской автомобильной эмалью.

В качестве *двигателей* используются два щеточных электромотора (с редуктором) на 12 В и мощностью 300 Вт каждый, с максимальным крутящим моментом 10Н*м. Питание электромоторов производится от двух 12-вольтовых никель-кадмиевых (Ni-Cd) аккумуляторных батарей емкостью по 1000 мА/ч каждая. Каждый двигатель приводит в движение свой гусеничный движитель (2) (Рис.1б). Благодаря такой конструкции робототехнический комплекс способен разворачиваться на месте на 360°. Двигатели и электронная система управления двигателями на базе аппаратно-программных средств (микроконтроллеров) Arduino защищены откидным металлическим корпусом (3).

Движитель робототехнического комплекса представляет из себя гусеницу в виде замкнутой широкой ленты из резины (2) с закрепленными на ней «грунтозацепами» и направляющими «Перо». Протекторы и направляющие изготовлены из дюралюминиевого П-образного профиля. Они крепятся к резиновой ленте с помощью заклепок. «Грунтозацепы» обеспечивают хорошее сцепление МРДМ-2 с грунтом. В качестве ведущего и ведомого звездочки применены два прорезиненных катка (колеса) различного диаметра. Диаметр ведущего катка составляет 22 мм, а ведомого 10 мм. Натяжение гусениц производится с помощью винтов, расположенных в передней части платформы робототехнического комплекса, закрытых колпаком (7) (рис.1). Для защиты гусеничного движителя от механических повреждений и грунтового загрязнения он закрыт металлическим экраном (8) (рис.1б) [2, 4, 5].

В верхней части корпуса блока управления двигателями установлена на кронштейне Action камера (4) для высокоскоростной съемки с максимальным разрешением видеозаписи 1920 x 1080 (60 кадров/сек). Камера оснащена оптическим стабилизатором, что является необходимой опцией для робототехнического комплекса движущегося по пересеченной местности. Action камера позволяет оператору управлять робототехническим комплексом МРДМ-2 дистанционно и оценивать обстановку в зоне ЧС в режиме реального времени. Дистанционное управление МРДМ-2 производится за счет беспроводных персональных сетей Bluetooth. Версия Bluetooth 5 позволяет поддерживать связь с МРДМ-2 на расстоянии до 400 м. На робототехническом комплексе установлен Arduino Bluetooth модуль hc 06. Микросхема Bluetooth модуля установлена в защитном пластмассовом корпусе (5) на откидном корпусе блока управления двигателями (3) (рис.1б).

Как показал опыт создания робототехнических устройств самой сложно задачей в создании МРДМ-2 было не изготовление металлического корпуса, гусеничных движителей, не точение валов и т.п., а заставить робототехнический комплекс дви-

гаться прямолинейно. Перед нами возникло две проблемы: первая – как синхронизировать работу двигателей, чтобы они работали синхронно, вторая – точность изготовления и степень натяжения гусеничного движителя. Малейший перекося ленты гусеничного движителя, неравномерный износ ведущих катков, перекося в установке валов, приводящих в движение гусеницы и МРДМ начинал отклоняться от прямолинейного движения вправо или в лево. Для синхронной работы двигателей пришлось дополнительно к микроконтроллерам Arduino изготавливать плату для получения идентичных характеристик на электродвигателях, а именно одинаковой частоты вращения валов и синхронного времени включения. Далее был ликвидирован перекося в установке валов ведущих катков, выполнена подгонка диаметров ведущих катков, отрегулировано натяжение гусениц. Проблема была решена.

Снаряженный вес МРДМ-2 составляет 15 кг.; габариты (длина x ширина x высота) : 680 x 600 x 400 мм; время работы аккумуляторных батарей до полной разрядки 30 мин., скорость движения по грунту до 8 км/ч [2, 3].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. URL: <https://antifire.org/category/aerazol>
2. Азизов И.И., Карханов А.В., Киселев В.В. Актуальность разработки и применения мобильных подъемных устройств для проведения ремонта пожарной техники. / В сборнике: Надежность и долговечность машин и механизмов. / Сборник материалов IX Всероссийской научно-практической конференции. – 2018. – С. 3-5.
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. 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. Полетаев В.А., Пучков П.В. Повышение качества поверхностей трения деталей электронасосов. / Заводская лаборатория. Диагностика материалов. - 2015. Т. 81. № 9. - С. 74-76.

УДК 614.84

А. А. Сальник, Н. А. Таратанов, П. В. Пучков

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

ПРОЕКТИРОВАНИЕ И ПЕЧАТЬ НАСАДКИ ДЛЯ ГАЗОАНАЛИЗАТОРА

Ключевые слова: Испытательная пожарная лаборатория, экспертиза пожаров, газоанализатор «Колион-1В», интенсификаторы горения.

Аннотация: В данной работе разбирается процесс подготовки и печать насадки на пробоотборник газоанализатора, в целях избежания негативного влияния на фотоионизаци-

онный детектор, вследствие критического погружения пробозаборника в исследуемый объект, что позволяет повысить процент обнаружения интенсификаторов горения на местах пожаров.

A. A. Salnik, N. A. Taratanov, P. V. Puchkov

DESIGNING AND PRINTING A NOZZLE FOR A GAS ANALYZER

Keywords: Fire testing laboratory, fire examination, gas analyzer "Kolon-1B", Gorenje intensifiers.

Abstract: In this paper understands the process of preparing and printing a nozzle on the probe sensor in order to avoid negative effects on photoionization detector, due to a critical immersion of the sample taker in the test object, which improves the percentage of detecting modulators of burning fire locations.

На сегодняшний день уровень развития общества сопровождается появлением большого количества потенциальных источников зажигания, что приводит к усложнению анализа условий, вызывающих возникновение пожаров. От того насколько грамотно эксперт судебно-экспертного учреждения МЧС России установит место первоначального возникновения горения во многом зависит установление технической причины возникновения пожара и как следствие разрешение уголовного, административного или гражданского (арбитражного) дела, именно этим и обусловлена актуальность выбранной темы.

Практика применения инструментальных полевых методов показала, что наиболее часто в процессе исследования пожаров специалистами и экспертами СЭУ ФПС ИПЛ, используются газоанализаторы с фотоионизационными детекторами «Колон-1В» или «АНТ-3М».

Достоинствами фотоионизационных газоанализаторов являются высокая чувствительность, быстрдействие, устойчивость к концентрационным перегрузкам, стабильность, длительный срок службы, отсутствие влияния температуры окружающей среды, неограниченный срок хранения.

Практически все наиболее распространенные из применяемых поджигателями горючих жидкостей (бензин, керосин, растворители для лаков и красок и др.) могут быть обнаружены прибором с фотоионизационным детектором. Хочется отметить, что любые поиски остатков ЛВЖ и ГЖ на пожаре с помощью газоанализаторов с ФИД можно проводить только после гарантированно полной ликвидации горения (в том числе тления во внутренних конструкциях полов, в завалах пожарного мусора и т.д.).

Однако при работе с газоанализатором «Колон-1В» были выявлены два основных недостатка:

1) На открытой местности воздушные потоки разбавляют (или отводят в сторону) концентрацию паров интенсификаторов горения, тем самым влияют на фиксацию показателей.

2) По окончании действий пожарных подразделений, направленных на ликвидацию горения, инициатор горения может быть смыт или очень сильно разбавлен

(влияние огнетушащих веществ), а также вследствие максимального выгорания с его последующим выветриванием.

Для снижения влияния негативных факторов на результаты измерений прибора «Колион-1В», эксперт (специалист) вынужден «нос» пробоотборника подносить максимально близко к объекту исследования, а это за собой может повлечь затягивание жидкостей и мелкодисперсных веществ в пробоотборник с последующим влиянием на показания фотоионизационного детектора. Дальнейшее использование прибора «Колион-1В» без качественной очистки становится просто невозможным. Все это приводит к ошибочному выводу о причине пожара.

В целях недопущения затягивания жидких и мелкодисперсных частиц в фотоионизационную камеру предлагаю использовать насадку для пробоотборника, чертеж которой представлен на рис. 1.

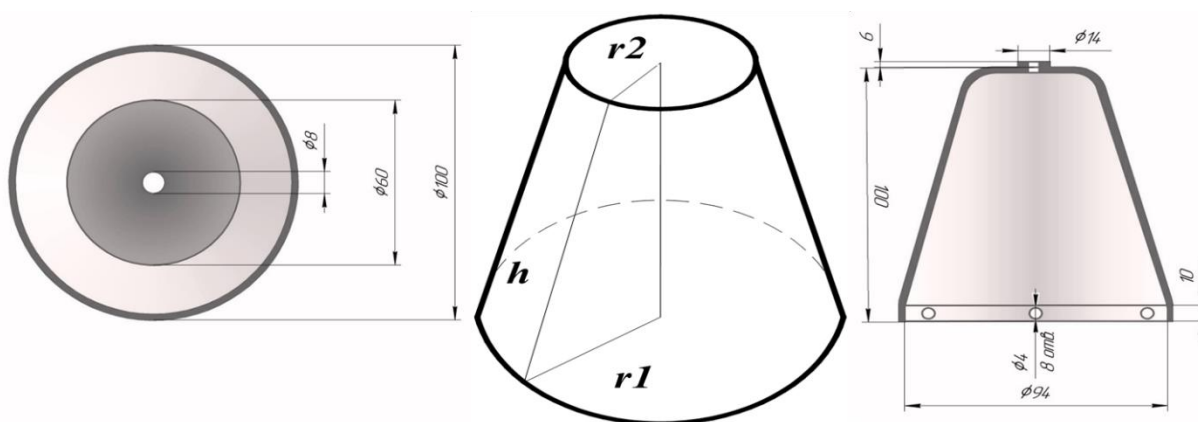


Рис. 1. Схема и чертеж насадки для газоанализатора

Для того чтобы определить оптимальный объем данной насадки, были проведены расчеты объема и время заполнения насадки для газоанализатора (усеченного конуса).

Усеченный конус – часть конуса, расположенная между его основанием и сечущей плоскостью, параллельной основанию, схема и чертеж которой представлена на рисунке 1.

Согласно паспорту, расход воздуха на выходе газоанализатора «Колион-1В» ($Q_{г}$) 300 мл/мин или 18 л/ч.

$$V_{\text{нас}} = \frac{1}{3} \cdot \pi \cdot h \cdot (r_1^2 + r_1 \cdot r_2 + r_2^2) = \frac{1}{3} \cdot 3.14 \cdot 100 \cdot (47^2 + 47 \cdot 22 + 22^2) = 390 \text{ м}^3$$

Определив объем данной насадки 0,39 л, определили время заполнения насадки для газоанализатора.

$$\tau = \frac{V_{\text{нас}}}{Q_{г}} = \frac{0,39}{18} = 0,02166 \text{ ч} = 77,98 \text{ с}$$

Перед тем как изготовить данную насадку необходимо получить ее трехмерное изображение. Это было выполнено при помощи 3-х мерного модуля программы AutoCAD (рис. 2).



Рис. 2. 3D-модель насадки для газоанализатора

Данная трехмерная модель позволяет получить наиболее полное представление о конструкции разработанного устройства, материале из которого оно изготовлено, цвете и т.д. в отличие от двумерного чертежа. Помимо этого, на трехмерной модели всегда можно выполнить различные виды разрезов (простые и сложные) для выявления внутренней конструкции устройства.

Также следует отметить, что из трехмерной модели (сборочной единицы) всегда можно разобрать на составные части, изучив при этом конструкцию каждой детали. Зачастую двумерный чертеж какого-либо проекта является недостаточно наглядным и информативным, особенно для зрителя (заказчика, клиента) не обладающего пространственным воображением и не обладающего соответствующей технической грамотностью. Поэтому трехмерное изображение объекта позволит зрителю, рецензенту, заказчику и т.п. дать полную и однозначную информацию о представляемом проекте.

Далее насадка изготавливалась (печаталась) на 3D-принтере (рис. 3).



Рис. 3. Процесс изготовления и внешний вид насадки для газоанализатора

По центру меньшего основания было предусмотрено отверстие, в которое была плотно вкручена ступенчатая гайка, закрепляющая противопылевой фильтр на конце пробоотборной трубки газоанализатора «Колион-1В».

Эффективность насадки была подтверждена экспериментально. Практический эксперимент проводился с дизельным топливом летним (ДТЛ) и автомобильным бензином АИ-92 на открытом воздухе приблизительно с 09:00 до 09:00 следующего дня за началом эксперимента (длительность эксперимента составила 24 часа). Осадков во время проведения эксперимента не наблюдалось, ветер был слабым или отсутствовал.

Хотелось бы отметить, что при проведении эксперимента показания газоанализатора без насадки были неустойчивые, быстро изменяющиеся то в большую, то в меньшую сторону. При применении насадки колебания показаний прибора по амплитуде и скорости их изменения значительно меньше, чем без насадки.

Применение насадки на пробоотборник газоанализатора позволяет существенно повысить надёжность и оперативность обнаружения интенсификаторов горения на местах пожаров, обнаружить остатки интенсификаторов горения в малых количествах, когда без насадки они уже не обнаруживаются, увеличить достоверность установления причин пожаров, снизить риск загрязнения деталей газоанализатора и, как следствие загрязнения, невозможности его дальнейшего использования без длительной очистки, связанной с разборкой газоанализатора, промывкой и просушкой его деталей.

Внедрение предлагаемой насадки не требует технологических затрат и легко осуществимо при разработке 3D-модели с последующей её печатью.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Обнаружение и установление состава легковоспламеняющихся и горючих жидкостей при поджогах: метод. пособие / И.Д. Чешко, М.Ю. Принцева, Л.А. Яценко. – М.: ВНИИПО, 2010. – 90 с.
2. Карасев Е.В. Полевые методы исследования объектов пожарно-технической экспертизы: учебное пособие / Карасев Е.В. - Иваново: ООНИ ИвИ ГПС МЧС России, 2013. - 102 с.
3. Расследование пожаров: Учебник / Галишев М.А., Шарапов С.В., Попов А.В. и др. – СПб.: Санкт-Петербургский университет Государственной противопожарной службы МЧС России, 2012. - 498 с.

УДК 614.894

В. Н. Сащенко, М. А. Беренгардт, М. А. Рассохин, К. В. Пастухов
ФГБОУ ВО Уральский институт ГПС МЧС России

УВЕЛИЧЕНИЕ ВРЕМЕНИ РАБОТЫ ЗВЕНА ГАЗОДЫМОЩИТНОЙ СЛУЖБЫ В НЕПРИГОДНОЙ ДЛЯ ДЫХАНИЯ СРЕДЕ, ЗА СЧЕТ МОДЕРНИЗАЦИИ ДЫХАТЕЛЬНОГО АППАРАТА СО СЖАТЫМ ВОЗДУХОМ

Ключевые слова: газодымозащитник, дыхательные аппараты, аварийно-спасательные работы, время защитного действия.

Аннотация: В данной статье предлагается техническое устройство, совершенствующее тактические возможности звеньев газодымозащитной службы, за счёт внедрения в конструкцию маски атмосферного клапана.

V. N. Sashchenko, M. A. Berengardt, M. A. Rassokhin, K. V. Pastukhov

INCREASING THE WORKING TIME OF THE GAS-AND-GAS-TRANSIT SERVICE LINK IN AN UNSUITABLE ENVIRONMENT FOR BREATHING, DUE TO THE MODERNIZATION OF THE COMPRESSED AIR BREATHING APPARATUS

Keywords: Gas-smoke shield, breathing apparatus, emergency rescue operations, time of protective action.

Abstract: This article proposes a technical device that improves the tactical capabilities of the gas and smoke protection service units by introducing an atmospheric valve mask into the design.

От качества выполнения газодымозащитниками своих обязанностей при тушении пожаров и проведения аварийно-спасательных работ (далее – АСР), четкого взаимодействия между собой, степени выполнения требований руководящих документов, правильной организации газодымозащитной службы (далее – ГДЗС) на пожаре, зависят эффективность проводимых АСР, масштабы развития пожара и ущерб от него, и в конечном итоге – исход тушения пожара. Профессиональная деятельность газодымозащитников связана с работой в сложных, а зачастую экстремальных условиях. К таким условиям относятся: работа в задымленной и токсичной среде, в условиях высоких температур, возможности обрушения и угрозы взрывов, выполнение обязанностей на высоте и в подвалах, при ликвидации чрезвычайных ситуаций (далее – ЧС). Все это обуславливает определенную специфику в профессиональной деятельности пожарного и требует проявления высокого уровня психофизической подготовленности.

Помимо внешних условий, факторов пожара и условий работы газодымозащитников значительное влияние на тактические возможности звена ГДЗС оказывают технические характеристики дыхательных аппаратов на сжатом воздухе (далее – ДАСВ) и, в первую очередь, время их защитного действия. В зависимости от физической нагрузки увеличивается объем потребляемого воздуха для газообмена в легких, быстрее расходуется воздух в баллоне, снижается время защитного действия дыхательного аппарата. В работах [5, 6], исследователи большое внимание уделяли безопасности работы газодымозащитников в непригодной для дыхания среде. Авторами данной статьи предлагается техническое устройство, совершенствующее тактические возможности звеньев ГДЗС.

Смоделируем возможную ситуацию, при которой необходимо передвижение звена ГДЗС к месту работы по комплекту колен пожарной автолестницы АЛ - 50(65115)ПМ 513А (далее – АЛ) на десятый этаж.

В соответствии с приказом МЧС России [1] звено ГДЗС должно включиться в ДАСВ на посту безопасности перед началом подъема по АЛ. После проведения рабочей проверки и включения в ДАСВ, звену ГДЗС необходимо подняться по комплекту

колен, установленному под углом 75 градусов, т.е. почти вертикально, на высоту 50 метров, что согласно приложению к методическим рекомендациям [2] является очень тяжелой степенью тяжести работы. В результате скорость передвижения звена ГДЗС составит в среднем 10 м/мин, а необходимый расход воздуха для газообмена в легких газодымозащитника 85 л/мин [2].

Используя значения, приведенные в методических рекомендациях [2], проведем расчет потребления воздуха необходимого для подъема звена ГДЗС по комплекту колен АЛ на высоту 50 м.

Исходя из выше указанных параметров:

$$P_{\text{под.}} = \frac{L_{\text{л.м.}}}{v_{\text{под.}}} \times V_{\text{воз.п.}} \quad (1)$$

где: $P_{\text{под.}}$ – давление воздуха в болоне необходимое для подъема на высоту (кгс/см²); $L_{\text{л.м.}}$ – длина преодолеваемого лестничного марша АЛ (м); $v_{\text{под.}}$ – скорость подъема газодымозащитника по комплекту колен (м/мин); $V_{\text{воз.п.}}$ – расход воздуха необходимый для газообмена в легких газодымозащитника при подъеме (л/мин).

Подставив значения в формулу (1), получаем:

$$\frac{50}{10} \times 85 = 450 \text{ литров} = 63 \text{ кгс/см}^2$$

По аналогии проводим расчет необходимого на спуск по комплекту колен АЛ воздуха.

$$P_{\text{спуск.}} = \frac{L_{\text{л.м.}}}{v_{\text{спуск.}}} \times V_{\text{воз.с.}} \quad (2)$$

где: $P_{\text{спуск.}}$ – давление воздуха в болоне необходимое для спуска с высоты (кгс/см²); $L_{\text{л.м.}}$ – длинна преодолеваемого лестничного марша АЛ (м); $v_{\text{спуск.}}$ – скорость спуска газодымозащитника по комплекту колен (м/мин); $V_{\text{воз.с.}}$ – расход воздуха необходимый для газообмена в легких газодымозащитника при спуске (л/мин).

В соответствии с методическими рекомендациями [2] спуск звена ГДЗС по АЛ относится к средней степени тяжести работой, скорость передвижения при которой составляет ориентировочно 12 м/мин, а необходимый расход воздуха для газообмена в легких газодымозащитника 40 л/мин. Исходя из этого расчет потребления воздуха необходимого для спуска звена ГДЗС с высоты при помощи пожарной автолестницы составит:

$$\frac{50}{12} \times 40 = 250 \text{ литров} = 25 \text{ кгс/см}^2 \quad (3)$$

В итоге, согласно расчетам, только на подъем и спуск звено ГДЗС тратит 90 кгс/см², т.е. 1/3 часть запаса воздуха, и это без учета Методических указаний по проведению расчетов параметров работы в средствах индивидуальной защиты органов дыхания и зрения [3]. С учетом указаний [3], получаем, что звено ГДЗС должно вернуться при давлении:

$$P_{\text{к.вых.}} = 63 + 63 + 10 = 136 \text{ кгс/см}^2; \quad (4)$$

где $P_{\text{к.вых.}}$ – давление, при котором звено должно прекратить работу и выйти на свежий воздух.

Подведем итог: $136 + 63 = 199 \text{ кгс/см}^2$ – давление, необходимое для подъема и спуска на высоту 50 м при помощи пожарной автолестницы. На непосредственную работу звену ГДЗС остается 101 кгс/см². Исходя из полученного значения, имеем:

- для очень тяжелых условий работы – 7 мин работы (общее время – 17 мин).
- для условий работы средней тяжести – 10 мин работы (общее время – 20 мин).

Одним из путей, позволяющих решить задачу увеличения времени работы в ДАСВ на месте пожара (либо сокращения потребляемого давления на путь к месту проведения работ), авторы считают возможность модернизации полнолицевой маски ДАСВ [4] атмосферным клапаном.

Плюсы и минусы, полученные от внедрения в конструкцию маски атмосферного клапана [5], указаны в таблице.

Таблица. Результаты внедрения атмосферного клапана в состав полнолицевой маски ДАСВ

№ п/п	Положительные стороны внедрения атмосферного клапана	Отрицательные моменты использования атмосферного клапана
1.	Увеличение времени работы звеньев ГДЗС при работе в непригодной для дыхания среде (НДС)	Необходимость дополнительной подготовки газодымозащитников
2.	Уменьшение времени включения/выключения ДАСВ	Отсутствие возможности комплектования всех типов полнолицевых масок, которые уже находятся в расчете пожарно-спасательных гарнизонов
3.	Уменьшение материальных затрат связанных с обслуживанием ДАСВ	
4.	Уменьшение материальных затрат связанных с эксплуатацией компрессорного оборудования	

Из таблицы видно, что применение атмосферного клапана имеет преимущественно положительные стороны. Одним из основных значений атмосферного клапана заключается в том, что он позволяет газодымозащитнику дышать воздухом из атмосферы, когда это позволяют окружающие условия, при этом лицевая маска одета, воздух из баллона не расходуется. Так как клапан в любой момент позволяет выбрать газодымозащитнику необходимый на данный момент режим дыхания:

- либо «воздух из атмосферы – газодымозащитник»;
- либо «воздух из баллона – газодымозащитник».

Возможность выбора необходимого режима дыхания и приводит к увеличению времени работы звена ГДЗС в НДС [6-8].

Рассмотрим применение ДАСВ с внедренным атмосферным клапаном на примере, приведенном выше. Из ходя из смоделированной ситуации мы видим, что за время подъема звена ГДЗС по комплекту колен пожарной автолестницы на высоту 50 м было затрачено 63 кгс/см² сжатого воздуха, на спуск – 25 кгс/см², при этом комплект колен АЛ, как правило, находится в незадымленном месте, соответственно звену ГДЗС можно было передвигаться используя для дыхания воздух из атмосферы, экономя запас сжатого воздуха. При использовании атмосферного клапана экономия запаса воздуха составляет в нашем примере 90 кгс/см², что позволит увеличить время работы звена ГДЗС непосредственно в НДС на одну треть.

Подводя итог выше изложенному, можно сделать вывод, что внедрение в состав дыхательного аппарата на сжатом воздухе атмосферного клапана позволит уве-

личить время работы звеньев газодымозащитной службы в непригодной для дыхания среде, тем самым повысятся шансы на успешное спасение пострадавших и ведение боевых действий по тушению пожаров.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Приказ МЧС России от 9 января 2013 г. № 3 «Об утверждении Правил проведения личным составом федеральной противопожарной службы Государственной противопожарной службы аварийно-спасательных работ при тушении пожаров с использованием средств индивидуальной защиты органов дыхания и зрения в непригодной для дыхания среде».
2. Методические рекомендации по организации и проведению занятий с личным составом газодымозащитной службы федеральной противопожарной службы МЧС России (утв. МЧС России 30 июня 2008 г.).
3. Методические указания по проведению расчетов параметров работы в средствах индивидуальной защиты органов дыхания и зрения (утв. МЧС России 5 августа 2013 г.).
4. Руководство по эксплуатации панорамной маски ПМ «Дельта» КАМПО.
5. Сащенко В.Н., Пастухов К.В., Рассохин М.А., Перевалов А.С. Совершенствование дыхательных аппаратов на сжатом воздухе путем внедрения атмосферного клапана / Актуальные проблемы обеспечения пожарной безопасности и защиты от чрезвычайных ситуаций: Сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции, 26 апреля 2019 года, г. Железногорск – Изд-во: ФГБОУ ВО Сибирская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2019. - с. 720 – 724.
6. Польшко С.В., Иванов А.Б. Влияние физической нагрузки на безопасность пожарного в средствах индивидуальной защиты органов дыхания при ликвидации чрезвычайных ситуаций // Проблемы управления рисками в техносфере. 2017. № 4 (44). С. 50-54.
7. Гринченко Б.Б., Тараканов Д.В. Моделирование расхода воздуха в дыхательном аппарате на основе вероятностного подхода // В сборнике: Информационные технологии в сфере РСЧС и ГО Сборник трудов XXVIII Международной научно-практической конференции. 2018. С. 44-48.

УДК 614.849

Н. В. Свинин, Д. Ю. Захаров, О. Г. Волков

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

ВЛИЯНИЕ РАЗМЕРА ОПЫТНОГО ОБРАЗЦА ПНЕВМОГИДРАВЛИЧЕСКОГО ПРИВОДА ГИДРАВЛИЧЕСКОГО АВАРИЙНО-СПАСАТЕЛЬНОГО ИНСТРУМЕНТА НА ФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ БАЛАНС ГАЗОДЫМОЗАЩИТНИКА

Ключевые слова: Пневмогидравлический привод гидравлического аварийно-спасательного инструмента, функциональный баланс, функциональный тренажер, газодымозащитник, критерий Шапиро-Уилка, дыхательный аппарат ПТС «Профи»-М.

Аннотация: В данной статье изложены основные методологические подходы в исследовании функционального баланса в зависимости от сложности выполняемых работ газо-

дымозащитниками с использованием опытного образца пневмогидравлического привода гидравлического аварийно-спасательного инструмента.

N. V. Svinin, D. Y. Zakharov, O. G. Volkov

THE INFLUENCE OF THE SIZE OF THE PROTOTYPE PNEUDRAULIC HYDRAULIC RESCUE TOOL ON THE FUNCTIONAL BALANCE OF GETDEMODATA

Keywords: Pneumohydraulic drive of a hydraulic emergency rescue tool, functional balance, functional simulator, gas-smoke shield, Shapiro-Wilk criterion, PTS «PROFI»-M breathing apparatus.

Abstract: This article describes the main methodological approaches in the study of the functional balance depending on the complexity of the work performed by gas-smoke protectors using a prototype of a pneumatic-hydraulic drive of a hydraulic rescue tool.

В области пожаротушения использование гидравлического аварийно-спасательного инструмента частое явление, но его транспортировка и применение в непригодной для дыхания среде затруднительна и создает ряд неудобств, поэтому сотрудниками ивановской пожарно-спасательной академии ГПС МЧС России был изобретен пневмогидравлический привод гидравлического аварийно-спасательного инструмента для использования его в непригодной для дыхания среде и удобства транспортировки [1, 2].

Актуальность этого вопроса в настоящее время становится все значительнее в связи с расширением использования материалов и изделий на основе полимеров, горение и тление которых сопровождается выделением большого количества дыма. Сгорание незначительного количества подобных материалов приводит к потере видимости и существенно усложняет обнаружение пожара и его подавление из-за этих факторов усложняется работа при использовании гидравлического инструмента в непригодной для дыхания среде. Поэтому был изобретен опытный образец пневмогидравлического привода гидравлического аварийно-спасательного инструмента, который был создан для проведения аварийно-спасательных работ в непригодной для дыхания среде, а также был создан специальный тренажер для выявления функционального баланса.



Рис. 1. Пневмогидравлический привод гидравлического аварийно-спасательного инструмента



Рис. 2. Пневмогидравлический привод гидравлического аварийно-спасательного инструмента в раскрытом виде

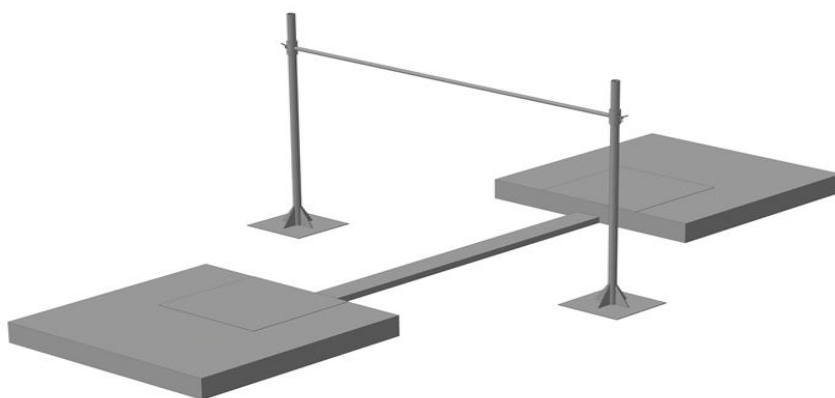


Рис. 3. Функциональный тренажер для выявления функционального баланса

Важной задачей представляемой статьи, является выявление функционального баланса в процессе движения по функциональному тренажеру для подготовки газодымозащитника, связанной с работой в пневмогидравлическом приводе гидравлического аварийно-спасательного инструмента и в дыхательном аппарате ПТС «Профи-М».

Научная новизна данной статьи заключается в том, что в научно-технической литературе приведены значения функционального баланса при использовании дыхательных аппаратов на сжатом воздухе. Однако функциональный баланс газодымозащитника, связанный с использованием пневмогидравлического привода гидравлического аварийно-спасательного инструмента не рассматривались.

В предоставляемой мною статье представлена попытка выявить функциональный баланс газодымозащитников с использованием пневмогидравлического привода гидравлического аварийно-спасательного инструмента.

Исходя из этого, целью данной работы явилось: выявление функционального баланса газодымозащитниками при работе в ситуациях которые могут поставить под угрозу жизнь пожарного, с использованием пневмогидравлического привода гидрав-

лического аварийно-спасательного инструмента и дыхательного аппарата ПТС «Профи»-М.

Для достижения поставленной цели необходимо выполнить следующие задачи:

1. Произвести отработку упражнения на выявление баланса газодымозащитников при работе различной степени тяжести;
2. Определить методику выполнения упражнений имитирующих условия работ различной степени тяжести газодымозащитников;
3. Определить функциональный баланс газодымозащитников при выполнении работ разной степени тяжести в пневмогидравлическом приводе гидравлического аварийно-спасательного инструмента;
4. Произвести сравнительный анализ времени при прохождении на функциональном тренажере газодымозащитниками при выполнении работ разной степени тяжести в пневмогидравлическом приводе гидравлического аварийно-спасательного инструмента с дыхательным аппаратом на сжатом воздухе ПТС «Профи»-М и без аппарата.

Методика проведения исследования:

В исследовании будет принимать участие 16 курсантов (пожарных), (возраст 21-22 года, рост 175-180 см, вес 65-85 кг) при проведении упражнений было проверено их здоровье и готовность к физическим упражнениям.

В исследовании будет изучено влияние размера и веса дыхательного аппарата и пневмогидравлического привода гидравлического аварийно-спасательного инструмента на его функциональный баланс работы в СИЗОД. Курсанты будут преодолевать полосу препятствий на функциональном тренажере (рис 3.), который был разработан для оценки физической устойчивости и баланса пожарного при использовании опытного образца гидравлического привода.

Испытуемым поставлена задача завершить данный эксперимент в быстром темпе, не прибегая к бегу. Для этого теста газодымозащитники начнут стоять в пределах квадрата размером 60 см x 60 см, затем курсантам будет сказано пройти по полосе шириной 14 см и длиной 2 м, в конце этой полосы установлен аналогичный квадрат, как и в самом начале тренажера. Испытуемым нужно пройти по этой линии от одной платформы до другой, затем будет выставляться препятствие в виде перекладины расположенной по высоте на 75% от их роста, затем каждый курсант повторяет данное тестирование три раза при высоте перекладины 165 см, 135 см и 105 см, каждый испытуемый повторяет данный тест без аппарата, при использовании СИЗОД ПТС «Профи-М» и пневмогидравлическим приводом гидравлического аварийно-спасательного инструмента.

Результаты исследования. Для выявления функционального баланса курсанты выполняли упражнение, перед началом которого им была объяснена методика выполнения упражнения и были разъяснены критерии ошибок, включался секундомер, по завершению выполнения каждого упражнения, останавливался секундомер, и записывалось общее время выполнения упражнения и фиксировались ошибки при выполнении теста.

Курсанты выполняли следующие упражнения:

Испытуемый надевал боевую одежду пожарного без учета времени, курсант должен пройти по линии от одного квадрата до другого без дыхательного аппарата в спокойном темпе, упражнение выполняется три раза с увеличением темпа передви-

жения, не переходя на бег при этом перекладина опускается для создания более сложных условий для испытуемого.

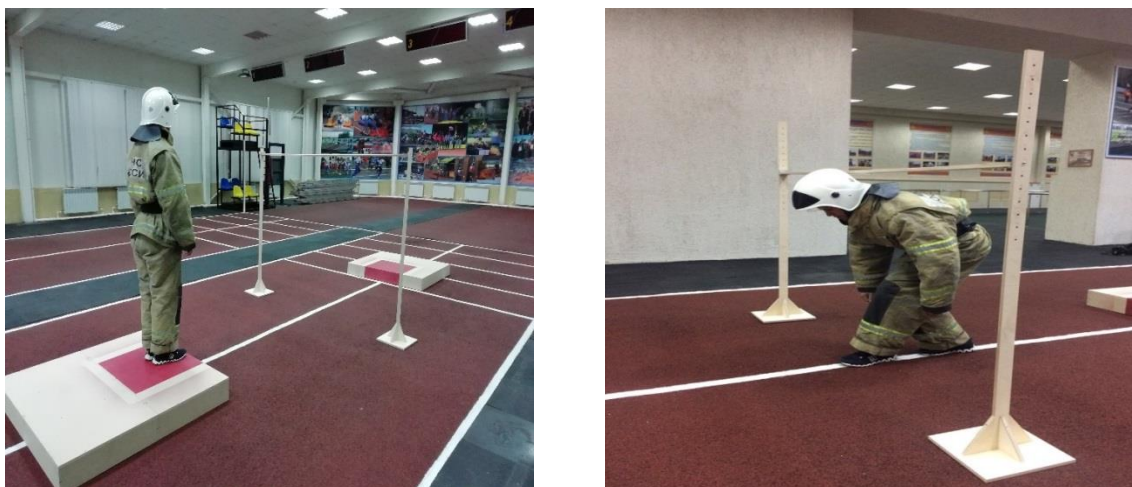


Рис.4. Выполнение упражнения без аппарата

Вторая часть заключалась в том, чтобы испытуемый надел дыхательный аппарат на сжатом воздухе (далее ДАСВ) и выполнил переход от одного квадрата к другому с учетом времени, при этом физическая нагрузка увеличивалась за счет опускания перекладины для создания сложных условий и увеличения темпа передвижения от одной точки до другой.



Рис.5. Выполнение упражнения при использовании ПТС «Профи-М»

Испытуемый после прохождения тестирования с использованием ДАСВ надевает опытный образец пневмогидравлического привода гидравлического аварийно-спасательного инструмента и повторяет представленные ранее задания данного тестирования с учетом времени.

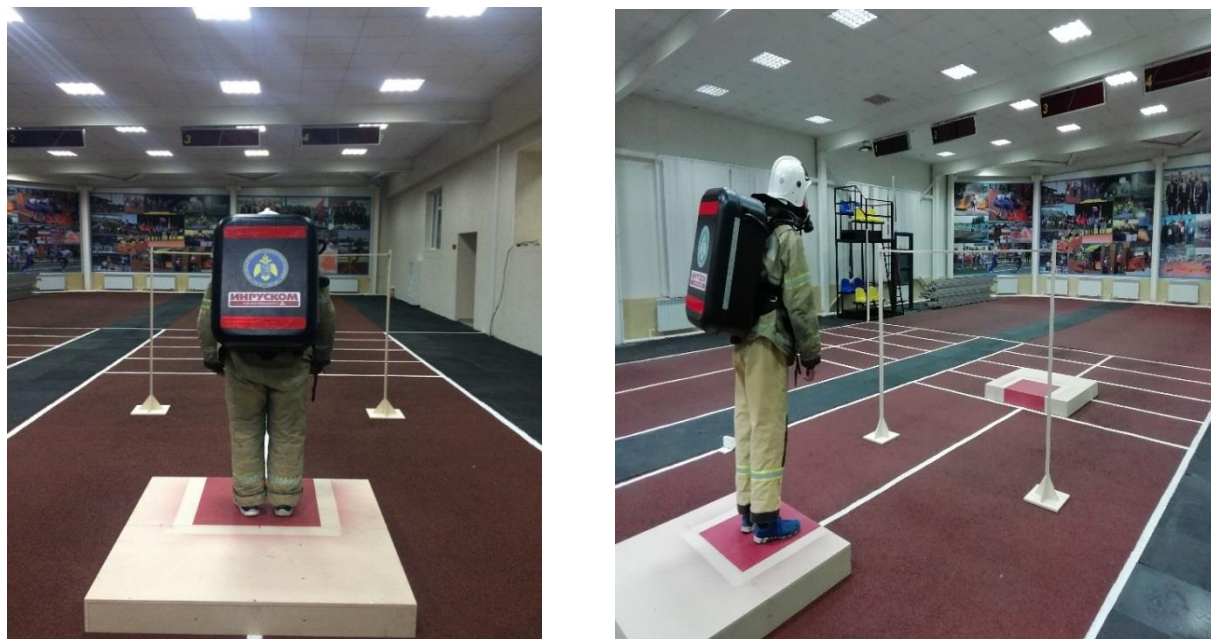


Рис. 6. Выполнение упражнения с использованием опытного образца пневмогидравлического привода гидравлического аварийно-спасательного инструмента

С целью определения функционального баланса газодымозащитников при выполнении упражнений разной степени тяжести применялись следующие методы обработки результатов: метод определения функционального баланса газодымозащитника и методика по критерию Шапиро-Уилка.

Результаты оценки функционального баланса при выполнении работ в пневмогидравлическом приводе гидравлического аварийно-спасательного инструмента и в дыхательном аппарате ПТС «Профи-М» и без аппарата представлены в таблице 1.

Данная статья представляет собой исследование профессиональной направленности, имеющее прикладное практическое значение. Она вносит определенный вклад в совершенствование профессионально-прикладной подготовки пожарных и может быть применена в любых подразделениях противопожарной службы.

В ходе данного исследования был выявлен функциональный баланс в зависимости от тяжести и высоты выполняемых работ с использованием пневмогидравлического привода гидравлического аварийно-спасательного инструмента и с дыхательным аппаратом ПТС «Профи-М» и без аппарата [3]. В испытании приняли участие шестнадцать курсантов, которые выполнили упражнение и после выполнения упражнения было записано время выполнения прохождения теста. В связи с тем, что упражнения имели разную степень тяжести и уровень прохождения, выполнение этого упражнения у курсантов вызывало затруднение, вследствие этого упражнения выполнили не все участники, так как пневмогидравлический привод гидравлического аварийно-спасательного инструмента имеет большую массу и габариты, что приводит к потере равновесия курсантов и их падению, следовательно, использование пневмогидравлического привода гидравлического аварийно-спасательного инструмента является не выгодным и не удобным из-за его массы и размеров.

Таблица 1. Результаты оценки функционального баланса

№ п/п	Без аппарата			ПТС "Профи-М"			Опытный образец		
	165 см	135 см	105 см	165 см	135 см	105 см	165 см	135 см	105 см
1	10,1	9,02	9,09	16,09	30,98	32,04	11,32	23,57	47,46
2	9,95	10,78	9,84	13,34	21,85	24,22	24,55	37,19	47,54
3	9,5	10,35	10,08	19,38	25,58	32,86	28,27	44,01	42,58
4	10,7	11,69	11,28	15,74	17,44	30,38	18,61	31,83	-
5	11,15	11,03	12,35	15,02	37,3	36,1	18,27	41,06	-
6	12,2	12,98	13,21	15,2	18,89	35,93	21,78	36,69	-
7	10,5	11,32	13,14	11,55	11,95	18,06	12,13	32,86	-
8	13,23	13,35	14,1	14,09	19,83	11,21	11,21	24,23	-
9	13,25	12,32	13,13	13,45	15,92	27,29	17,39	22,28	-
10	14,45	12,25	14,3	11,85	21,4	26,1	18,61	31,83	-
11	14,2	13,52	15,28	10	11,5	18,38	13,31	22,83	30,45
12	14,1	14,65	15,98	11,54	13,34	18,4	12,75	23,38	-
13	15,3	15,98	15,56	15,92	18,72	32,03	16	27,9	-
14	15,9	16,12	16,89	14,98	17,21	20,11	19,21	27,59	-
15	17,4	16,78	15,84	13,34	19,85	20,19	26,55	36,19	-
16	18,1	17,1	17,1	13,1	19,7	21,1	27,1	36,25	-
сред	13,126	13,077	13,573	14,036	20,091	25,275	18,566	31,230	42,007

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гомонай М. В., Топоров А. В., Смирнов М. В. Применение сжатого газа в качестве источника энергии для привода гидравлического аварийно-спасательного инструмента // Научные и образовательные проблемы гражданской защиты. 2016. № 3 (30). С. 39–42.
2. Смирнов М.В., Топоров А.В., Покровский А.А. Использование сжатого воздуха для привода гидравлического аварийно-спасательного инструмента // Фундаментальные и прикладные исследования в современном мире. 2015. № 12-1. С. 110—112
3. Bakri et al., 2012I. Bakri, J.Y. Lee, K. Nakao, H. Wakabayashi, Y. Tochiyara Effects of firefighters' self-contained breathing apparatus' weight and its harness design on the physiological and subjective responses Ergonomics, 55 (7) (2012), pp. 782-791

УДК 621.313

*К. В. Семенова¹, А. И. Тихонов², И. С. Снитько², А. В. Подобный²,
А. А. Каржевин²*

¹ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

²ФГБОУВО Ивановский государственный энергетический университет

РАЗРАБОТКА ЦИФРОВЫХ ДВОЙНИКОВ СИЛОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ

Ключевые слова: Цифровые двойники, численное моделирование, силовые трансформаторы.

Аннотация: Рассмотрена методика создания цифровых двойников силовых трансформаторов с использованием цепных и полевых моделей электромагнитных процессов. Разработана имитационная модель трехфазного трансформатора с использованием современных математических пакетов.

K.V. Semenova, A.I. Tikhonov, I.S. Snitko, A.V. Podobny, A.A. Karzhevin

DEVELOPMENT OF DIGITAL TWINS OF POWER TRANSFORMERS

Keywords: Digital twins, numerical simulation, power transformers.

Abstract: The technique of creating digital twins of power transformers using chain and field models of electromagnetic processes is considered. A simulation model of a three-phase transformer using modern mathematical packages has been developed.

Одним из ключевых направлений развития в рамках новой концепции промышленности Industry 4.0 является направление, связанное с созданием цифровых двойников технических устройств и система, под которыми понимаются виртуальные прототипы реально функционирующих устройств, позволяющие имитировать их работу с точностью 95% и выше, избавляя производителей и эксплуатирующие организации от необходимости осуществлять натурные эксперименты. Для этого обычно используются модели физических полей в 3D-постановке с использованием мощных САЕ-пакетов, таких как ANSYS [1], COMSOL Multiphysics [2], и др.

Как показано, в частности в [3, 4, 5, 6, 7], при моделировании динамических режимов электрических машин и аппаратов, в частности трансформаторов, достаточная для инженерных расчетов точность может быть достигнута при использовании 2D-моделей магнитного поля и электрических схем замещения физических процессов. Это позволяет существенно увеличить скорость расчетов. При этом исследование моделей устройств может осуществляться практически в реальном времени, то есть в режиме имитации эксперимента. Так как достигаемая точность соответствует требованиям, предъявляемым к цифровым двойникам, то этот данный подход можно считать перспективным направлением развития технологии цифровых двойников электрических машин и аппаратов. В данном докладе представлены результаты разработки моделей динамических режимов работы силовых трансформаторов, которые положены в основу технологии создания цифровых двойников данных устройств.

Так как принцип работы трансформатора определяется, главным образом, картиной магнитного поля, то именно расчет магнитного поля в 2D-постановке является ядром данной технологии. Основой для этого являются результаты исследования, приведенные в [3], которые свидетельствуют о том, что расчет основного поля в 2D- и 3D-постановке (рис. 1) различаются всего на 2 – 3 %.

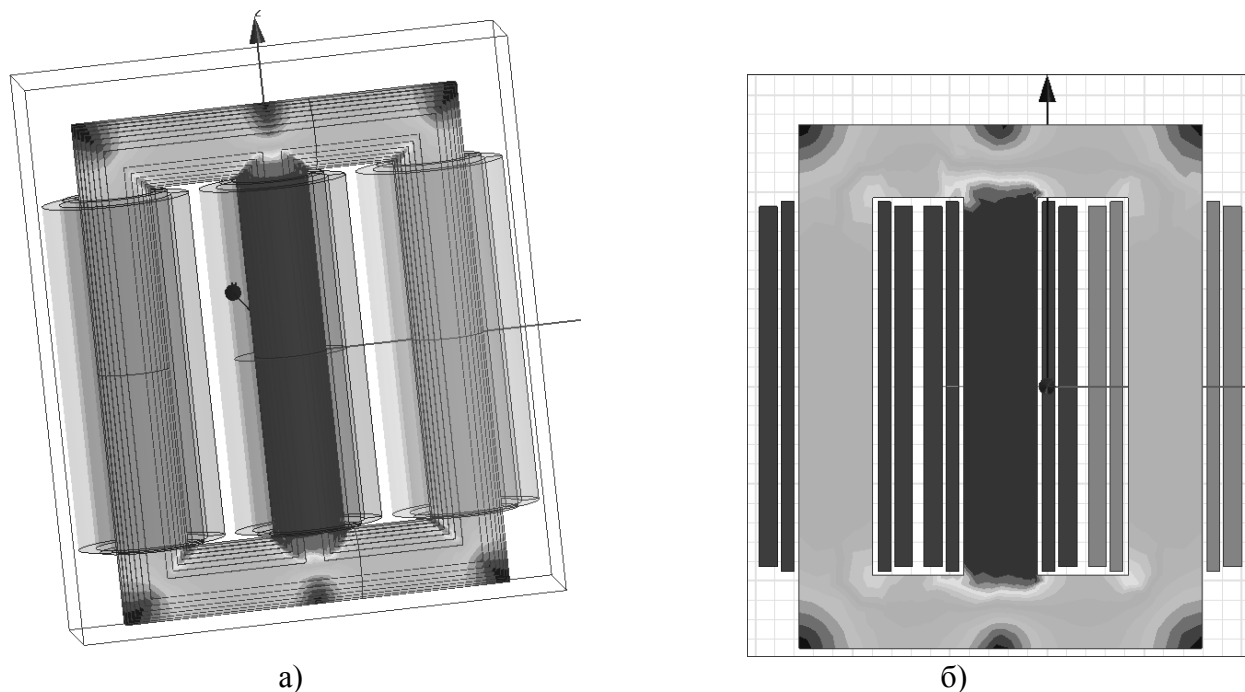


Рис. 3. 3D-модель (а) и 2D-модель трансформатора ТМГ-1000-10/0,4

Однако расчет полей рассеяния дает существенное расхождение, что говорит о невозможности использовать для расчета индуктивностей рассеяния обмоток трансформатора результаты расчета 2D-поля, полученные на модели, представленной на рис. 1,б. В то же время и модель, представленная на рис. 1,б, также не может быть использована для расчета поля рассеяния, которое на 3 – 4 порядка слабее основного поля, так как при совместном расчете обоих полей на 3D-модели результаты и расчета поля рассеяния попадают в зону погрешности.

Кроме того, ввиду специфики магнитной системы трансформатора (стержневая система, выполненная из анизотропной стали, равномерное распределение магнитной индукции в сечении стержня, наличие технологических зазоров в углах магнитной системы, пренебрежительно малые поля рассеяния и т.п.) оказывается, что достаточную для цифрового двойника точность расчета основного магнитного потока обеспечивает даже упрощенная модель, построенная на основе теории магнитных цепей (рис. 2), которая по скорости расчета существенно предпочтительней 2D-модели магнитного поля и, тем более, 3D-модели.

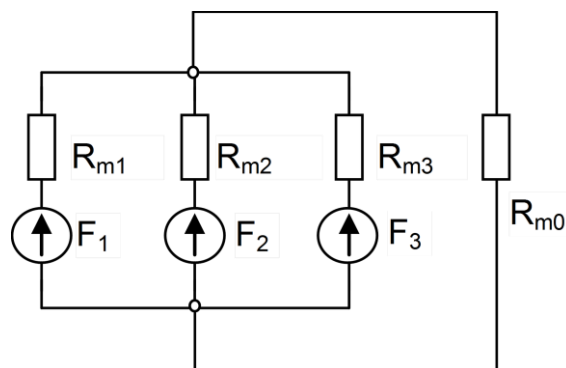


Рис. 2. Магнитная цепь трансформатора

Система уравнений по методу контурных токов для трехстержневой системы трехфазного трансформатора имеет вид

$$\begin{Bmatrix} i_{0r1} \\ i_{0r2} \\ i_{0r3} \end{Bmatrix} = \frac{1}{w_1} \begin{bmatrix} R_{m1} + R_{m0} & R_{m0} & R_{m0} \\ R_{m0} & R_{m2} + R_{m0} & R_{m0} \\ R_{m0} & R_{m0} & R_{m3} + R_{m0} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \Phi_1 \\ \Phi_2 \\ \Phi_3 \end{Bmatrix}. \quad (1)$$

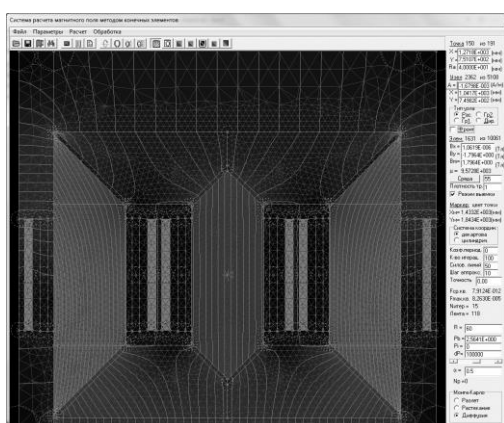
где i_{0rk} – фазные намагничивающие токи первичных обмоток; w_1 – количество витков в первичной обмотке; R_{mk} – магнитные сопротивления ветвей; R_{m0} – магнитное сопротивление поля нулевой последовательности; Φ_k – магнитный поток k -го стержня; F_k – магнитодвижущие силы обмоток (на рис. 2).

Магнитные сопротивления ветвей

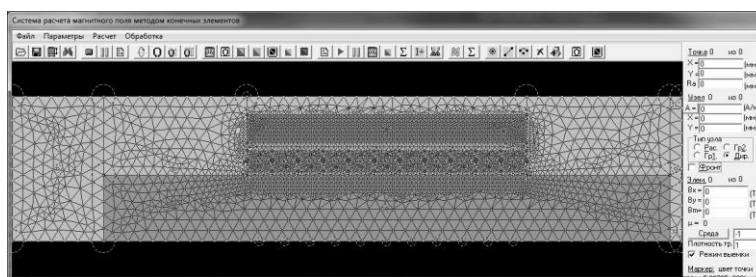
$$R_{mk} = v(B_k) \frac{1}{S} \begin{cases} \ell_s + 2\ell_a & \text{при } k = 1, 2 \\ \ell_s, & \text{при } k = 2 \end{cases} + \frac{\delta}{2\sqrt{2} \cdot \mu_0 S}, \quad (2)$$

где $v(B_k)$ – удельное магнитное сопротивление стали; B_k – магнитная индукция в k -й ветви; S – активное сечение магнитной ветви по железу; δ – расчетное значение технологического зазора; ℓ_s, ℓ_a – длина средней линии стержня и ярма.

Для расчета магнитного сопротивления поля нулевой последовательности используется 2D-модель магнитного поля, представленная на рис. 3,а. Здесь поле рассчитывается в плоскопараллельной постановке при одинаковых мгновенных значениях намагничивающих токов во всех фазах первичной обмотки. На границе области, совпадающей с внутренней поверхностью бака задаются условия Дирихле, что соответствуют полному вытеснению магнитного поля из стали бака (проведенные численные исследования свидетельствуют, что данное допущение справедливо с погрешностью до 0,1 %). Предварительная оценка погрешности, связанной с 2D-постановкой задачи, говорит, что она не должна превышать 14%, что можно учесть дополнительным коэффициентом. Более точная оценка будет дана после дополнительных исследований.



а)



б)

Рис. 3. 2D-модель для расчета поля нулевой последовательности трансформатора (а) и 2D-модель в осесимметричной постановке для расчета поля рассеяния обмоток трансформатора

Для расчета индуктивности рассеяния обмоток была использована 2D-модель магнитного поля в осесимметричной постановке, представленная на рис. 2,б. На гра-

ницах модели также задавались условия Дирихле. Влияние сердечника в окне трансформатора пока не учитывалось. Предварительная оценка данной погрешности говорит о том, что она не должна превышать 5 %, однако данный вопрос также требует дополнительного исследования.

Имитационная модель трехфазного трансформатора, реализованная в MatLab Simulink SimPowerSystem на основе (1) – (2), представлена на рис. 4. В ее основе лежит схема идеального трансформатора, представленного управляемыми источниками тока в первичных обмотках трансформатора и управляемыми источниками ЭДС во вторичных обмотках. Кривая намагничивания стали представлена в форме $v(B_k)$. Кривые включения трансформатора на холостой ход и на нагрузку, полученные с помощью данной модели, представлены на рис. 5.

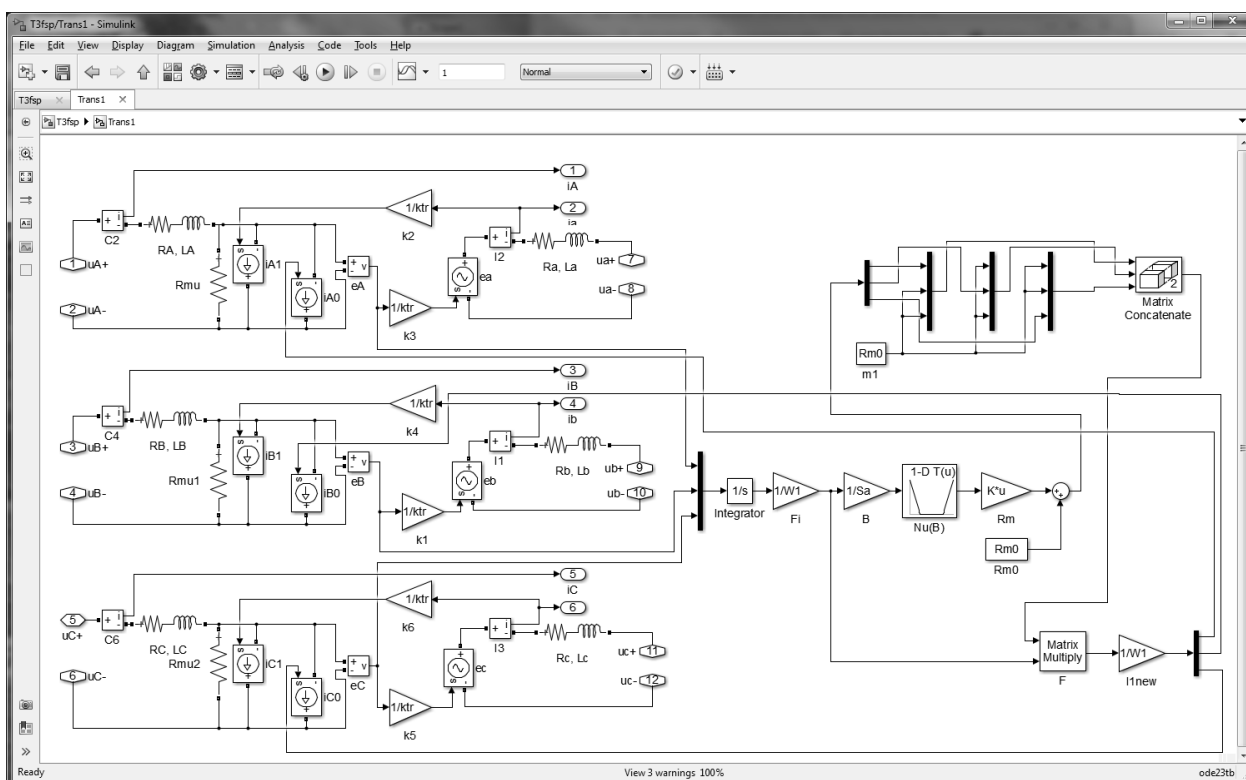


Рис. 4. Динамическая модель силового трансформатора в MatLab Simulink SimPowerSystem

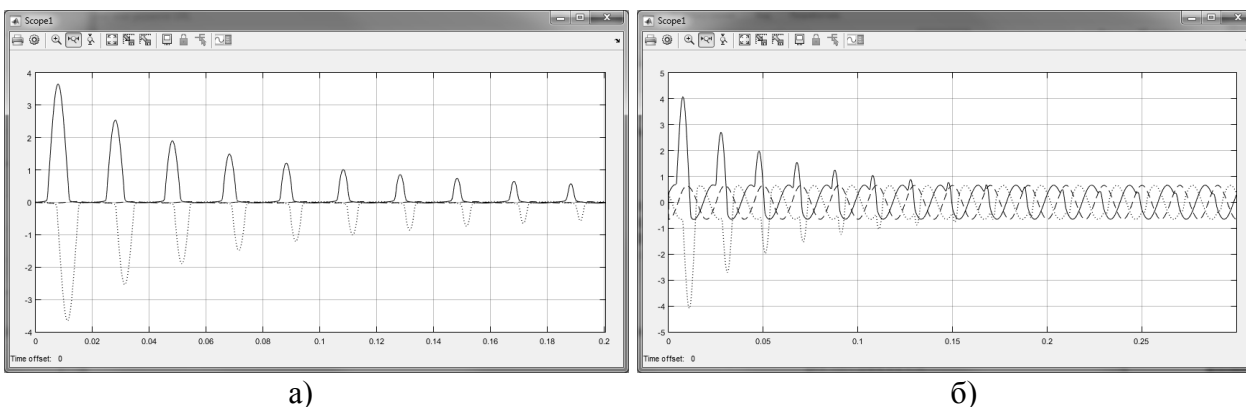


Рис. 5. Кривые включения трансформатора на холостой ход (а) и на нагрузку (б)

Цифровой двойник трансформатора, обеспечивающий точность расчетов в пределах 95%, может быть построен на основе облегченных численных моделей, в частности, 2D-моделей магнитного поля для расчета параметров короткого замыкания трансформатора (индуктивностей рассеяния обмоток и магнитного сопротивления поля нулевой последовательности) и модели нелинейной магнитной цепи с использованием математического пакета MatLab Simulink SimPowerSystem, или пакета SciLab Xcos. Для расчета магнитного поля при создании цифрового двойника была использована библиотека конечно-элементного моделирования EMLib [8] (разработка ИГЭУ). Работа была выполнена при финансовой поддержке РФФИ, региональный конкурс Ивановской области, проект № 18-43-370012 от 09.06.2018, и Фонда содействия инновациям, номер договора 17ГРЦТС10-D5/56171 от 12.12.2019.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Digital Twin [Электронный ресурс] // ANSYS. – Режим доступа: <https://www.ansys.com/products/systems/digital-twin/>
2. Digital Twin Modeling with COMSOL® in 18 Minutes [Электронный ресурс] // COMSOL. – Режим доступа: <https://www.comsol.com/events/webinar/Digital-Twin-Modeling-with-COMSOL-in-18-Minutes-74531>
3. Тихонов А.И., Пайков И.А. Анализ моделей для электромагнитного расчета силовых трансформаторов. – Иваново: "Вестник ИГЭУ", 2015, Вып. 3, с. 38-43.
4. Тихонов А.И., Стулов А.В., Каржевин А.А., Подобный А.В. Разработка нелинейной модели трехфазного трансформатора для исследования влияния несимметрии магнитной системы на работу устройства в произвольных режимах. - Иваново: «Вестник ИГЭУ», 2020. – Вып. 1, с. 22 – 31.
5. Тихонов А.И., Гусенков А.В., Тамьярова Ю.В., Подобный А.В. Технология моделирования в Simulink динамических режимов работы электрических машин с использованием библиотеки полевых расчетов. - Иваново: «Вестник ИГЭУ», 2016. – Вып. 6. – с. 57-65.
6. Булатов Л.Н., Тихонов А.И. Численные методы моделирования динамических режимов асинхронных машин / ФГБОУВПО «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина». – Иваново, 2013. – 120 с.
7. Тихонов А.И., Шишкин В.П., Рубцов Д.В. Поиск оптимальной конструкции торцевого ветрогенератора с использованием динамической полевой модели – «Вестник ИГЭУ», 2005, Вып. 3, с. 43-47.
8. Тихонов А.И., Булатов Л.Н. Платформонезависимая библиотека конечно-элементного моделирования магнитного поля / Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ. – М.: Федеральная служба по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам. –№ 2011614852. Заявка № 2011613040, приоритет от 28.04.2011, Зарегистрировано в Реестре программ для ЭВМ 22.06.2011.

УДК 519.876.5:621.87

В. А. Татаринцев, А. В. Васильев

ФГБОУ ВО Брянский государственный технический университет

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ НА ОСНОВЕ МОДЕЛЬНО-ОРИЕНТИРОВАННОГО ПОДХОДА

Ключевые слова: проектирование, модель, техническая система, модельно-ориентированный подход.

Аннотация: В работе рассмотрен подход к проектированию технических систем на основе модельно-ориентированной системной инженерии. Показано, что конструирование технического объекта можно свести к оперированию комплексом взаимоувязанных разнообразных моделей, ответственных за работу всех элементы изделия.

V.A. Tatarintsev, A.V. Vasiliev

DESIGN OF TECHNICAL SYSTEMS BASED ON THE MODEL-ORIENTED APPROACH

Keywords: Design, model, technical system, model-oriented approach.

Abstract: The paper considers an approach to the design of technical systems based on model-oriented system engineering. It is shown that the design of a technical object can be reduced to operating with a complex of interconnected various models responsible for the operation of all elements of the product.

Проектирование современных технических систем потребовало перехода от традиционных методов [1] к методам, основанным на применении современных информационных технологий [2]. Анализ проектируемых технических систем показал, что для более трех четвертей из них требуется доводка новых изделий, которая частично, а иногда существенно меняет их структуру. Несмотря на широкое применение компьютерных технологий о современные методы проектирования в ряде случаев не совершенны и требуют дальнейшего совершенствования. Наиболее действенным из новых методов является модельно-ориентированное проектирование. При изготовлении новых сложных и ответственных изделий требуется проведение ускоренных ресурсных испытаний для оценки ресурса в напряженных узлах, работающего в условиях, предусмотренных нормативной документацией. Выбор элементов технических систем (материалов, параметров сопряжений деталей, системы технического обслуживания и ремонтов) с учетом условий эксплуатации требует поиска перспективных аналогов (альтернатив) и применения современных компьютерных технологий.

Модельно-ориентированное проектирование является эффективным и экономически выгодным способом разработки технических систем любой сложности. Вместо физических прототипов, применяемых при традиционном проектировании, в модельно-ориентированном проектировании применяются математические модели, которые используются на всех этапах разработки. При таком подходе можно разрабатывать и проводить имитационное моделирование как всей системы в целом, так и ее

компонентов. Как показывает опыт, применение этого подхода позволяет повысить качество проектирования и уменьшить время разработки в несколько раз.

Рассмотренные подходы могут применяться не только при проектировании новых, а также на стадии модернизации уже существующих эксплуатируемых технических объектов. Схему проведения диагностического анализа и оценки объекта можно представить в следующем виде – рис. 1.

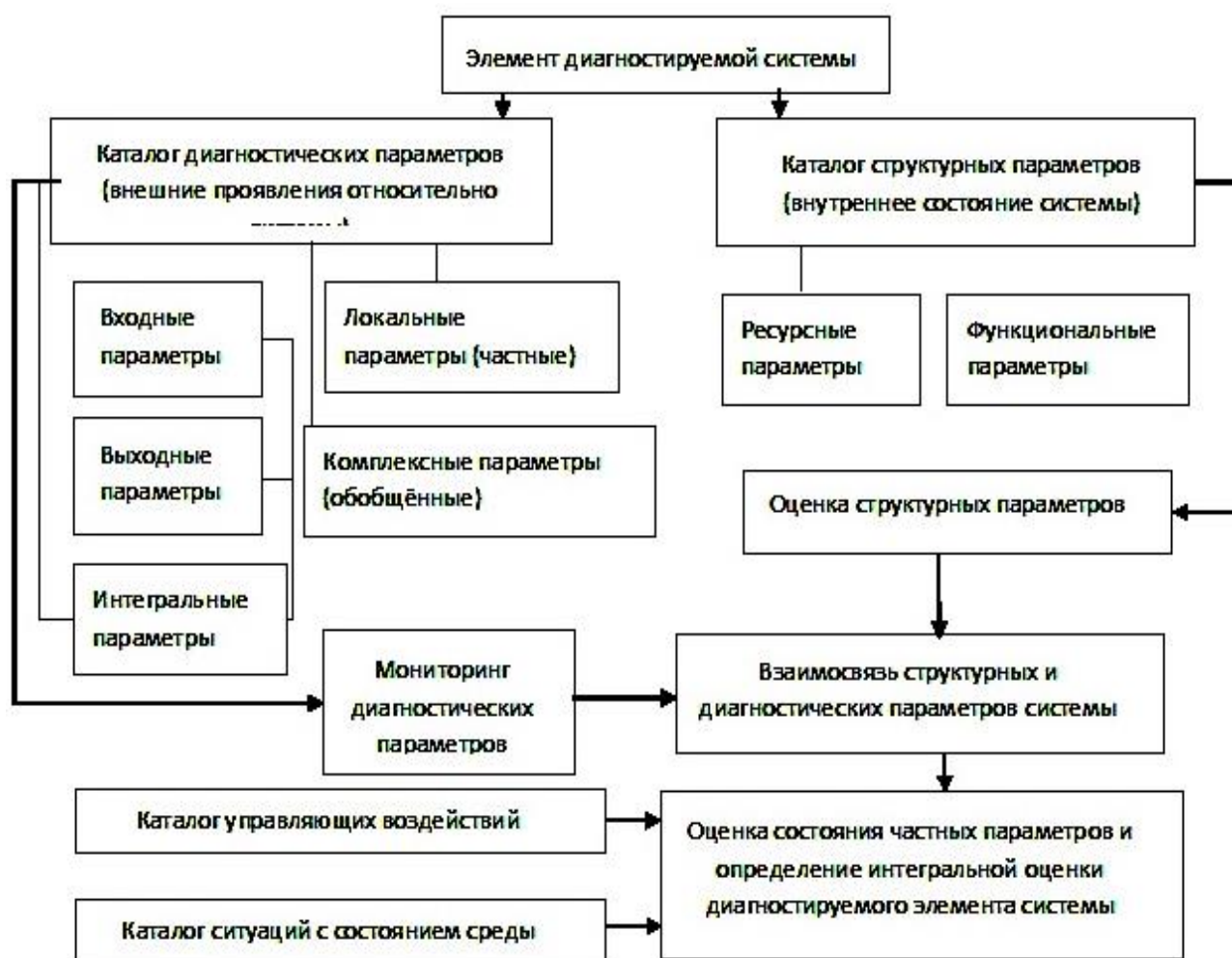


Рис. 1. Схема оценки объекта (диагностический подход)

Главная цель современного моделирования заключается в обеспечении проектировщиков методологией, позволяющей разработать модель, имитирующую поведение системы и дать оценки влияния факторов.

Модель системы способствует проектированию новой техники с заданными свойствами, является средством синтеза технической системы и представляет собой физический или математический объект, адекватно отражающий исследуемую систему. Понимание процессов деградации технической системы под действием эксплуатационных факторов (нагруженности, окружающей среды, системы диагностики, технического обслуживания и ремонтов и др.) позволяет при проектировании выбрать необходимые материалы и разработать комплекс мероприятий по управлению поведением системы.

Ориентируясь на перспективные решения, моделирование дает возможность выявить критических условия и условия работоспособного состояния, что позволяет создать требуемую техническую систему без дорогостоящих процедур изготовления опытного образца и доводки конструкции с последующим прогнозированием сопротивления развитию разрушения и надежности под конкретные эксплуатационные условия. Проектирование включает в себя: выбор материалов; динамический (силовой) анализ; механизмы повреждений; влияние окружающей среды; деформации; гипотезы о процессах деградации; имитация взаимодействия элементов; проверка адекватности и идентификация модели.

Использование моделей позволяет учитывать человеческий фактор. Представление комплексной разработки в виде моделей системы – лишь часть решения. Необходимо также выполнить математическое описание, чтобы лучше понять поведение системы. Решению этой задачи предшествует анализ соответствующего технического объекта и его связей с более общей системой на основе системного подхода (рис. 2).



Рис. 2. Схема оценки компонентов объекта (детальный подход)

Построенные таким образом модели вместе с использованием инструментов для моделирования, могут привести к разработке концепции управления надёжностью объекта в виде регламентированной системы технического обслуживания и ремонтов. Для получения необходимых параметров требуется создание баз знаний о различных свойствах элементов системы создаваемого объекта как на основе допол-

нительных лабораторных и натурных экспериментов, так и на базе знаний прецедентного подхода.

На базе модельно-ориентированного подхода в работе [3] оценивали надежность технических машин и их элементов. В основу этого подхода было положено имитационное моделирование процесса усталостного разрушения на базе метода статистических испытаний (метода Монте-Карло). В качестве составляющих элементов общей модели были включены подмодели формы и размеров исследуемых элементов, их прочностных свойств, режимов эксплуатационного нагружения, деградации материала, системы технического обслуживания и ремонтов. Математическая модель отказа отражала влияние всех значимых факторов на процесс разрушения. Так, при прочностных отказах важно кроме силовых факторов учитывать влияние на процесс разрушения случайных колебаний и систематических изменений эксплуатационных температур, коррозионного и других воздействий окружающей среды. Для изучения этих закономерностей были проведены специальные эксперименты [4].

Имитировались следующие компоненты модели – план наблюдений за объектами, стохастические модели процессов разрушения, приводящих к отказам, ремонтный цикл объекта и способ его восстановления, диагностика повреждений и вероятностное описание разрешающей способности ее средств. Выбор плана наблюдений зависел от вида объекта, условий эксплуатации и экономической целесообразности. При этом разработаны процедуры замены, восстановления и ремонта для поддержания работоспособного состояния элемента технической системы в течение требуемого срока службы [5].

Таким образом, приведены основные принципы обеспечения качественного проектирования технических систем на основе модельно-ориентированного подхода.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Джонс Дж. К. Методы проектирования. – М.: Мир, 1986. – 326 с.
2. Косяков А., Свит У., Сеймур С., Бимер С. Системная инженерия: Принципы и практика / пер. с англ. – М.: ДМК Пресс, 2014. – 636 с.
3. Татаринцев В.А. Анализ характеристик надежности элементов машин на основе имитационного моделирования // В сборнике: Информационные технологии и автоматизация управления: материалы X Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов, работников образования и промышленности. Отв. редактор А.В. Никонов. 2019. – С. 305–314.
4. Kostenko N.A., Tatarintsev V.A. Influence of overloads, cycle asymmetry, and moisture on the cyclic crack resistance of cast steels // Materials Science. – 1987. – V. 23. – № 2. – P. 186–19.
5. Татаринцев В. А. Прогнозирование прочностной надежности элементов подвижного состава с учетом их диагностики и ремонтного цикла // Транспорт: наука, техника, управление. Научный информационный сборник. – 2018. – № 9. – С. 35–40.

УДК 620.178.162.43+621.892+621.899

*В. В. Терентьев¹, И. А. Телегин¹, А. В. Маркелов², Е. Л. Орешков², О. Б. Аكوпова³,
Д. А. Прилуцкий³*

¹ФГБОУ ВО Ивановская ГСХА

²ФГБОУ ВО Ивановский государственный политехнический университет

³ФГБОУ ВО Ивановский государственный университет

ВЛИЯНИЕ ВВЕДЕНИЯ УНДЕЦИЛАТА МЕДИ НА ТРИБОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ОЧИЩЕННОГО ОТРАБОТАННОГО МАСЛА

Ключевые слова: очистка, смазочный материал, трение, износ, ресурс

Аннотация: Представлены результаты экспериментальных исследований смазочного материала на основе очищенного методом баромембранной технологии отработанного масла с добавкой в виде ундецилата меди. Введение ундецилата меди в очищенное отработанное масло позволяет снизить коэффициент трения в 1,7 раза, износ на 28%.

*V. V. Terentyev, I. A. Telegin, A. V. Markelov, E. L. Oreshkov, O. B. Akopova,
D. A. Prilutsky*

INFLUENCE OF COPPER UNDECYLATE INTRODUCTION ON TRIBOLOGICAL CHARACTERISTICS OF PURIFIED WASTE OIL

Keywords: cleaning, lubricant, friction, wear, resource

Abstract: The results of experimental studies of a lubricant based on waste oil purified by baromembrane technology with an additive in the form of copper undecylate are presented. The introduction of copper undecylate in purified waste oil reduces the coefficient of friction by 1.7 times, wear by 28%.

Эффективность применения смазочных материалов в разнообразных трибосистемах определяется не только характеристиками базового масла, но и эффективностью применяемых в нем функциональных присадок и наполнителей. В процессе работы в узлах трения применяемые масла загрязняются, окисляются, что приводит к ухудшению их эксплуатационных характеристик и в конечном счете потере работоспособности. Поэтому при периодическом техническом обслуживании техники масла заменяются на свежие. При этом возникают проблемы, связанные с утилизацией загрязненного и выбракованного масла. Одним из перспективных путей повышения эффективности использования смазочных масел является их очистка и восстановление эксплуатационных характеристик в том объеме, в котором требуется для эффективной работы трибосопряжения. В настоящее время разработаны различные схемы очистки загрязненных масел, основанные на применении как физических, так и химических методов [1-3]. Из разнообразия существующих в настоящее время методов глубокой очистки масел можно отметить метод фильтрации с применением керами-

ческих мембран. В зависимости от величины пор мембран можно осуществлять как микро, так и ультрафильтрацию. Применение различных адсорбентов и коагулянтов позволяют повысить эффективность очистки.

В дальнейшем очищенные масла можно использовать как основу смазочной композиции, добавляя в них комплекс функциональных добавок в зависимости от условий дальнейшего использования в трибосопряжениях. Так как основным назначением смазочного материала является эффективное разделение поверхностей трения, то наиболее важными добавками являются противоизносные и антифрикционные.

Проведенные ранее исследования [4-9] указывают на перспективность использования в качестве антифрикционных и противоизносных добавок к смазочным материалам различных жидкокристаллических соединений и их смесей.

Однако результаты, полученные ранее, проводились с использованием в качестве основы смазочной композиции товарных смазочных материалов, имеющих изначально в своем составе пакет присадок.

В данном исследовании за основу смазочной композиции принималось очищенное отработанное масло.

В качестве материала для исследований принималась смесь отработанных масел, которая предварительно подвергалась очистке на керамических фильтрующих мембранах.

В таблице 1 представлены характеристики масла до и после очистки.

Таблица 1 Характеристики масла до и после процесса очистки

Наименование показателя	Значение показателя	
	до очистки	после очистки
Кинематическая вязкость масла при 40 ⁰ С, сСт	54,84	26,61
Кинематическая вязкость масла при 50 ⁰ С, сСт	37,74	19
Кинематическая вязкость масла при 100 ⁰ С, сСт	9,77	5,43
Плотность, кг/м ³	861	847
Чистота масла, %	97,7	99,6
Диэлектрическая проницаемость, ед	2,6293	2,4362
Щелочное число, мгКОН/г	6,4	4,0

Как видно, применение керамических мембран позволяет проводить глубокую очистку масла, при этом из масла удаляется большинство присадок. Об этом свидетельствует снижение кинематической вязкости в 1,8-2 раза, плотности и щелочного числа в 1,6 раза. Из масла полностью удаляется вода и механические примеси. Однако в процессе очистки не происходит значительного осветления масла.

Для изучения возможности улучшения трибологических характеристик в очищенное отработанное масло добавлялся ундецилат меди. Данное соединение было выбрано на основании ранее проведенных исследований [10], где было показано, что карбоксилаты меди, являющиеся дискотическими мезогенами, при определенных условиях в смесях со смазочными материалами также проявляют жидкокристаллические свойства, а ундецилат меди их проявляет уже при комнатной температуре.

Изучение трибологических характеристик осуществлялось на машине трения СМТ-1 по схеме «неподвижный шар-вращающийся ролик». Смазка испытуемого ролика проводилась погружением его в ванну с маслом. В процессе исследований определялся коэффициент трения, износ шара, а также температура масла в ванне. Нагрузка на образцы составляла 200 Н.

Результаты определения коэффициента трения представлены на рисунке 1.

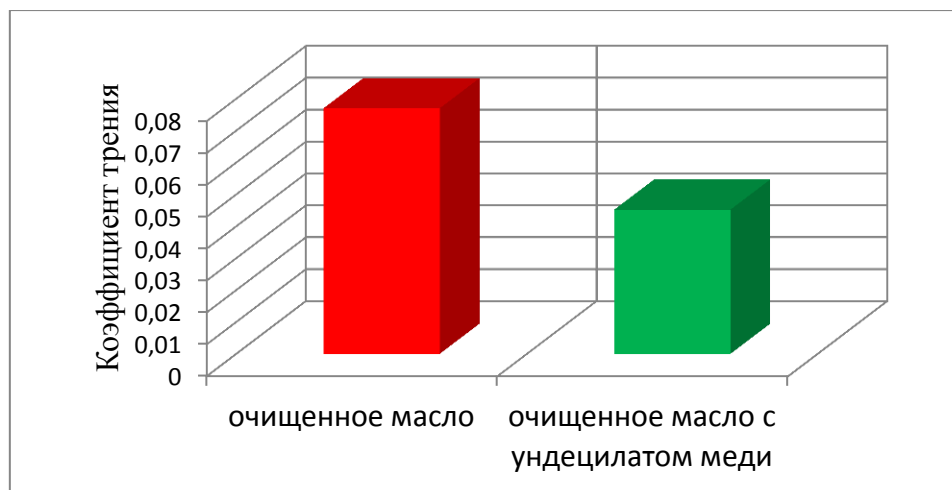


Рис. 1. Результаты определения коэффициента трения

Как видно, введение ундецилата меди в масло приводит к снижению коэффициента трения в 1,7 раза.

Таким образом, ундецилат меди позволяет эффективно улучшать антифрикционные характеристики отработанного масла.

Для повышения ресурса и долговечности трибосопряжений требуется снижать их интенсивность изнашивания.

Улучшение антифрикционных характеристик смазочного материала путем введения мезогенного ундецилата меди позволяет улучшать режим работы трибосопряжения и снижать интенсивность изнашивания элементов пар трения.

На рисунке 2 представлены результаты определения износа неподвижного образца.

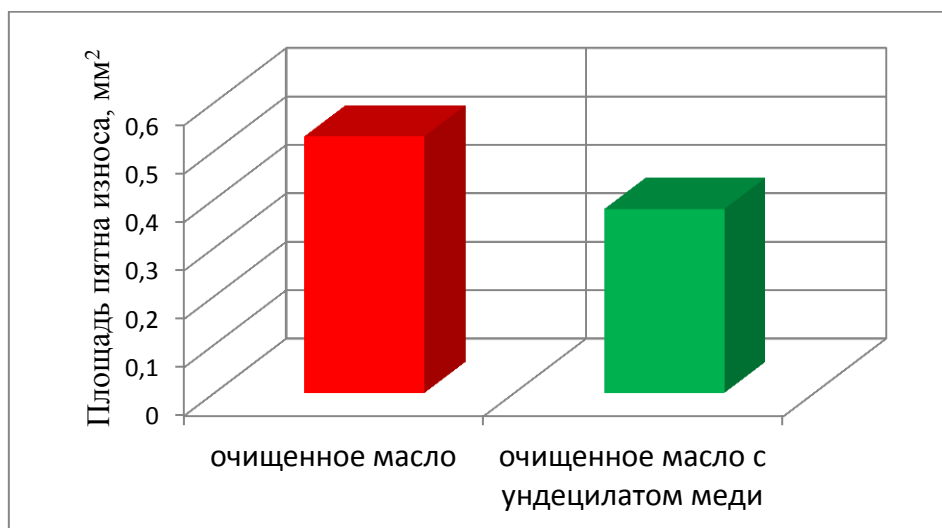


Рис. 2. Результаты определения износа неподвижного образца

Добавка ундецилата меди к очищенному маслу приводит к снижению износа неподвижного образца (шара) на 28 %, что сопоставимо с результатами, полученными ранее [11]. При этом прирост температуры масла за время испытаний в обоих случаях составил 20⁰С.

Улучшение трибологических характеристик очищенного масла при введении карбоксилата мы связываем с переходом ундецилата меди в мезофазу в зоне трения и определенной его ориентацией на поверхности трения.

Таким образом, ундецилат меди является достаточно эффективной антифрикционной и противоизносной добавкой к смазочным материалам на углеводородной основе и его применение в дальнейшем позволит повышать ресурс трибосопряжений и долговечность машины в целом.

Данное исследование показывает также, что отработанные масла после очистки и восстановления трибологических свойств можно использовать в качестве смазочных материалов в различных механизмах, что позволяет решить проблемы с их утилизацией.

Работа выполняется в рамках госзадания Минобрнауки РФ для Ивановского гос. университета на 2020–2022 (заявка № FZZM-2020-0006).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Терентьев В.В., Баусов А.М., Богомолова А.Ю., Твердов А.В. Разработка метода восстановления свойств отработанных смазочных материалов. В сборнике: Актуальные проблемы и перспективы развития агропромышленного комплекса. Материалы межрегиональной научно-методической конференции. 2014. С. 200-201.
2. Федосов С.В., Масленников В.А., Осадчий Ю.П., Маркелов А.В. Ресурсосберегающая технология при технической эксплуатации строительной техники // Вестник МГСУ. 2012. № 2. С. 104-108.
3. Морозов И.В., Масленников В.А., Осадчий Ю.П., Маркелов А.В. Возможность регенерации минерального моторного масла //Аграрный вестник Верхневолжья. 2014. № 3 (8). С. 25-27.
4. Терентьев В. В., Аكوпова 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.
5. Терентьев В.В., Аكوпова О.Б., Телегин И.А. Влияние мезогенной присадки бегената меди на реологические и триботехнические характеристики пластичных смазок// Жидкие кристаллы и их практическое использование. 2017. Т.17. №1. С.93-100.
6. Терентьев В.В., Аكوпова О.Б., Лапшин В.Б., Субботин К.В. Влияние строения дискотических мезогенных присадок-карбоксилатов меди на свойства синтетических кальциевых смазок // Ремонт, восстановление, модернизация. 2011. №4. С.31-33.
7. Терентьев В. В., Аكوпова О.Б., Баусов А. М., Герасимов А.И., Телегин И.М. Разработка и исследование антифрикционных и противоизносных дискотических мезогенных присадок для пластичных смазок машин и оборудования// Известия Самарской ГСХА. 2014. №3. С.53-56.
8. Терентьев В.В., Аكوпова О.Б., Телегин И.А. Влияние карбоксилатов меди на основе валериановой и изовалериановой кислот на трибологические характеристики пластичных смазок // Жидкие кристаллы и их практическое использование. 2016. Т.16. №2. С.100-105.
9. Терентьев В.В., Телегин И.А., Рябинин В.В. Повышение износостойкости трибосопряжений сельскохозяйственной и автотракторной техники путем совершенствования сма-

зочных материалов// Известия Международной академии аграрного образования. 2017. № 35. С. 151-157.

10. Аكوпова, О.Б. Карбоксилаты меди. Моделирование, синтез, мезоморфизм и трибологические свойства / О.Б. Аكوпова, В.Б. Лапшин, В.В. Терентьев, В.С. Богданов // Жидкие кристаллы и их практическое использование. 2012. Вып. 2. С. 20 – 28.

11. Терентьев В. В., Аكوпова О.Б., Телегин И.А. Повышение ресурса подшипников качения за счет применения ундецилата меди // Надежность и долговечность машин и механизмов: сборник материалов/Под ред. В.В. Киселева, С.А. Никитиной.– Иваново; ФГБОУ ВО «Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России». 2015. С.118-120.

УДК 621.1

Е. С. Уваров, И. И. Ведерникова

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

ВОПРОСЫ СВАРКИ АДАПТЕРОВ КОВША ЭКСКАВАТОРА

Ключевые слова: Сварка, режим, напряжения.

Аннотация: Объектом исследования являются проблемы определения рациональных параметров сварки ковшей гидравлических экскаваторов по критерию минимизации возникающих напряжений.

Е. S. Uvarov, I. I. Vedernikova

WELDING ISSUES FOR EXCAVATOR BUCKET ADAPTERS

Keywords: Welding, mode, voltage.

Abstract: The object of research is the problem of determining the rational parameters of welding buckets of hydraulic excavators according to the criterion of minimizing the resulting stresses.

В течение эксплуатации экскаватора, рабочее оборудование – стрела, рукоять и ковш испытывают значительные динамические нагрузки и естественный абразивный износ. Одним из важных показателей безаварийной и эффективной эксплуатации экскаватора является состояние ковша. Определение технического состояния ковша и выявление дефектов осуществляется визуальным осмотром. Основными дефектами являются: трещины основного металла режущей кромки, трещины швов адаптеров, износ тела и посадочных мест адаптеров. Если по результатам осмотра дается заключение, что ковш не допускается к дальнейшей эксплуатации, то принимается решение о целесообразности проведения ремонтно-восстановительных работ или замене элементов ковша.

Целью работы является определение рациональных параметров сварки ковшей гидравлических экскаваторов по критерию минимизации возникающих напряжений в наиболее ответственных элементах конструкции.

Идея работы заключается в определении взаимосвязи между рациональными конструктивными параметрами ковша экскаватора и напряженно-деформированным

состоянием в наиболее ответственных его элементах. Выведение подобной зависимости позволит минимизировать эквивалентные напряжения в наиболее ответственных элементах конструкции и энергозатраты при ведении сварочных работ.

Любая сварочная операция, связанная с нагревом, неизбежно приводит к изменению формы конструкции и возникновению в ней временных и остаточных деформаций. От того как они распределены по всей конструкции будет зависеть и ее работоспособность, поэтому решение данных задач позволит ответить на вопрос: какие напряжения и деформации возникнут в конструкции при данной технологии сварки, в зависимости от режима, формы разделки, последовательности сварки и других ее параметров (рис. 1).

Как распределяется тепло при сварке в изделии, пожалуй, самое основное, что необходимо знать, т.к. от этого будет зависеть форма сварного шва, размеры зоны термического влияния, временные и остаточные деформации и напряжения, время пребывания металла в критическом диапазоне температур (рис.2).

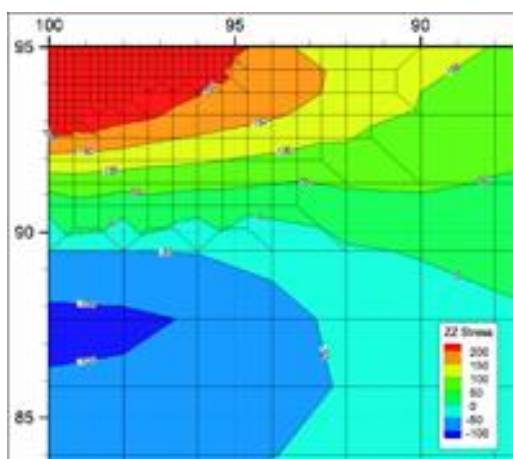


Рис. 1. Распределение остаточных продольных напряжений

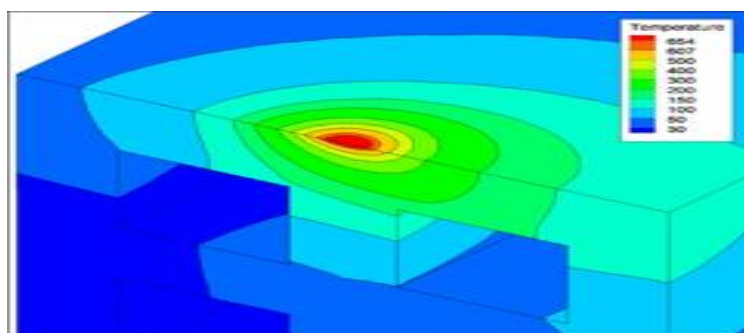


Рис. 2. Расчетное температурное поле

Свариваемые адаптеры системы зубцов ESCO SUPER V как правило имеют твердость HB 415. Чтобы избежать возможного растрескивания, связанного со сваркой стали такой твердости, тщательно нужно следовать указаниям и гостам по сварочным работам. Необходимо использовать электроды (AWS A5.1) E-7016, (DIN 8556) E 51 54 B 10 120, (ISO3581) E 515 B 120 29(H) или (AWS A5.18) ER 70 S-6, (DIN 8559) SG2, а так же проволоку (NF 81.311) GS2.

Детали должны быть зачищены. Ржавчина, грязная краска и шелуха должны быть удалены со всех поверхностей, на которых будет осуществляться сварка.

При установке адаптера нужно расположить зазор между ножек между верхней и нижней частями. При необходимости использовать мягкую сталь для правильного расположения адаптера. Эта сталь должна будет расплавиться при первичной сварке (рис. 3).

Предварительный нагрев / температура шва:

- Для фланцев толщиной до 50 мм предварительного нагрева при нормальных условиях не требуется. Если температура окружающей среды очень низкая, нагревать стоит поверхность и детали до 95 °С;

- Для фланцев толщиной более 50 мм, предварительный нагрев деталей и фланца поверхности обязателен (150-200 °С). Эту температуру необходимо поддерживать в течение всего процесса сварки. Промежуточная температура шва не должна превышать 200 °С. Температура всего фланца не должна понижаться более чем на 50 °С/ч. Также стоит ограничить приток холодного воздуха в зону проведения работ.

Сваривание адаптеров осуществляется за несколько проходов. Первый проход должен обеспечить наилучшее проплавление между деталями и фланцем. Применять стоит первый проход один раз, в начале подготовки кромок к сварке. Сделать проход сначала по верхней, а затем по нижней ветви. На каждой стороне фланца, не сваривать угловую часть (рис. 4).

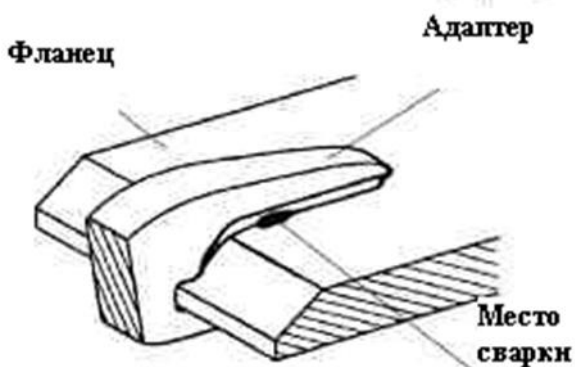


Рис. 3. Схема сварки адаптера к режущей кромке ковша

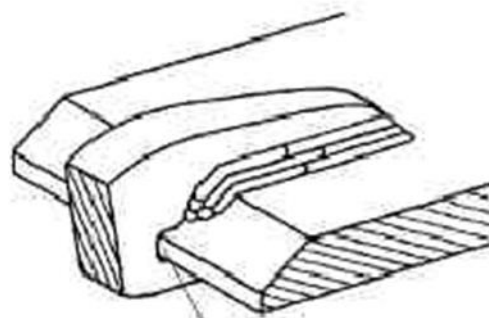


Рис. 4. Места непровара

Следующие проходы: формирование шва сводится к заполнению кромки с криволинейным скосом и добавлению углового сварного шва, соответствующего по высоте разделке кромок под сварку, в тех участках детали, где это возможно. Необходимо соединить одиночные наплавки до формирования ровного углового шва на наклонной части верхней и нижней ножек. Затем делают законченный угловой шов (приведены на рис. 5 и рис. 6) трижды, обрабатывая поверхность между верхней и нижней ножками в соответствии с последовательностью, указанной ниже.

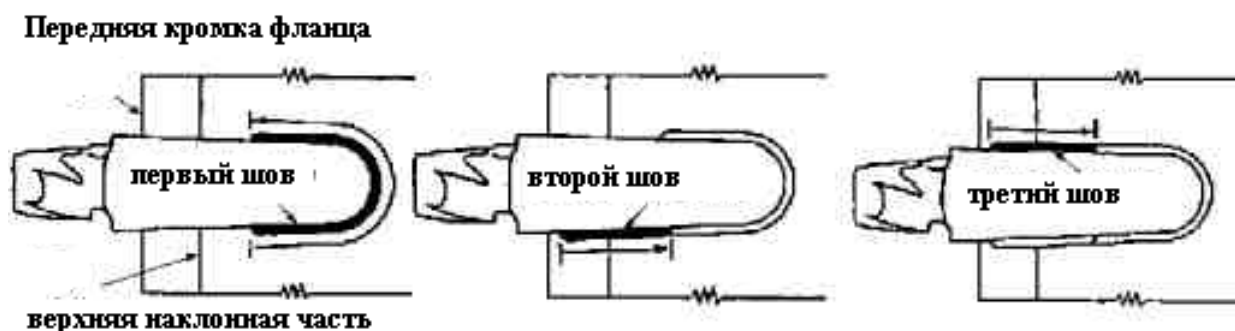


Рис. 5. Сварка по верхней поверхности фланца

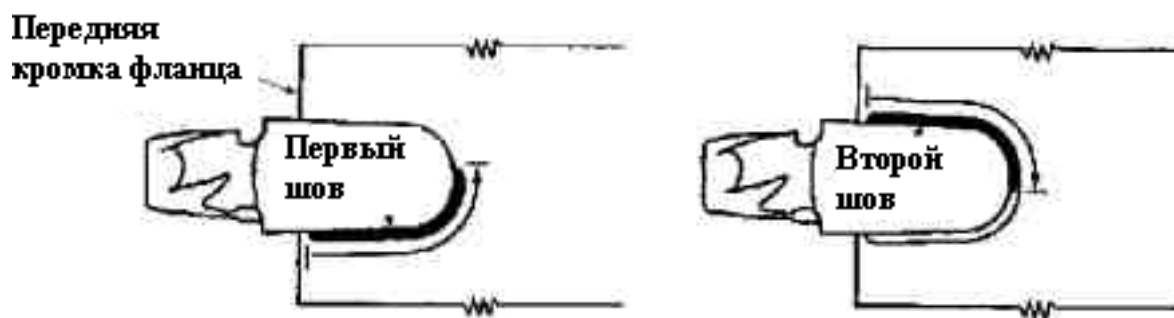


Рис. 6. Сварка по нижней поверхности фланца

Слегка стоит варьировать длину швов чтобы положения начала/конца не находились точно в одной плоскости. После каждого прохода удалять шелуху.

Для сварки адаптеров предлагается метод, основанный на рекомендациях ведущих зарубежных производителей режущих кромок в сборе с адаптерами с применением высококачественного сборно-сварочного оборудования. Данный метод позволил сократить время ремонтных работ и сварочных материалов в сравнении с базовым вариантом ремонта, при котором выполнялась разделка и заварка многочисленных трещин основного металла режущей кромки. Возникающие при заварке трещин остаточные напряжения и термическое воздействие влияют на ухудшение структуры околошовной зоны, что приводит к повторному появлению трещин при эксплуатации и увеличению частоты простоев экскаватора. А сварка режущей кромки в сборе обеспечивает более продолжительную работу при знакопеременных нагрузках до возникновения усталостных разрушений основного металла.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Технология и оборудование сварки плавлением и термической резки: Учебник для вузов . – 2-е изд. испр. и доп./ А.И.Акулов, В.П. Алехин, С.И.Ермаков и др./ Под ред. А.И.Акулова.-М.:Машиностроение,2003.-560 с.:ил.
2. Хазанов И.О. Сварка специальных сталей и сплавов. Учебное пособие. -Томск: Изд.ТПУ, 1999. -68 с.
3. Сварочные процессы в машиностроении. Орлов А.С., Ведерникова И.И. Лабораторный практикум / Печатается по решению редакционно-издательского совета ФГБОУВО «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина». Иваново, 2016.
4. Технологический процесс сварки труб. Коровкин А.А., Ведерникова И.И. В сборнике: Состояние и перспективы развития электро- и теплотехнологии (Бенардосовские чтения) Материалы Международной (XX Всероссийской) научно-технической конференции. 2019. С. 265-267.

УДК 614.842.6

Р. И. Харламов, А. В. Васильев

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

СПОСОБ КРЕПЛЕНИЯ ПОЖАРНОГО РУКАВА НА СОЕДИНИТЕЛЬНОЙ ГОЛОВКЕ

Ключевые слова: Пожарный рукав, соединительная головка, навязка рукава.

Аннотация: В работе изложена проблема традиционного метода крепления пожарного рукава на соединительной головке. Обозначены основные недостатки, предложено эффективное альтернативное решение с описанием принципа работы и техническими характеристиками.

R. I. Kharlamov, A.V. Vasil'ev

METHOD OF ATTACHING THE FIRE HOSE TO THE CONNECTING HEAD

Keywords: Fire hose, connecting head, sleeve attachment.

Abstract: The paper presents the problem of the traditional method of attaching the fire hose to the connecting head. The main disadvantages are identified, and an effective alternative solution with a description of the operating principle and technical characteristics is proposed.

Пожарный рукав – это гибкий трубопровод, предназначенный для транспортирования огнетушащих веществ и оборудованный при эксплуатации в расчете пожарной машины, а также в составе пожарного крана пожарными соединительными головками [3].

На успешное выполнение задач по тушению пожаров влияют множество факторов, таких как время следования к месту вызова, разведка пожара, развертывание сил и средств, грамотное и рациональное принятие решающего направления, материально-техническое обеспечение, а также наличие огнетушащих веществ. Именно от этих факторов в первую очередь зависят жизни спасенных людей и материальных ценностей.

В процессе эксплуатации рукавного хозяйства наиболее частыми причинами отказов рукавов на пожаре являются: продольный разрыв, поперечный разрыв и ослабление навязки соединительной головки [3]. Перечисленные неисправности возникают ввиду некачественного технического обслуживания и износа ресурса пожарных рукавов в процессе эксплуатации и неисправности из-за механических повреждений при тушении пожара и проведении аварийно-спасательных работ.

Согласно [3], одним из основных мероприятий по обслуживанию пожарных рукавов, от которого напрямую зависит его работоспособность – это процесс крепления пожарного рукава на соединительной головке.

Соединительная головка – это быстросмыкаемая арматура в коммуникациях пожаротушения, обеспечивающая соединение пожарных рукавов и присоединение их к пожарному оборудованию и пожарным насосам [2].

На сегодняшний день навязка пожарного рукава на соединительную головку выполняется непосредственно производителем или личным составом караула, отвечающего за рукавное хозяйство. Выполняется это с помощью проволоки и специального оборудования. Но, как показывает практика, оборудование для навязки пожарного рукава на соединительную головку в пожарно-спасательных подразделениях находится в неисправном состоянии, либо вовсе отсутствует.

В данной статье предлагается новый способ крепления пожарного рукава на соединительной головке.

Традиционный метод посредством навязки проволокой на сегодняшний день имеет ряд недостатков, таких как повышенная коррозия, которая проявляется в условиях эксплуатации в агрессивной среде при тушении пожаров и проведении АСР; преждевременный износ пожарного рукава в месте изгиба на кромке соединительной головки и трудоемкость самого процесса навязки рукава.

Альтернативное решение способа крепления пожарного рукава на соединительной головке показано на рис. 1.



Рис.1. Натурный образец способа крепления пожарного рукава на соединительной головке (слева – новый способ, справа – традиционный способ)

Принципиальная схема реализации предлагаемого решения представлена на рис. 2.

Принцип крепления заключается в следующем: на пожарную соединительную головку 1 надевается пожарный рукав 2. При этом конусная втулка 3 должна быть предварительно размещена с внешней части пожарного рукава и отведена в сторону. После размещения пожарного рукава на соединительной головке, конусная втулка плотно насаживается на соединительную головку и фиксирует на ней пожарный рукав. Таким образом получается жесткая опрессовка, благодаря ребрам жесткости на соединительной головке и точным размерам конусной втулки.

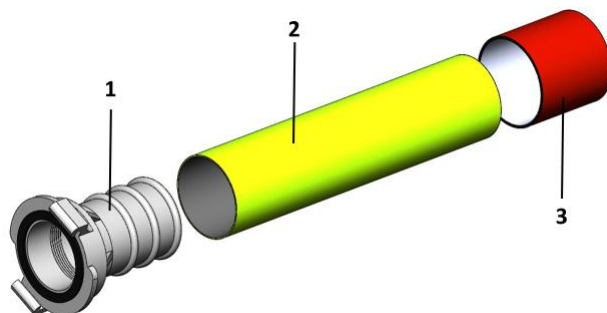


Рис. 2. Трехмерная модель предлагаемого решения: 1 – соединительная головка, 2 – пожарный рукав, 3 – конусная втулка

Изготовление элементов предлагаемого решения предполагает использование доступных материалов. Конусную втулку предпочтительнее выполнить из нержавеющей трубы с внутренним диаметром 49 мм, а внешним 56 мм. Шириной втулки 30-35 мм. Кромки втулки рекомендуется округлить, чтобы не было острых углов. На соединительной головке с помощью токарного станка необходимо сточить рабочую часть длиной 18-20 мм под углом 4 градуса.

Предлагаемое решение станет отличной заменой традиционному методу крепления пожарного рукава на соединительной головке во всех пожарно-спасательных подразделениях ФПС ГПС, значительно уменьшит трудоемкость личного состава при обслуживании пожарных рукавов, в разы увеличит износостойкость на месте крепления рукава и продлит срок его эксплуатации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ Р 51049-2008 Техника пожарная. Рукава пожарные напорные. Общие технические требования. Методы испытаний.
2. ГОСТ Р 53279-2009 Техника пожарная. Головки соединительные пожарные. Общие технические требования. Методы испытаний
3. Методическое руководство по организации и порядку эксплуатации пожарных рукавов, М., 2007 г. – 44 с.

УДК 614.842.6

Р. И. Харламов, В. А. Яковлева

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

ЗАБОР ВОДЫ ИЗ ПОЖАРНЫХ ГИДРАНТОВ В УСЛОВИЯХ НИЗКИХ ТЕМПЕРАТУР

Ключевые слова: Забор воды в условиях низких температур, пожарный гидрант, пожарная колонка.

Аннотация: В работе изложена проблема забора огнетушащих веществ из городской водопроводной сети (пожарных гидрантов) в условиях низких температур. Обозначена про-

блема, предложено эффективное техническое решение по частичной модернизации пожарной колонки, направленной на оттаивание зоны обледенения в пожарных гидрантах.

R. I. Kharlamov, V.A. Yakovleva

THE WITHDRAWAL OF WATER FROM FIRE HYDRANTS IN LOW TEMPERATURES

Keywords: Water intake at low temperatures, fire hydrant, fire column.

Abstract: The paper presents the problem of fire extinguishing substances intake from the city water supply network (fire hydrants) at low temperatures. Designated problem, we propose an efficient technical solution for a partial upgrade of the fire column, aimed at the thawing of the zone of icing fire hydrants.

При выполнении основной боевой задачи подразделениями пожарной охраны минимизация материального ущерба при тушении пожара зависит не только от эффективной деятельности пожарно-спасательных подразделений ФПС ГПС, уровня подготовки личного состава и оснащенности техникой, но и от возможности организации бесперебойной подачи огнетушащих веществ. Бесперебойная подача огнетушащих веществ достигается забором воды из открытых водоисточников или из городской водопроводной сети, находящихся в непосредственной близости от места пожара.

Согласно [2], пожарная колонка – устройство, предназначенное для открытия (закрытия) гидрантов и присоединения пожарных рукавов в целях отбора воды из водопроводных сетей во время пожаротушения. Внешний вид пожарной колонки в разрезе представлен на рис. 1.

Пожарный гидрант подземный (гидрант) [3] это устройство для отбора воды из водопроводной сети с помощью пожарной колонки. Именно этот тип более всего распространен на территории России. Внешний вид гидранта в разрезе представлен на рис. 2.



Рис. 1. Колонка пожарная



Рис. 2. Гидрант пожарный подземный

Как показывает практика, пожарно-спасательные подразделения при организации бесперебойной подачи вода на нужды пожаротушения в условиях низких температур сталкиваются с проблемой замерзания пожарных гидрантов (рис. 3). В связи с чем производятся излишние временные затраты, что негативно сказывается на успешном выполнении поставленной боевой задачи.



Рис 3. Проблема замерзания пожарных гидрантов

Для решения этой проблемы, предлагается частичная модернизация пожарной колонки, в результате чего будет обеспечена возможность оттаивания замерзшего пожарного гидранта с дальнейшим его использованием по назначению.

В основе идеи предлагается использовать стандартную пожарную колонку (рис. 5), центральный ключ *1* и верхнюю головку с запорно-регулирующей арматурой оставить неизменными. Небольшим конструктивным изменениям будет подвержен нижний корпус пожарной колонки *4*.

Предлагается выполнить в корпусе *4* пожарной колонки два отверстия для монтажа напорных соединительных головок DN 80 3,7 (рис. 4). Места установки дополнительных соединительных головок должны быть максимально приближенными к фланцевому соединению с головкой пожарной колонки. Такое решение связано с эргономическими показателями при установке на пожарный гидрант. Каждая из соединительных головок имеет продолжение внутри корпуса пожарной колонки в виде сухотрубов *8*, направленных к основанию пожарной колонки *9*. Концы данных сухотрубов представлены в виде конических насадков. Таким образом, компоновка новых элементов, как внутри, так и снаружи пожарной колонки не сказывается на конструкции и функциональных возможностях заводских элементов.

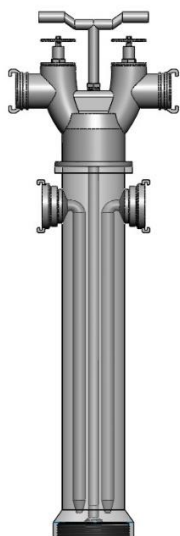


Рис.4. Трехмерная модель модернизированной пожарной колонки

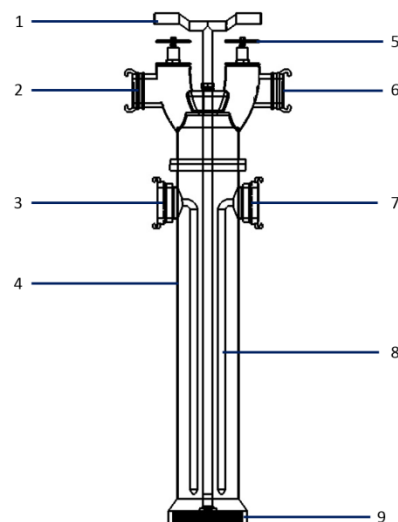


Рис. 5. Схема модернизированной пожарной колонки

Принцип работы модернизированной пожарной колонки представлен на рис. 6.

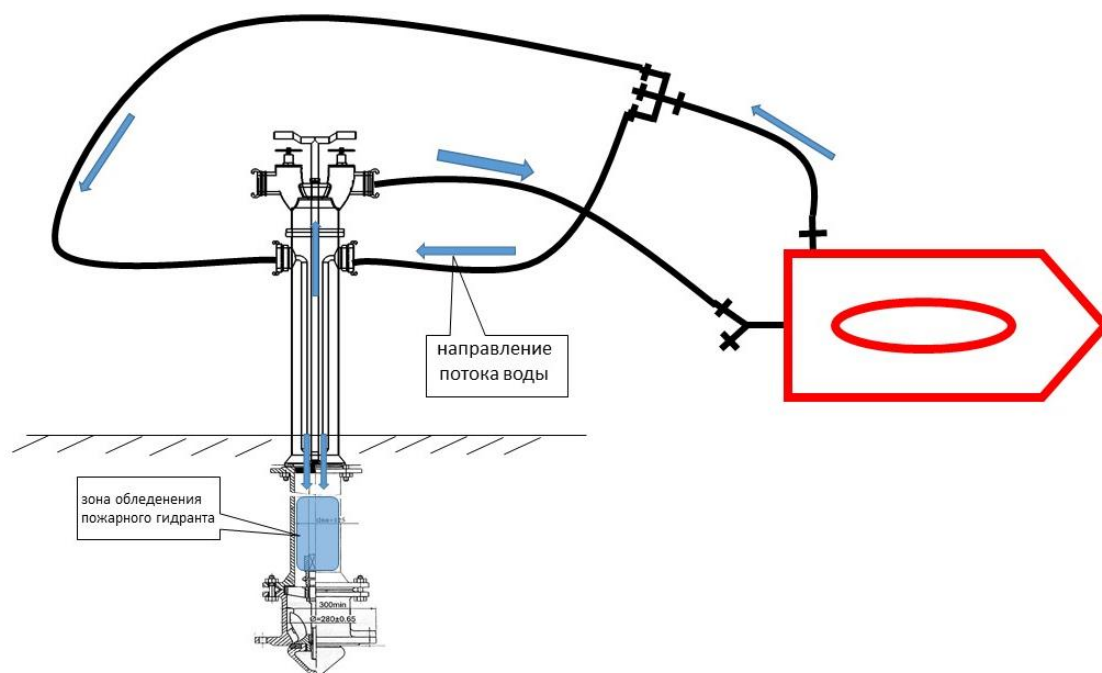


Рис. 6. Схема оттаивания пожарного гидранта с помощью модернизированной пожарной колонки

Порядок работы и установки пожарной колонки на гидрант производится в соответствии нормативно-технической документацией. При этом один из напорных патрубков пожарного автомобиля используется для прокладки и подключения рукавной линии к установленным напорным (входным) сухотрубам в корпусе пожарной колонки. Напорные выходные патрубки пожарной колонки соединяются с всасывающим патрубком пожарного насоса. Производится подача воды под давлением из емкости цистерны пожарного автомобиля. Соответственно, как показано на схеме (рис. 6)

движение потока воды под избыточным давлением обеспечивается к напорным (входным) патрубкам пожарной колонки, затем по сухотрубам вода движется через конические насадки, благодаря чему обеспечивается размытие обледеневшей зоны пожарного гидранта. Излишки воды по заводской технологии заполняют корпус пожарной колонки и через выходные напорные патрубки возвращаются в полость пожарного насоса. Таким образом, движение воды закольцовано и в то же время обеспечивается оттаивание пожарного гидранта.

Таким образом, предлагаемая конструкция пожарной колонки будет востребована во всех пожарно-спасательных подразделениях ФПС ГПС, район выезда которых предусматривает вероятность установки пожарного автомобиля на пожарный гидрант, эксплуатация которых обеспечивается в условиях низких температур.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Приказ МЧС России 444 от 16.10.2017 «Об утверждении Боевого устава пожарной охраны, определяющего порядок организации тушения пожаров и проведения аварийно-спасательных работ»
2. ГОСТ Р 53250-2009 Техника пожарная. Колонка пожарная. Общие технические требования. Методы испытаний.
3. ГОСТ Р 53961-2010 Техника пожарная. Гидранты пожарные подземные. Общие технические требования. Методы испытаний.

УДК 614.8.086.2

С. О. Щельпов, И. В. Багажков

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

СПАСАТЕЛЬНОЕ СНАРЯЖЕНИЕ, ИСПОЛЬЗУЕМОЕ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ АВАРИЙНО-СПАСАТЕЛЬНЫХ РАБОТ В ЗДАНИЯХ ПОВЫШЕННОЙ ЭТАЖНОСТИ

Ключевые слова: Здание повышенной этажности, спасение людей, эвакуация, спасательное устройство, самоспасатель, спусковое устройство.

Аннотация: Рассмотрены основные мероприятия при спасательных работ в зданиях повышенной этажности. Особое внимание уделено аварийно-спасательному снаряжению используемому при спасении людей с высоты.

S. O. Shelpov, I. V. Bagazhkov

RESCUE EQUIPMENT USED FOR EMERGENCY RESCUE WORKS IN RISE-BUILDDED BUILDINGS

Keywords: High-rise building, rescue, evacuation, rescue device, self-rescuer, descent device.

Abstract: The main measures for rescue operations in high-rise buildings are considered. Special attention is paid to emergency rescue equipment used for rescuing people from heights.

Современный мир бурно развивается не только в интеллектуальной составляющей. Темпы развития и концентрации людей в крупных городах, формирование плотной офисной системы, все это вносит изменения и в строительной индустрии. Появляются новые, современные здания повышенной этажности предназначенные для размещения большого количества людей на ограниченной площади.

К зданиям повышенной этажности принято относить дома, высота которых 28 и более метров. Вопросы пожарной опасности особенно остро стоят именно в подобных постройках. Связано это с большим количеством людей, лифтовой подъемной системой, эвакуационных выходов и их правильной эксплуатацией.

Особенностью развития пожара в высотных зданиях - это быстрое развитие пожара по вертикали. Скорость распространения дыма, токсичных и ядовитых газов по вертикали может достигать нескольких десятков метров в минуту. За считанные минуты здание оказывается полностью задымлено, и нахождение людей в помещениях без средств защиты органов дыхания невозможно. Наиболее интенсивно происходит задымление верхних этажей, где разведка пожара, спасение людей и подача средств тушения весьма затруднены [3].

Застройщики зданий повышенной этажности уверенно заявляют об абсолютной безопасности этих домов, но максимальная высота, до которой могут подняться специальные пожарные подъемники – 50 метров, причем таких подъемников в Москве и Петербурге – единицы, а что уж говорить о других городах России. Как правило, в отрядах противопожарной службы имеются только 30-метровые автолестницы.

Эвакуация с верхних этажей высотных зданий в наше время обеспечивается только незадымляемыми лестничными клетками, куда жители квартир попадают через воздушную зону (балкон или лоджию), а также наружными лестницами с балкона на балкон, от которых новоселы стараются поскорее избавиться. Но в экстремальной ситуации незадымляемые лестницы часто бывают отрезаны огнем. Это означает, что всем, кто живет выше 10 этажа, во время пожара практически не на что рассчитывать. Действующие нормы и правила не обязывают строителей предусматривать какие-то дополнительные пути для эвакуации и спасения.

На вооружении спасателей имеется различное спасательное снаряжение, но на практике возникают проблемы при его использовании. Например, на одном из пожаров девятиэтажного здания в Москве, с помощью снаряжения КСГ-1 (Комплект спасательный групповой), с верхних этажей было эвакуировано 26 человек с травмами различной тяжести. Но и то это удалось сделать только благодаря тому, что спасатели быстро нашли точки для закрепления спасательного устройства. Однако, снаряжение не всегда можно оперативно использовать. В августе 2001 года на улице Адольского в Москве проводились учения по эвакуации людей из элитного дома в 24 этажа. Специалисты потратили два дня только на то, чтобы оборудовать точки для закрепления спасательного оборудования, которые сразу после учений были демонтированы. Поэтому первый опыт сотрудничества проектировщиков жилья с разработчиками спасательного снаряжения привлек огромное внимание общественности. Понимая неско-

рое изменение строительных норм и правил, Петербургское проектно-конструкторское бюро оснастило здание на Богатырском проспекте, 58 конструктивными элементами для закрепления спасательных систем.

Итак, создание точек для закрепления спасательных систем – ключ для обеспечения безопасности жителей верхних этажей в наше время.

Работы по созданию спасательного снаряжения начались в 1991 году. Была необходимость в создании чего-то портативного, негромоздкого, простого в использовании приспособления, чтобы этим мог воспользоваться любой неподготовленный человек, который, к тому же, попал в экстремальную ситуацию (пример: оказался отрезанным пламенем на одном из верхних этажей здания) [2].

Изобретение спасательных устройств пришлось начинать с создания специальных термостойких веревок. Легкие, негорючие шнуры были созданы из материалов, которые в СССР использовались только в космических технологиях. При диаметре шнура всего в 6-8 мм, он выдерживал разрушающее усилие от одной до трех тонн. К тому же, в отличие от обычного капронового шнура, термостойкие веревки сохраняют свои свойства на протяжении 10 минут даже при температуре в 250 °С.

Для выполнения различных спасательных задач разрабатывается и выпускается снаряжение для использования неподготовленными людьми (для школ и малоэтажных зданий коттеджной застройки – самоспасатель «Школа», для зданий рядовой этажности – «Самоспасатель-11», для высотных зданий – «Самоспасатель-7»)

«Самоспасатель-11» включает в себя:

- спусковое устройство с рукояткой – для первого человека;
- тормозные шайбы – для всех остальных.

Первый человек навешивает устройство на рем-гайку, сбрасывает запас веревки диаметром 11 мм и начинает спуск, регулируя скорость движения отжимом рукоятки вверх. Система подвески со спасательной косынкой или набедренной петлей выполнена так, что исключает возможность неправильного надевания устройства спасаемым в стрессовой ситуации [1].

Конструкция устройства предусматривает самоторможение в случае неконтролируемого падения или при любых панических действиях спускающегося. Второй человек следом надевает спасательную петлю и начинает спуск, самостоятельно подавая веревку в тормозную шайбу. Первый спустившийся подстраховывает его снизу.

«Самоспасатель-7» более компактен, немного отличается по конструкции от предыдущего (каждый спускающийся имеет свое спусковое устройство), однако принцип самого спуска тот же самый.

Для спасения с высоких этажей тяжелых больных спасателями используется носилочный комплект, который включает в себя тормозное устройство, прочные веревки и носилки.

Итак, мы с вами убедились, что уровень обеспечения жителей верхних этажей высотных зданий в городах и спасательных служб индивидуальными спасательными устройствами оставляет желать лучшего. Это связано с тем, что данный вид продукции практически неизвестен и не столь доступен среднему жителю страны, а строительные компании не стремятся к оборудованию верхних этажей зданий дополнительными путями эвакуации и спасения, кроме предусмотренных законодательством.

На мой взгляд, представляется важным обеспечить всех жителей верхних этажей данным оборудованием, что приведет к значительному сокращению человеческих потерь при пожарах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Багажков И.В. Организация и ведение аварийно-спасательных и других неотложных работ при пожарах и чрезвычайных ситуациях подразделениями ФПС. Часть 2. Учебное пособие / А.С.Давиденко, В.А. Смирнов. - Иваново: ООНИ ИПСА ГПС МЧС России. 2016. - 136 с.
2. Правила пожарной безопасности в Российской Федерации ППБ 01-03.
3. Терещнев В.В., Артемьев Н.С., Думилин А.И. Противопожарная защита и тушение пожаров. Книга 1: Жилые и общественные здания и сооружения. – М.: Пожнаука, 2006. – 314 с.

УДК 614.849

И. В. Шукин, В. Д. Караваев, Д. П. Воробьев, В. С. Бородин, А. Н. Мальцев
ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

ПРИМЕНЕНИЕ КОМБИНИРОВАННОГО ВОДЯНОГО ПОЖАРНОГО СТВОЛА СРП-50р ДЛЯ ТУШЕНИЯ ПОЖАРОВ В ТОРГОВО-РАЗВЛЕКАТЕЛЬНЫХ ЦЕНТРАХ

Ключевые слова: Торгово-развлекательный центр, водяной ствол.

Аннотация: В статье рассматривается особенность применения комбинированного водяного ствола при ликвидации возгораний в ТРЦ.

V.D. Karavaev, D.P. Vorobiev, V.S. Borodin, I.V. Schukin, 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.

Abstract: 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, ОПТ-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 (см. рис.).



Рис. Комбинированный водяной пожарный ствол СРП-50р

Ручные стволы по своим характеристикам уступают комбинированным по функциональности, поэтому я приведу сравнительные характеристики ствола СРП-50р с существующими аналогами (см. табл.).

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 ATTACK 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.

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. 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.
8. 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.

ПРОБЛЕМЫ ИЗНОСА В МАШИНАХ И МЕХАНИЗМАХ

УДК 669.058

*Э. П. Багдасарян¹, К. С. Кравченко¹, К. С. Гладышев², В. А. Годлевский²,
Ю. Н. Моисеев²*

¹ФГБОУ ВО Ивановский государственный университет

²ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

ПЕРСПЕКТИВА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРИСАДОК ГИДРОСИЛИКАТА МАГНИЯ В УЗЛАХ ТРЕНИЯ ПОЖАРНОЙ ТЕХНИКИ

Ключевые слова: пожарная техника; трансмиссионное масло; гидросиликат магния; трение; испытания.

Аннотация: Работа посвящена возможности использования порошковых присадок гидросиликата магния в качестве антифрикционного компонента трансмиссионных масел в узлах трения пожарной техники.

E. P. Bagdasaryan. K. S. Kravchenko. K. S. Gladyshev, V. A. Godlevskiy, Yu. N. Moiseyev

THE PERSPECTIVE OF HYDROMAGNESIUM SILICATE ADDITIVES USE IN THE FIRE TECHNIQUE SLIDING FRICTION UNITS

Key words: fire technique; transmission oil; hydromagnesium silicate; sliding friction; tests.

Abstract: Work is devoted to possibility of powder additives of hydromagnesium silicate use as an antifriction component of transmission oils in sliding friction units of fire technique.

Техническая служба МЧС РФ обеспечивает подведомственные подразделения большим количеством разнообразных смазочных материалов (СМ) [1]. Актуальной является задача по обеспечению триботехнической эффективности действия этих материалов, что может осуществляться, например, путем введения присадок и наполнителей. В последнее время все большее применение находят в технике добавки высокодисперсных неметаллических порошков, имеющих природное происхождение или специально синтезированных [2]. Из синтетических материалов этого ряда, в частности, оказались перспективными порошки гидросиликата магния (ГС-Mn).

В области эксплуатации пожарной техники важным является вопрос об возможности использования трансмиссионных смазочных масел с антифрикционными присадками для повышения долговечности маслонаполненных узлов трансмиссии пожарных автомобилей. Существенное место в пожарной технике имеют также пластичные СМ, которые также имеют потенциал улучшения введением трибоактивных наполнителей.

В таблице приведен перечень устройств, входящих в объекты пожарной техники, где желателен применение трансмиссионных масел с трибоактивными наполнителями

Таблица. Области применения трансмиссионных масел - группы трансмиссионных масел, используемых для смазывания различных передач в агрегатах трансмиссий пожарной техники.

Таблица Перечень используемых масел

Передача	Масло
Коробки передач, коробки отбора мощности, раздаточные коробки и т. д.	Трансмиссионное масло с противоизносными, антиокислительными и другими функциональными присадками
Ведущие мосты с гипоидной главной передачей	Гипоидное масло
Ведущие мосты с червячной главной передачей	Трансмиссионное масло с эффективной противоизносной присадкой, не корродирующей бронзу
Ведущие мосты с дифференциалами ограниченного проскальзывания	Трансмиссионное или гипоидное масло с повышенными фрикционными свойствами
Гидромеханические передачи	Масло для гидромеханических коробок передач
Гидрообъемные передачи	Масло для гидрообъемных передач

В настоящей работе предполагалось провести испытания ГС-Мп, вводимого в зону трения в виде мелкодисперсной суспензии. Испытания производились на машине трения СМЦ-2 по схеме трения «Диск–частичный вкладыш». Колодка прижималась к диску пружинным нагрузочным устройством. Смазка контактной зоны осуществлялась путем погружения нижней части диска в ванну со СМ. Линейная скорость трения составляла 0,785 м/с.

Материал образцов — сталь 45 (нормализованная). В качестве базовой среды для присадок применяли трансмиссионное масло ТАД-17 и пластичную литиевую смазку Литол-24. По результатам измерения момента трения с учетом приложенной нагрузки рассчитывали коэффициент трения.

Измерения коэффициента трения производили при ступенчатом увеличении нагрузки. После каждого увеличения нагрузки производили запись момента силы трения в течение 8 мин, чтобы достичь установившегося значения температуры в контакте. Нагружение производили до появления признаков задира в контакте. Максимальную нагрузку, которую выдерживала пара трения до возникновения задира, принимали в качестве антизадирной характеристики данного СМ.

Изменение коэффициента трения с ростом нагрузки и точки задира для сравнительных испытаний минерального масла и того же масла с присадкой ГС-Мп показано на рис. 1. На рис. 2 аналогично можно сравнить коэффициент трения смазки «Литол-24» без присадки и с присадкой ГС-Мп. Задиристость смазочных материалов оценивали по величине предельной нагрузки задира.

Анализ статистических данных по отказам пожарной техники показал, что значительная доля отказов происходит вследствие отказа элементов трансмиссии из-за повышенного износа таких деталей, как зубчатые колеса, механизмы переключения, подшипники узлов трения. Было предложено в качестве одной из мер, направленных на повышение надежности узлов трения трансмиссии, использовать трибоактивные присадки ГС-Мп.

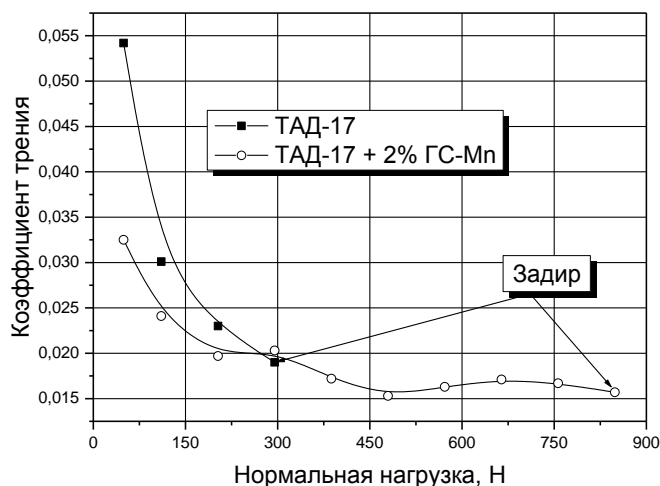


Рис. 1. Относительная смазочная и антизадирная эффективность индустриального масла ТАД-17 и того же масла с ГС-Мп добавкой

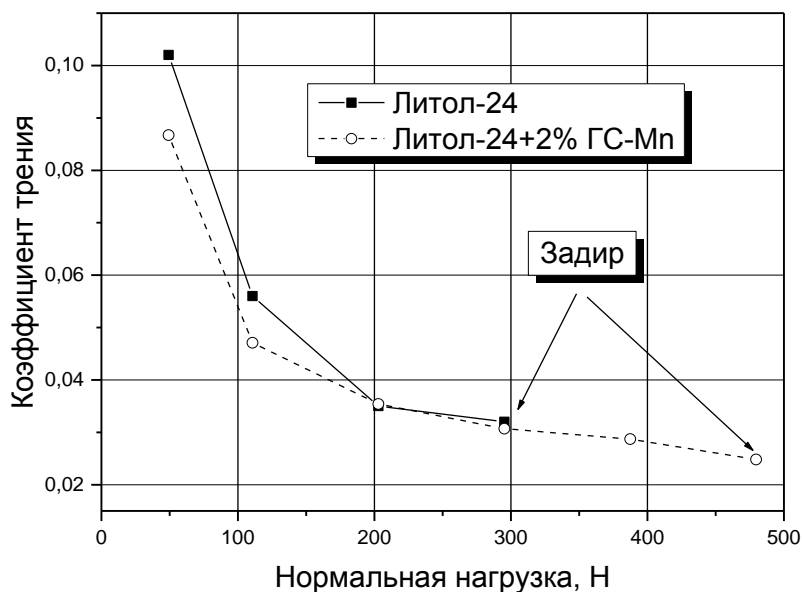


Рис. 2. Относительная смазочная и антизадирная эффективность пластичной смазки «Литол-24» без добавок и с 2% добавкой ГС-Мп

Анализ приведенных материалов по испытаниям ГС-Мп состава позволяет сделать следующие выводы об изученном процессе трения сталей на выбранных нами режимах. 1) Испытанный состав продемонстрировал значимое повышение смазочной

способности минерального масла и пластической смазки по снижению коэффициента трения. 2) Введение состава повышает задиростойкость трибосопряжения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Справочник «Эксплуатация пожарной техники» М. 1991 г.;
2. Медведева В.В., Бреки А.Д., Крылов Н.А., Александров С.Е., Гвоздев А.Е., Стариков Н.Е., Агеев Е.В., Сергеев Н.Н., Сергеев А.Н., Малий Д.В. Противоизносные свойства консистентного смазочного композиционного материала, содержащего смесь гидросиликатов магния. // «Известия Юго-Западного государственного университета» Серия Техника и Технологии. 2016. №2(19). С. 30-40.

УДК 621.9.079

Д. М. Булаев¹, И. В. Березин¹, А. В. Волков¹, В. А. Годлевский¹, Ю. Н. Моисеев²

¹ФГБОУ ВО Ивановский государственный университет

²ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

ОЦЕНКА СМАЗОЧНОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ СОТС С ПОМОЩЬЮ АДСОРБЦИОННОЙ МОДЕЛИ

Ключевые слова: резание металлов, СОТС, присадка, адсорбция.

Аннотация: Предложена модель, описывающая действие поверхностно-активного компонента в составе СОТС для резания металлов. В основе модели лежит представление о мономолекулярной адсорбции в граничном смазочном слое.

D. M. Bulayev, I. V. Berezin, A. V. Volkov, V. A. Godlevskiy, Yu. N. Moiseyev

THE EVALUATION OF CUTTING FLUIDS' LUBRICATION EFFICIENCY BY MEANS OF ADSORPTIONAL MODEL

Keywords: cutting of metals, cutting fluids, additive, adsorption.

Abstract: The model describing action of a surface-active component in structure of cutting fluids for treatment of metals is offered. At the base of model representation placed the one layer adsorption in boundary lubrication layer.

Смазочное действие СОТС проявляется в уменьшении силы резания. Эффективные пакеты присадок могут снижать полную силу трения на величину до 30%. Однако обычно вариация силы резания для различных типов водных СОТС с присадками поверхностно-активных веществ (ПАВ) не превышает 10%. Отсюда следует, что при выборе типа поверхностно-активных присадок и оптимизации их состава требуется хорошая воспроизводимость силоизмерительных опытов [1].

Для изучения смазочной активности СОТС самой информативной экспериментальной ее характеристикой является зависимость работы резания от концентрации $A(c)$ при фиксированном режиме обработки. Графики этой зависимости имеют сле-

дующий характер: относительно быстрый линейный спад и затем стабилизация на примерно постоянном уровне (см. рисунок), что является точной аналогией формы изотерм поверхностного натяжения $\sigma(c)$ водных растворов ПАВ.

Основное допущение теории состоит в предположении о наличии на поверхности трения адсорбционно-активных участков (активных центров) [2]. Кроме того, подход Лэнгмюра предполагает, что на поверхностях трения образуется граничный смазочный слой монослойного типа. И это, очевидно, соответствует действительности ввиду экстремальных контактных условий при резании металлов [3].

Пусть n — поверхностная концентрация адсорбированных молекул на площадках контакта, а n_0 — поверхностная концентрация свободных активных центров. Согласно представлениям Лэнгмюра можно использовать следующую гипотезу:

$$n = \beta n_0 c, \quad (1)$$

где c — концентрация присадки в базовой среде, β — коэффициент пропорциональности, определяющий адсорбционную активность трибоактивного компонента. Положим для упрощения что коэффициент β одинаков для обеих контактирующих поверхностей трения. Так как каждый активный центр может быть занят только одной молекулой, можно записать:

$$n + n_0 = n_{\max}, \quad (2)$$

где n_{\max} — максимальная концентрация адсорбата при заполнении им всех активных центров. Тогда

$$n = \frac{\beta c n_{\max}}{1 + \beta c}. \quad (3)$$

Очевидно, что значение коэффициента трения зависит от концентрации адсорбированных молекул, т. е. $k - k_0 = f(n)$, где k_0 — коэффициент трения при использовании растворителя. Разлагая эту функцию в ряд Тейлора и ограничиваясь только линейным слагаемым, получим

$$k - k_0 = -\xi n, \quad (4)$$

где ξ — феноменологическая константа, отражающая смазочную активность адсорбированных молекул ПАВ. (Знак минус введен в силу того, что $k_0 > k$.) Отсюда

$$k - k_0 = -\frac{\xi \beta c n_{\max}}{1 + \beta c}. \quad (5)$$

При анализе сил резания нами была получена зависимость [3]:

$$A = C_1 - \frac{C_2}{e^{\frac{k}{H}(l-l_0)} - 1}, \quad (6)$$

где H — толщина стружки; l — длина контакта стружки с инструментом; l_0 — длина зоны вторичной деформации по передней поверхности; h — толщина зоны вторичной деформации; C_1 и C_2 — константы, носящие феноменологический характер.

Используя формулу (6), найдем окончательное выражение для A , используя относительную работу резания, т. е. A/A_0 , где A_0 — работа резания при использовании чистого растворителя. Тогда

$$\frac{A}{A_0} = \frac{C_1 - C_2 e^{\frac{k}{H}(l-l_0)}}{C_1 - C_2 e^{\frac{k_0}{H}(l-l_0)}} = 1 + \frac{C_2(l-l_0)}{H} \cdot \frac{k-k_0}{C_1 e^{\frac{k_0}{H}(l-l_0)} - C_2} \quad (7)$$

Подставляя в эту выражение формулу (5), получим

$$\frac{A}{A_0} = 1 - \frac{\alpha c}{1 + \beta c}, \quad (8)$$

где

$$\alpha = \frac{\xi \beta n_{\max}(l-l_0)}{H} \cdot \left[\frac{C_1}{C_2} e^{\frac{k_0}{H}(l-l_0)} - 1 \right]^{-1}. \quad (9)$$

Все коэффициенты в уравнении (9) имеют простой физический смысл:

- для малых c уравнение (9) приобретает простой вид линейной зависимости, т. е. в области низких концентраций коэффициент α представляет собой скорость изменения работы резания от концентрации;
- в случае больших c уравнение (9) вырождается в постоянную функцию $A/A_0 = 1 - \alpha/\beta$, т. е. по существу величина $\alpha/\beta = \Delta A$ характеризует максимально возможное уменьшение работы резания для испытуемой присадки.

Для проверки полученных теоретических выкладок был произведен следующий эксперимент. Выполняли сквозное сверление отверстий сверлом Ø 4.2 из стали Р6М5 в заготовке из стали Ст. 3. В качестве модельных СОТС были выбраны поверхностно-активные соединения группы гликолей: этиленгликоль $\text{CH}_2\text{OHCH}_2\text{OH}$, диэтиленгликоль $(\text{CH}_2\text{OHCH}_2)_2\text{O}$ и триэтиленгликоль $(\text{CH}_2\text{OCH}_2\text{CH}_2\text{OH})_2$. В процессе резания измеряли крутящий момент а функции времени, полученную кривую интегрировали, чтобы вычислить значения затраченной на обработку работы резания

Для построения экспериментальных зависимостей использовалась построенная нами модель зависимости работы резания от концентрации присадки, результат которой выражается формулой:

$$A/A_0 = 1 - \frac{\alpha c}{1 + \beta c}. \quad (10)$$

Оценки коэффициентов регрессии, рассчитанных при аппроксимации экспериментальных данных, приводятся в таблице.

Анализ экспериментальных зависимостей работы резания от концентрации гликолей позволяет сделать выводы, что используемая для аппроксимации «Лэнгмюровская» модель (формула (10)) удовлетворительно описывает полученные в работе экспериментальные данные.

Таблица. Значения коэффициентов регрессии зависимости относительной работы резания A/A_0 при сверлении от концентрации поверхностно-активной присадки в СОТС

Присадка ПАВ	Скорость резания, м/с	Коэффициенты регрессии	
		α	β
Этиленгликоль	0.026	0.067±0.005	0.280±0.034
	0.050	0.096±0.006	0.369±0.037
	0.120	0.205±0.028	0.978±0.168
Диэтиленгликоль	0.026	0.069±0.005	0.422±0.041
	0.050	0.179±0.015	0.779±0.085
	0.120	0.164±0.019	0.588±0.096
Триэтиленгликоль	0.026	0.153±0.020	0,915±0,154
	0.050	0,334±0,042	1,996±0,299
	0.120	0,265±0,045	1,284±0,269

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Годлевский В.А., Коршунов А.А., Гоменюк П.А. Моисеев Ю.Н. К методике определения триботехнической эффективности присадок к смазочным материалам, используемым в пожарной технике // Надежность и долговечность машин и механизмов. Сб. мат-лов III межвуз. науч.-практич. семинара аспирантов, студентов, курсантов и слушателей. Ивановский ин-т гос. противопож. службы Иваново, 4 апреля 2013, ИИГПС МЧС, С. 26–31.
2. Фридрихсберг Д.А. Курс коллоидной химии. Ленинград, 1984. 324 с.
3. Адамсон А. Физическая химия поверхностей / Пер. с англ. И.Г. Абидора. Под ред. З.М. Зорина и В.М. Муллера. - М.: Мир, 1979.

УДК 621.1

И. И. Ведерникова

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

ПРИМЕНЕНИЕ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ДЛЯ УВЕЛИЧЕНИЯ ПРОЧНОСТИ ДЕТАЛЕЙ

Ключевые слова: лазер, лазерное излучение, свойства, структура, изнашивание, твердость, износостойкость.

Аннотация: Объектом исследования являются проблемы увеличения прочности поверхностей деталей с помощью лазерного излучения.

I. I. Vedernikova,

INCREASING THE STRENGTH OF THREAD -CONDUCTING PARTS

Keywords: laser, laser radiation, properties, structure, wear, hardness, wear resistance.

Abstract: The object of research is the problem of increasing the strength of the surfaces of parts using laser radiation.

Повышение сопротивления износу готовых изделий является одним из главных актуальных вопросов в машиностроении. Увеличение прочности поверхностного слоя в результате изменения его структуры может применяться как одно из технологических решений. Получение высокой прочности поверхности достигается различными методами: химико-термическим, плазменным, лазерным и другими. Рассмотрим один из предложенных вариантов: повышение прочности с помощью лазера.

Возникновение лазерных устройств дало серьёзный толчок развитию науки и техники. В течение двух десятков лет после их создания появились новые фундаментальные и прикладные курсы физической оптики – оптическая квантовая электроника и нелинейная оптика. Сейчас достаточно тяжело вообразить ни актуальные фундаментальные труды, ни решение технических и технологических вопросов без применения лазеров. В настоящее время насыщенность лазерным оснащением для всех ведущих индустриальных стран стала одним из главных, наряду с внедрением компьютеров, параметров промышленного прогресса. Машиностроение является передовиком в процессах освоения нового лазерного оборудования и технологий в промышленном производстве. Это характеризуется, во-первых, глобальным местом этой отрасли в мировом научно-техническом развитии, а во-вторых, высочайшей технико-экономической эффективностью внедрения здесь лазерных технологий.

Лазерный луч дает возможность получить результаты, недоступные другим методам. Процесс обработки лазером поверхностей рентабелен и многообещающ при повышении прочности деталей из стали, чугуна и цветных сплавов с минимальным изменением формы. Физико-механические характеристики поверхностных слоев, упрочненных лазерной обработкой, обусловлены большими скоростями нагрева и охлаждения. Повышение прочности металлов с помощью лазерного излучения осуществляется местным увеличением температуры части поверхности под воздействием лазерного луча и последующем быстром охлаждении этого поверхностного участка в результате отвода теплоты во внутренние слои материала. В итоге развития своеобразных тепловых процессов на поверхности обрабатываемых деталей появляется мелкодисперсная приповерхностная структура, которая представляется специфичной скорлупой с повышенными прочностными параметрами. Главным достоинством этой технологии является то, что теплоупрочнение поверхности с глубиной 0,1 – 0,5 мм происходит в результате структурно-фазовых превращений поверхностных слоев исходного материала путем регулируемого влияния на обрабатываемую поверхность готовой детали лучом лазера, специализированного для этой технологии, без какой-либо наплавки, без оплавления поверхности, без нарушения макро- и микрогеометрии и, соответственно, без потребности в какой-либо дальнейшей обработке. Обширное использование обработки поверхности лазером применяется в целях увеличения срока службы, надежности деталей различного оборудования во многих сферах: химическом машиностроении, автомобильной промышленности, судостроении, авиастроении, текстильной и легкой промышленности и т. д.

Мощный твердотельный лазер применяется в роли источника бомбардирования. Этот процесс отдаленно напоминает плазменное напыление. Воздействие на поверхность подобным лазером характеризуется отличительными параметрами по энергии импульса и частоты «бомбардировки». Но с методом упрочнения с помощью деформиро-

вания поверхности лазеры смогли соперничать не так давно, когда появились на самом деле мощные лазерные источники энергии. В промышленности лазер для упрочнения поверхности впервые стали применять при производстве турбинных лопаток для авиационной техники. Это тонкостенные детали сложной формы, поэтому более осторожное лазерное повышение прочности для них стало предпочтительнее, чем стандартное упрочнение пластической деформацией.

Вследствие возможности местного повышения прочности только быстроизнашивающихся частей изделия (а не всей детали), большой линейной скорости процесса и автоматизации управления технологической операцией, термоупрочнение поверхности при помощи лазера характеризуется в отличие от общеизвестных уже традиционных методов небольшим технологическим циклом, эффективностью реализации работ, относительно низкой удельной энерго-трудо-материалоемкостью и, соответственно, невысокой стоимостью. Применение технологии повышения прочности при помощи лазерного излучения возможно для увеличения стойкости к износу режущих кромок вырубных штампов, ножей гильотинных ножниц, шеек коленчатых валов, грейдерных и бульдозерных ножей, червяков экструзионных установок, различных нитепроводящих и многих других деталей, работающих в условиях интенсивного многофакторного износа.

Повышение прочности при помощи лазерного излучения наплавленного слоя, обладающего невысокой твердостью, позволяет решить еще один вопрос, заключающийся в том, что при наплавке изношенных поверхностей высокотвердыми наплавочными материалами возникает проблема механической обработки наплавленного слоя под чертежный размер детали. Следует отметить, что лазерное упрочнение не снижает качество материала, так как структурно-фазовые превращения возникают только в поверхностных слоях на глубину не более 1 мм, не затрагивая при этом структуру и химический состав основного материала детали, не влияя на геометрические размеры и прочностные параметры детали в целом. Кроме перечисленных здесь достаточно широких возможностей использования лазерного упрочнения, есть еще много иных, где можно оперативно применить эту технологию, например, упрочнение шеек коленчатых валов, поверхностей гильз цилиндров двигателей внутреннего сгорания, повышение прочности поверхностей прокатных валков, различных валов и осей, режущих кромок ножей, нитепроводящих деталей и других трущихся поверхностей, поверхностей различных шаровых опор, дорожек качения подшипников, зубьев шестерен, и так далее. Очевидно, спектр возможностей лазерного упрочнения очень велик как по материалам деталей, так и по их типоразмерам и назначению. Во всех этих и еще в разных других сферах использование оснащения и технологии повышения прочности лазерным излучением дает возможность обеспечить высокий экономический эффект с быстрой окупаемостью затрат. В том числе присутствует ряд достоинств лазерного процесса перед классическими технологиями. И они очевидны:

- ограниченность влияния;
- минимальное изменение формы детали;
- большая концентрация энергии;
- отсутствие соприкосновения с обрабатываемым изделием;
- возможность обработки труднодоступных мест;
- высокая степень автоматизации;
- экологичность процесса;
- высокая продуктивность.

Конечно, сегодняшние лазерные установки для повышения прочности являются скорее редкостью для производства в целом. Они выше по стоимости классических систем для пластического деформирования и сложнее в обслуживании. Однако модернизация старых систем для получения более глубокого слоя обработки невозможна, а работа над лазерным оборудованием для повышения прочности продолжается, уже сегодня передовые образцы лазерных упрочнителей превосходили по характеристикам обработки системы пластического деформирования, и работа в этом направлении продолжается. Разработчики уверены, что при введении в эксплуатацию таких систем на производственных участках массово стоимость лазерного оснащения и его сервисного обслуживания будет примерно равна стоимости широко распространенных сейчас систем.

В последнее время проводятся эксперименты по вероятному применению комбинированно обработки, включающее в себя воздействие лазерным излучением после нанесения упрочняющего покрытия. Прочность сцепления нанесенного слоя с основным металлом после такого процесса повышается, механические свойства слоя возрастают.

При воздействии на анодную пленку на поверхности дюралюмина лазерным излучением интенсивностью ниже 30 кВт/см^2 заметных превращений на поверхности не обнаруживается. Внешние изменения появляются при q свыше 30 кВт/см^2 , поверхность становится матовой и не лучшим образом рассеивает свет. На некоторых частях поверхности темный цвет покрытия меняется на белый, плотность и толщина покрытия снижаются. Это говорит о начале разрушения покрытия. При q свыше 100 кВт/см^2 на поверхности возникает участок оплавления. Он обладает формой эллипсоидного кратера с размерами $3 \div 5$ мм с углублением по середине и натеками расплавленного материала по краям. Заметны закалочные трещины.

Строение участка оплавления представляется присущим для сплавов, закаленных из расплавленного состояния при лазерном воздействии. Участок выглядит как небольшие ячейки светлого поля, окруженные темным полем размером несколько микрометров. Степень травимости различных макроучастков расплава неодинакова, что говорит о химической ликвиции легированного слоя. Форма макроучастков указывает на конвективный характер перемешивания расплава. Фазовый состав ЗЛВ – ячейки светлого поля – α -фаза, на границах ячеек – квазиэвтектика.

Разработки говорят о значительной зависимости строения и микротвердости слоя от интенсивности импульса излучения. Это наглядно заметно на образцах, обработанных с большой интенсивностью излучения – свыше 100 кВт/см^2 , где возник очевидный кратер. По мере приближения к кратеру микротвердость слоя изменяется.

Возникновение участка с повышенными механическими характеристиками покрытия говорит о том, что при воздействии на поверхность лазерным лучом требуемой интенсивности можно добиться повышения прочности оксидного покрытия. Наилучшим режимом упрочняющей лазерной обработки является $10 \div 15 \text{ кВт/см}^2$. При этом наибольшее повышение микротвердости достигает 700 HV .

Основанием для увеличения микротвердости при лазерном воздействии являются, вероятно, превращения в структуре оксидного слоя в результате высокоскоростной закалки поверхности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Повышение износостойкости рабочих поверхностей деталей машин: монограф. Ведерникова И.И. Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина. Иваново, 2013.
2. Повышение ремонтпригодности роторов пневмопрядильных устройств. Ведерникова И.И., Егоров С.А. Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. 2011. № 2 (331). С. 87-88.
3. Повышение долговечности прядильных камер пневмомеханических прядильных машин. Ведерникова И.И., Егоров С.А., Мутовкин И.Ф. Упрочняющие технологии и покрытия. 2006. № 12 (24). С. 39-42.

УДК 66.065.5

Ю. Г. Гоголев

ФГБОУ ВО Ивановский государственный химико-технологический университет

РАЗРАБОТКА УСТАНОВКИ СИНТЕЗА ХЛОРИСТОГО АММОНИЯ В ПСЕВДООЖИЖЕННОМ СЛОЕ

Ключевые слова: химическая десублимация, кипящий слой, симплексный метод, надежность.

Аннотация: Рассмотрен метод получения хлористого аммония в псевдоожигенном слое частиц. Предложен способ повышения надежности работы оборудования.

Yu. G. Gogolev

DEVELOPMENT OF AN AMMONIUM CHLORIDE SYNTHESIS UNIT IN A FLUIDIZED BED

Keywords: chemical desublimation, fluidized bed, simplex method, reliability.

Abstract: A method for obtaining ammonium chloride in a fluidized particle layer is considered. A method for improving the reliability of the equipment is proposed.

С целью исключения загрязнения окружающей среды псевдоожигающий агент циркулирует в системе по замкнутому циклу, проходя последовательно через аппарат с псевдоожигенным слоем, фильтр, холодильники и газодувку. В реактор подаются газообразные хлористый водород и аммиак. Аммиак поступает под решетку, а хлористый водород подается непосредственно в кипящий слой. Сверху в аппарат подается искусственная затравка, которую получают измельчением производственных частиц. Взаимодействие аммиака и хлористого водорода происходит в псевдоожигенном слое. Под решетку реактора поступает циркулирующий по замкнутому циклу псевдоожигающий агент. При прохождении через кипящий слой газ нагревается за счет тепла реакции и поступает на очистку в фильтр и далее после охлаждения в теплообменнике при помощи газодувки вновь поступает на псевдоожигение.

С целью предотвращения зарастания штуцера ввода хлористого водорода хлористым аммонием, образующемся в реакторе, его выполнили в виде Т-образной конструкции. При этом Т-образная часть штуцера приводилась во вращение. Для определения параметров процесса, а также длины вращающегося штуцера ввода реагентов, при которых достигается наибольший выход продукта, был использован симплексный метод.

Значения уровней факторов и шагов варьирования приведены в таблице 1.

Таблица 1 Уровни факторов и шаги варьирования

Фактор	Основной уровень	Шаг варьирования
Высота слоя X_1 , м	0,5	0,1
Диаметр частиц X_2 , мм	0,5	0,1
Число псевдоожижения X_3 , б/р величина	1,5	0,25
Длина вращающегося штуцера ввода X_4 , б/р величина	0,6	0,1
Концентрация аммиака в псевдоожижающем агенте, на входе в реактор, % объемный (параметр введен вместо диаметра частиц)	1,0	1,0

В таблице 2 приведены условия и результаты планирования по симплексному методу.

Начальная серия содержала пять опытов. Предполагалось оценить влияние высоты слоя, диаметра частиц, числа псевдоожижения, длины вращающегося штуцера ввода. Значения параметров основного уровня соответствовали предполагаемым рабочим значениям этих величин.

Начальное движение, соответствующее номерам опытов 6 и 7, выявило тенденцию к снижению диаметра частиц. Поскольку снижение размеров частиц не являлось желательным, то было принято решение исключить этот фактор из дальнейшего рассмотрения. В последующих опытах значение диаметра частиц соответствовало его значению на основном уровне таблицы 2.

Одновременно после выполнения семи расчетов было установлено, что выбранные значения параметров приводят к невысоким значениям степени десублимации. Был введен новый фактор, вместо исключенного из рассмотрения диаметра частиц (концентрация аммиака в псевдоожижающем агенте на входе в реактор). В наших исследованиях поддержание избыточной концентрации аммиака в псевдоожижающем агенте не являлось сложной задачей, так как псевдоожижающий агент циркулировал по замкнутому циклу. Для удобства работы желательно было поддерживать эту концентрацию на невысоком уровне, один – два процента аммиака в псевдоожижающем агенте на входе в реактор. Опыт № 8 привел к высокому значению степени десублимации. Дальнейшее движение было направлено на подтверждение выбранной стратегии. На десятом опыте эксперимент был прекращен.

Таблица 2 Условия и результаты планирования по симплексному методу

№ опыта	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	Выход продукта, %
1	0,55	0,53 0,0	1,55	0,62	59,82
2	0,45	0,53 0,0	1,55	0,62	59,13
3	0,5	0,44 0,0	1,55	0,62	50,03
4	0,5	0,50 0,0	1,35	0,62	60,88
5	0,5	0,50 0,0	1,5	0,54	61,03
6	0,553	0,46 0,0	1,43	0,58	62,15
7	0,48	0,42 0,0	1,37	0,56	62,65
8	0,51	0,50 1,87	1,47	0,58	95,67
9	0,52	0,50 0,93	1,53	0,51	77,53
10	0,53	0,50 1,4	1,4	0,57	87,10

Значения параметров процесса, рекомендуемые как наилучшие, были выбраны из анализа таблицы 2 и приведены в таблице 3.

Таблица 3 Параметры процесса

№	Параметр	Рекомендуемая величина
1	Высота кипящего слоя, м	0,5-0,55
2	Диаметр частиц, мм	0,5
3	Число псевдоожижения	1,5
4	Длина вращающегося штуцера ввода реагентов, м	0,0675
5	Концентрация аммиака в псевдоожижающем агенте на входе в реактор, % об.	2,0

При проведении процесса химической десублимации хлористого аммония в аппарате с псевдоожиженным слоем возникает вопрос поддержания определенного гранулометрического состава слоя. Это достигается введением в слой затравочных частиц. Другим важным обстоятельством возможности использования данного оборудования является надежная работа узла ввода хлористого водорода. Вращение штуцера ввода, осуществляемое в слое частиц, способствует его самоочищению, но полностью проблему не снимает. Поэтому требуются дополнительные меры обеспечивающие надежную работу оборудования.

УДК 621.9

Е. В. Егорычева

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

РАЗВИТИЕ ПРОЦЕССОВ УПРОЧЕНИЯ–РАЗУПРОЧНЕНИЯ В ИНСТРУМЕНТЕ В ПРОЦЕССЕ РЕЗАНИЯ

Ключевые слова: быстрорежущая сталь, диффузия, внутренняя энергия, износ, стойкость режущего инструмента, плотность дислокаций, скорость резания, фрагментация субструктуры, адгезия, окисление.

Аннотация: В статье рассмотрены вопросы трансформации дислокационной структуры, происходящей в контактных слоях инструмента из быстрорежущей стали в процессе резания, а также ее влияния на работоспособность инструмента. Изучена трансформация дефектов кристаллической структуры, происходящих в контактных слоях режущего инструмента в процессе его изнашивания.

E. V. Egorycheva

DEVELOPMENT OF STRENGTHENING AND SOFTENING PROCESSES IN THE TOOL DURING THE CUTTING PROCESS

Keywords: high-speed steel, diffusion, internal energy, wear, cutting tool stability, dislocation density, cutting speed, substructure fragmentation, adhesion, oxidation.

Abstract: The article deals with the transformation of the dislocation structure that occurs in the contact layers of a high-speed steel tool during cutting, as well as its impact on the performance of the tool. The transformation of defects in the crystal structure occurring in the contact layers of the cutting tool in the process of its wear is studied.

Повышение стойкости режущего инструмента является одним из основных путей снижения себестоимости механической обработки материалов и повышения производительности. Известно, что изучение эволюции структуры контактных слоев инструмента позволяет изыскать пути повышения его стойкости. Трансформация свойств контактирующих поверхностей при резании является естественным следствием преобразования внешней механической энергии в энергию внутренних процессов материалов системы.

Поэтому в настоящее время большое распространение получила структурно-энергетическая теория изнашивания режущего инструмента [1], которая позволяет более полно раскрыть процессы, происходящие при резании по сравнению с существующими. Эта схема была положена в основу разработки механизма изнашивания режущего инструмента на базе экспериментальных данных: анализа динамического развития процессов упрочнения – разупрочнения в его поверхностных и подповерхностных слоях. На рис. 1 представлена модель изнашивания инструмента из быстрорежущей стали. Проведенные исследования показали, что дислокационная структура контактной зоны режущего инструмента в процессе изнашивания претерпевает дина-

мическое развитие – самоорганизацию. Режущая часть инструмента после термообработки и заточки имеет определенную плотность хаотически распределенных дислокаций, то есть определенный запас внутренней энергии деформации и, следовательно, является типичной неравновесной системой, все более удаляющейся по мере изнашивания от равновесия. В процессе деформации происходит образование новых диссипативных структур. Их возникновение отражает стремление неравновесной системы к упорядочению за счет обмена энергией с внешней средой.



Рис. 1. Динамическое развитие процессов упрочнения-разупрочнения

Исследования показали, что образование таких дислокационных структур, как малоугловые границы и ячейки в поверхностных слоях инструмента в процессе приработки при резании углеродистых сталей дает невысокую эффективность диссипации внутренней энергии деформации [2]. При достижении порога энергетического насыщения поверхностными слоями на данном этапе изнашивания возникают диссипативные структуры - микротрещины, которые являются процессами разупрочнения и приводят к нарушению сплошности материала. Они вкпе с развитием такого разупрочняющего фактора, как полосы скольжения, характеризующего потерю сдвиговой устойчивости и активизирующего явления адгезионного схватывания обрабатываемого и инструментального материалов, определяют высокую интенсивность изнашивания в период обработки и приводят к вырыву частиц матрицы и зерен карбидов поверхностного слоя инструментального материала.

Образование фрагментированной структуры с высокоугловыми границами межзеренного типа на этапе нормального изнашивания приводит к повышению сдвиговой устойчивости локальных объемов инструментального материала. Она способствует сохранению сплошности материала за счет поддержания скорости диссипации энергии на уровне, необходимом для предотвращения возникновения критического

структурного состояния, о чем свидетельствует минимальное изменение энергии деформации. Образование окисных пленок F_2O_3 и F_3O_4 на контактной поверхности режущего инструмента в процессе нормального изнашивания приводит к ослаблению адгезионных связей между инструментом и обрабатываемым материалом.

Формирование на участке нормального изнашивания высокоугловой фрагментированной структуры в подповерхностных слоях до 5 – 10 мкм обуславливает замену изношенных поверхностных фрагментированных слоев инструментального материала слоями с такой же дисперсной диссипативной структурой. Именно данные процессы упрочнения: формирование фрагментированной высокоугловой структуры – эффективного канала диссипации энергии в поверхностных и подповерхностных слоях режущего инструмента – образование защитных окисных пленок – приводят к минимальной интенсивности износа в период нормального изнашивания в процессе резания. Активное развитие окислительного износа в процессе изнашивания способствует окислению межзеренных границ контактной зоны режущего инструмента, которое приводит к разупрочнению. Этот процесс способствует расколу и вырыву частиц зерен карбидов и матрицы.

При увеличении скорости резания в процессе нормального изнашивания наблюдается лишь частичная фрагментация поверхностного слоя. Образование развитой фрагментированной структуры не происходит вследствие активизации диффузионного движения дислокаций, способствующего обходу препятствий в плоскостях скольжения. То есть образуется субструктура, состоящая частично из фрагментов с высокоугловыми границами межзеренного типа, частично из ячеек с малоугловыми границами [3]. Это приводит к снижению порога энергетического насыщения поверхностных слоев, что вызывает уменьшение периода нормального изнашивания и стойкости режущего инструмента. На форсированных режимах резания процессы, протекающие в контактной зоне инструментального материала, определяются в первую очередь температурным фактором, проявляющимся в высокой подвижности дислокаций из-за интенсивного движения линейных дефектов по диффузионному механизму. Это препятствует образованию диссипативной фрагментированной структуры и активизирует развитие разупрочняющих процессов: полигонизацию, окисление межзеренных границ фазовых составляющих и аустенизацию матрицы режущего инструмента. Данные процессы обуславливают низкую стойкость инструмента из быстрорежущей стали [4].

Таким образом, динамическое развитие процессов упрочнения (от таких дислокационных структур, как малоугловые границы и дислокационные ячейки до фрагментированной структуры с высокоугловыми границами межзеренного типа) и разупрочнения (развитие окисления межзеренных границ фазовых составляющих инструмента, полос скольжения, образование диссипативных структур на низком уровне) в контактной зоне режущего инструмента определяют его износостойкость.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кабалдин Ю.Г., Шатагин Д.А., Зотов В.О. Структурно-энергетический подход к процессу изнашивания к процессу изнашивания и диагностике твердосплавного режущего инструмента / Вестник машиностроения. – 2016. – № 5. – С. 79-85.
2. Егорычева Е.В. Упрочнение инструмента из быстрорежущей стали / Надежность и долговечность машин и механизмов: Материалы IX Всероссийской научно-практической

конференции. – 2018. – С. 351-353.

3. Егорычева Е.В. Трансформация субструктуры инструмента из быстрорежущей стали в процессе резания / Состояние и перспективы развития электро- и теплотехнологии: Материалы международной научно-технической конференции (XVIII Бенардосовские чтения). – 2015. – С. 323-326.

4. Егорычева Е.В., Никоноров А.В. Влияние деформации на карбидную фазу инструмента из быстрорежущей стали / Состояние и перспективы развития электро- и теплотехнологии: Материалы международной научно-технической конференции (XVIII Бенардосовские чтения). – 2015. –С. 348-351

УДК 621.9

Е. В. Егорычева

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

К ВОПРОСУ ВЛИЯНИЯ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОГО УПРОЧНЕНИЯ НА РАБОТОСПОСОБНОСТЬ ИНСТРУМЕНТА

Ключевые слова: режущий инструмент, процесс изнашивания, упрочнение инструмента, дислокационная структура.

Аннотация: В статье рассмотрен механизм влияния методов предварительного упрочнения на работоспособность режущего инструмента. Рассмотрены вопросы трансформации дислокационной структуры, происходящей в контактных слоях инструмента в процессе резания.

E. V. Egorycheva

ON THE INFLUENCE OF PRE-HARDENING ON TOOL OPERABILITY ON THE PERFORMANCE OF THE TOOL

Keywords: cutting tool, wear process, tool hardening, dislocation structure.

Abstract: The article considers the mechanism of influence of pre-hardening methods on the performance of cutting tools. The questions of transformation of the dislocation structure occurring in the contact layers of the tool during cutting are considered.

В современных условиях необходимым условием успешной деятельности машиностроительных предприятий является интенсификация механической обработки, одним из факторов которой является работоспособностью режущего инструмента. Поэтому повышение ресурса работы инструмента – важное условие функционирования машиностроительного производства.

Одним из основных и наиболее распространенных путей повышения работоспособности режущего инструмента является модифицирование его рабочих поверхностей или нанесение на них защитных покрытий разными методами предварительного упрочнения [1]. В современном машиностроении существует много методов предварительного упрочнения инструмента с целью повышения его износостойкости.

Однако многие из них не являются универсальными и раскрывают свои потенциальные возможности лишь в конкретных, иногда очень узких, условиях резания. Сформулировать научный подход к назначению метода упрочнения инструмента, работающего в определенных условиях резания, возможно путем разработки научно обоснованного механизма влияния методов предварительного упрочнения на работоспособность режущего инструмента.

Установлено, что защитный или упрочненный слой присутствует на рабочих поверхностях лишь в начальный период резания. Время существования защитного слоя до его разрушения при резании составляет всего 3...7% от периода стойкости упрочненного инструмента из быстрорежущей стали [1]. Однако проведение предварительного упрочнения позволяет значительно повысить период стойкости инструмента.

В данной работе рассматривается механизм влияния методов предварительного упрочнения на работоспособность режущего инструмента. Исследования проводились при точении стали 45 пластинами из быстрорежущих сталей в диапазоне скоростей 10...60 м/мин. В процессе резания применялся инструмент с предварительным упрочнением методами магнито-импульсной обработки, имплантацией ионов Ti, Al, а также с предварительным нанесением нитридотитанового покрытия. Упрочненный режущий инструмент представляет собой комплекс, на работоспособность которого влияют многие факторы. Инструментальная основа является важной составляющей этого комплекса и играет большую роль в обеспечении износоустойчивости упрочненного инструмента. Проведенные исследования свидетельствуют о значительном влиянии инструментальной основы на работоспособность упрочненного режущего инструмента и эффективность методов предварительного упрочнения [2].

Все многообразие технологических приемов упрочнения с энергетической точки зрения можно свести к процессу формирования на рабочих поверхностях контактных слоев с повышенным значением химического потенциала, который, как и уровень внутренней энергии, связан с ростом плотности дислокаций. Влияние предварительного упрочнения на изменение плотности дислокаций в контактных слоях инструмента как после упрочнения, так и в течение периода стойкости при резании, изучалось с помощью рентгеноструктурного анализа. Рабочие поверхности инструмента после изготовления обладают определенной плотностью дислокаций. После упрочнения, независимо от применяемого метода, плотность дислокаций на рабочих поверхностях инструмента повышается. При нанесении нитридотитанового покрытия плотность дислокаций уменьшается на поверхности самого покрытия, но в подповерхностных слоях инструментальной основы, непосредственно прилегающих к покрытию, наблюдается повышенное ее значение по сравнению, как с самим покрытием, так и с инструментом-эталоном.

Анализ зависимости изменения плотности дислокаций в контактных слоях инструментальной основы упрочненного инструмента от степени изнашивания показал, что в начальный момент резания происходит монотонное повышение плотности линейных дефектов. Затем при достижении определенной величины ее рост прекращается и в дальнейшем она остается практически неизменной (рис.1).

С увеличением скорости резания, как и при резании неупрочненным инструментом, плотность дислокаций в приконтактных слоях основы упрочненного инструмента уменьшается и ее минимальное значение наблюдается при максимальной скорости резания. Электронно-микроскопические исследования показали, что в процессе

упрочнения на рабочих поверхностях происходит группирование дислокаций в скоплениях и формирование малоугловых границ.

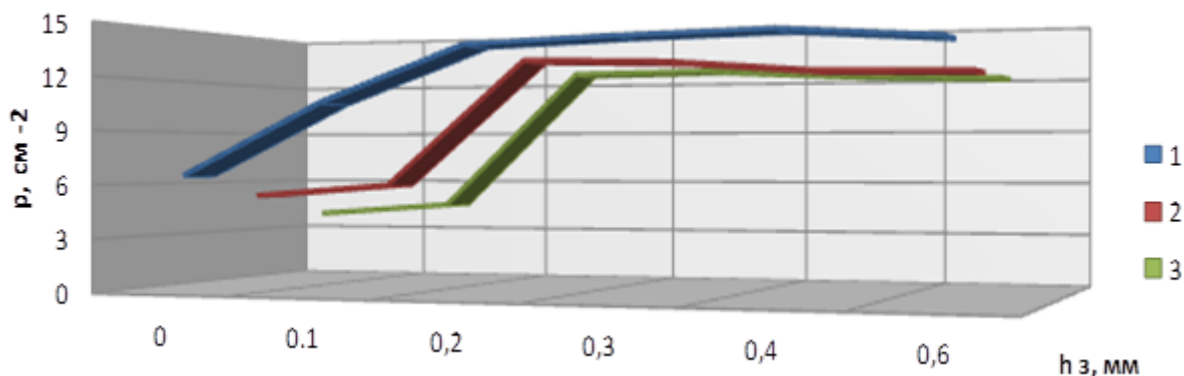


Рис.1. Зависимость плотности дислокаций ρ в поверхностном слое инструмента с упрочнением от фаски износа по задней поверхности h_3 при обработке стали 40X: 1 – P6M5 + коронный заряд; 2 – P6M5 + имп. Ti; 3 – P6M5 + приработка+ импл. Ti

В процессе резания за период приработки, как и в случае использования неупрочненного инструмента, на контактных поверхностях образуется фрагментированная структура с высокоугловыми границами, которая наблюдается в момент достижения максимальной плотности дислокаций и затем присутствует в течение всего периода изнашивания.

В период образования данной дислокационной структуры на контактных поверхностях инструмента наблюдается минимальная интенсивность его изнашивания, как и в случае резания неупрочненным инструментом из быстрорежущей стали. С увеличением скорости резания в инструментальной основе наблюдается лишь частичное образование высокоугловой фрагментированной структуры. На высоких скоростях резания данная структура не образуется. В этом случае отказ инструмента наступает вследствие пластического разрушения режущего клина.

На основании полученных экспериментальных данных был разработан механизм влияния методов предварительного упрочнения на работоспособность инструмента из быстрорежущей стали, зависящей от скорости резания. Износостойкость упрочненного инструмента определяется способностью приконтактных слоев инструментальной основы сопротивляться процессам изнашивания и разрушения при резании. Энергетическое воздействие, производимое при упрочнении или нанесении покрытий, приводит к формированию в поверхностных слоях инструментальной основы дислокационных структур более высокого типа по сравнению с хаотически распределенными скоплениями.

Поэтому при резании на низких и средних скоростях, процесс образования износостойкой дислокационной структуры – фрагментированной структуры с высокоугловыми границами межзеренного типа – в период приработки, ускоряется. Это происходит вследствие того что эволюция происходит не от хаотически распределенных дислокационных скоплений, а от определенных дислокационных структур, сформировавшихся в поверхностных слоях инструментальной основы в процессе упрочнения, до резания [3].

Следовательно, методы предварительного упрочнения позволяют «перешагнуть» некоторые этапы в формировании высокоугловой фрагментированной структу-

ры, значительно снижающей интенсивность изнашивания режущего инструмента. Наличие на рабочих поверхностях износостойкого покрытия в первые минуты резания защищает вновь образующуюся фрагментированную структуру от разрушения. Образование и стабилизация этой структуры происходит в условиях, когда разрушению подвергаются не поверхностные слои инструментальной основы, где происходит ее образование, а покрытие, которое таким образом защищает данную структуру от разрушения. Дислокационные структуры, созданные в результате упрочнения, должны обладать термостабильностью, т.е. не деградировать под воздействием высоких температур, возникающих при резании. Высокие температуры и нагрузки, возникающие при резании на контактных поверхностях инструмента, являются причиной их активации. В результате этого происходит интенсивное взаимодействие с внешней средой. В результате взаимодействия с кислородом воздуха в рабочем клине инструмента образуется кислородосодержащий слой, интенсифицирующий его изнашивание на рассматриваемых режимах резания [4]. Предварительное упрочнение или износостойкое покрытие замедляют процессы трибоокисления поверхностных слоев инструментальной матрицы. Однако кислород воздуха, адсорбируясь по границам фрагментов, вызывая разрушение и вырыв отдельных фрагментов или конгломератов.

На высоких скоростях резания, когда температура в зоне контакта сопоставима с температурой отпуска быстрорежущей стали или выше ее, инструмент выходит из строя в результате потери формоустойчивости режущего клина. Под воздействием высоких температур возрастает диффузионная подвижность дислокаций, которая препятствует образованию высокоорганизованных структур в контактных слоях быстрорежущего инструмента. В этих условиях работоспособность режущего инструмента определяется свойствами инструментальной матрицы сопротивляться процессам пластического разрушения. В этом случае методы предварительного упрочнения должны препятствовать развитию негативных процессов в режущем клине инструмента.

Анализ физико-химической природы изнашивания упрочненного быстрорежущего инструмента показал, что работоспособность инструмента можно повысить комбинированным упрочнением, обеспечивающим упрочнение контактных слоев быстрорежущей основы, и нанесением износостойкого покрытия, хорошо сцепленного с основой.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Верещака А.С. Методологические подходы к формированию многослойных покрытий на режущем инструменте / Верещака А.С., Табаков В.П., Верещака А.А., Батако А.Д. // Вестник машиностроения. – 2015. – № 9. – С. 82-88.
2. Егорычева Е.В. Упрочнение инструмента из быстрорежущей стали / Надежность и долговечность машин и механизмов: Материалы IX Всероссийской научно-практической конференции. – 2018. – С. 351-353.
3. Егорычева Е.В. Трансформация субструктуры инструмента из быстрорежущей стали в процессе резания / Состояние и перспективы развития электро- и теплотехнологии: Материалы международной научно-технической конференции (XVIII Бенардосовские чтения). – 2015. – С. 323-326.
4. Егорычева Е.В., Никоноров А.В. Влияние деформации на карбидную фазу инструмента из быстрорежущей стали / Состояние и перспективы развития электро- и теплотехно-

логии: Материалы международной научно-технической конференции (XVIII Бенардосовские чтения). –2015. –С. 348-351

УДК 621.89.012

А. Г. Железнов, В. А. Годлевский

ФГБОУ ВО Ивановский государственный университет

АНАЛИЗ ВЕРОЯТНОСТНОЙ МОДЕЛИ ФОРМИРОВАНИЯ ГРАНИЧНОГО ПОЛИМОЛЕКУЛЯРНОГО ФИЗИЧЕСКИ АДсорБИРОВАННОГО СМАЗОЧНОГО СЛОЯ

Ключевые слова: граничная смазка, математическая модель, присадки, адсорбция.

Аннотация: В работе рассмотрена кинетическая теория изменения концентрации присадок в объеме смазочного материала, на основе которой проанализирована вероятностная модель формирования граничного полимолекулярного физически адсорбированного смазочного слоя.

A. G. Zheleznov, V. A. Godlevskiy

THE ANALYSIS OF BOUNDARY POLYMOLECULAR PHYSICALLY ADSORBTED LUBRICATION LAYER'S FORMATION

Keywords: bountary lubrication, mathematical model, additives, adsorption.

Abstract: In the work the kinetic theory of additives concentration change in lubrication volume on which basis the likelihood model of formation of the boundary polymolecular physically adsorbed lubricant layer is analysed is considered.

Введение

Адсорбция молекул присадок играет существенную роль в процессе трения, так как создаёт необходимую повышенную концентрацию молекул присадок в зоне фрикционного контакта. Кинетика формирования и структура адсорбционного слоя в различных аспектах исследована достаточно подробно в работах [1, 2, 3], однако в них основное внимание уделено структурному состоянию поверхности и механизмам формирования адсорбированных слоёв на поверхностях трения. Изменение же состава самого смазочного материала изучено недостаточно, в связи с чем представляется интересным рассмотрение вопроса об изменении состава смазочного материала в процессе трения.

1. Постановка задачи

Под трибоактивными присадками будем понимать химические соединения, вводимые в качестве присадок в смазочный материал, способные к формированию физически или химически адсорбированных слоёв на поверхностях трения и улучшающие триботехнические характеристики смазочного материала.

Уравнения кинетики адсорбции отражают физико-химическую природу адсорбционного процесса и устанавливают временную связь между концентрациями веществ в составе адсорбента и подвижной фазе [4]. Кинетика адсорбции какого-либо i -го компонента зависит от следующих основных независимых факторов [5]: от концентрации всех компонентов как в составе подвижной фазы, так и в составе адсорбента; от параметров, определяющих диффузионную стадию процесса адсорбции (скорость потока, температура и плотность подвижной фазы); от параметров, определяющих химическую стадию кинетики адсорбции (непосредственное взаимодействие адсорбента и взаимодействующих частиц).

Особенность уравнений изотерм адсорбции – отсутствие многих параметров, от которых зависит кинетика адсорбции, например параметров, определяющих диффузию. В уравнениях изотерм адсорбции содержатся только параметры, характеризующие энергию взаимодействия адсорбата и адсорбента [5].

В работах [6, 7] рассмотрен вопрос об изменении с течением времени концентрации введённой в смазочный материал трибоактивной присадки в изотермических условиях трения. Скорость изменения концентрации i -ой трибоактивной присадки в объёме смазочного материала в зоне трения однородных материалов в изотермических условиях представим в виде уравнения баланса:

$$\frac{dC}{dt} = -R_a + R_d - R_t, \quad (1)$$

где R_a – темп адсорбции, R_d – темп десорбции, R_t – темп термического разложения i -ой трибоактивной присадки в смазочном материале.

При определении темпов адсорбции, десорбции и термического разложения будем учитывать следующие предположения:

1. примем, что состав смазочной композиции оптимизирован таким образом, что присадки, вводимые в неё, термически стойки в тех условиях трения, для которых предназначен рассматриваемый смазочный материал. Поэтому вероятность процесса химического разложения присадки мала, что позволяет нам устремить к нулю темп термического разложения присадки R_t ;

2. темпы адсорбции и десорбции прямо пропорциональны плотности активных поверхностных адсорбционных состояний в зоне фрикционного контакта N ;

3. темпы адсорбции и десорбции прямо пропорциональны вероятностям адсорбции и десорбции, которые, в соответствии с [3 5], аппроксимируются температурными зависимостями типа активационной зависимости Аррениуса:

$$P_a = K_a e^{-\frac{E_a}{kT}}; P_d = K_d e^{-\frac{E_d}{kT}}, \quad (2)$$

где E_a, E_d – энергии активации адсорбции и десорбции соответственно;

4. темп адсорбции пропорционален вероятности того, что данное активное поверхностное адсорбционное состояние n в зоне фрикционного контакта свободно, которая, в свою очередь, пропорциональна текущей объёмной концентрации i -ой трибоактивной присадки C ;

5. темп десорбции пропорционален вероятности того, что данное активное поверхностное адсорбционное состояние в зоне фрикционного контакта n занято, которая, в свою очередь, пропорциональна разности между начальной и текущей объёмными концентрациями i -ой трибоактивной присадки $(C_0 - C)$.

2. Построение модели

Исходя из вышеизложенного, темпы адсорбции и десорбции могут быть записаны в виде:

$$R_a = \alpha NP_a C, \quad R_d = \beta NP_d (C_0 - C), \quad (3)$$

где α и β – размерные коэффициенты адсорбции и десорбции соответственно.

С учётом выражений (3) и предположения 1 уравнение изотермы концентрации (1) примет вид:

$$\frac{dC}{dt} = -\alpha NP_a C + \beta NP_d (C_0 - C) \quad (4)$$

Интегрируя уравнение (4) с начальным условием $C(t=0) = C_0$, получим выражение для изотермы концентрации i -ой трибоактивной присадки в объёме смазочного материала в зоне трения однородных материалов в виде:

$$C(t) = C_0 \left\{ \frac{\beta P_d}{\alpha P_a + \beta P_d} + \frac{\alpha P_a}{\alpha P_a + \beta P_d} e^{-(\alpha P_a + \beta P_d) N t} \right\} \quad (5)$$

3. Обсуждение результатов и заключение

При достаточно больших временах процесса трения устанавливается динамическое равновесие процессов адсорбции и десорбции, в результате чего стационарная объёмная концентрация i -ой трибоактивной присадки, в соответствии с уравнением (5), оказывается равной:

$$C_s = C_0 \frac{\beta P_d}{\alpha P_a + \beta P_d} \quad (6)$$

и зависит от микроскопических параметров процессов адсорбции-десорбции для конкретных адсорбента и адсорбата.

Введём безразмерный параметр запаса трибологической активности i -ой трибоактивной присадки в объёме смазочного материала следующим образом:

$$Z = \frac{\alpha P_a + \beta P_d}{\beta P_d} \quad (7)$$

При проведении оптимизации состава смазочного материала по параметру концентрации вводимой трибоактивной присадки следует понимать, что её стационарная концентрация в Z раз меньше, чем изначально введённая. Параметр запаса трибологической активности присадки является количественной вероятностной характеристикой сорбционных процессов и зависит от физико-химической природы поверхностей трения, присадки и специфического взаимодействия молекул присадки с матричным смазочным материалом.

Таким образом, уравнение изотермы концентрации (5), с учётом введённого параметра (7) примет вид:

$$C(t) = C_0 \left\{ \frac{1}{Z} + \frac{Z-1}{Z} e^{-\frac{t}{\tau}} \right\}, \quad (8)$$

где введено обозначение $\tau = \frac{1}{Z\beta P_d N}$.

В уравнении (8) первое слагаемое представляет собой стационарную объёмную концентрацию введённой присадки, а второе – активную действующую объёмную концентрацию, отвечающую формированию граничного адсорбированного молекулярного слоя, снижающего интенсивность фрикционного взаимодействия.

Параметр $\tau = \frac{1}{Z\beta P_d N}$ представляет собой характерное время убывания активной действующей объёмной концентрации и является характеристикой формирования граничного смазочного адсорбционного слоя.

В соответствии с уравнениями (2) запас трибологической активности Z будет иметь вид:

$$Z = 1 + \gamma e^{-\frac{E_a - E_d}{kT}}, \quad (9)$$

где введено обозначение $\gamma = \frac{\alpha K_a}{\beta K_d}$ – микроскопический параметр динамического равновесия процессов адсорбции-десорбции.

В отсутствии убедительных данных о том, что стационарная объёмная концентрация C_s много меньше изначально введённой концентрации C_0 , второе слагаемое в уравнении (9) может быть разложено в ряд по малому параметру $\frac{E_a - E_d}{kT}$. Тогда запас трибологической активности Z запишется как:

$$Z = 1 + \gamma \left(1 - \frac{E_a - E_d}{kT} \right)$$

В работе [1] показано, что толщина адсорбционного слоя определяется выражением:

$$h(t) = \frac{1}{\delta} \ln(\varepsilon \int n(t) dt + 1), \quad (10)$$

где δ, ε – параметры структурирования адсорбционного слоя, $n(t)$ – число соударений молекул трибоактивной присадки с единицей поверхности в единицу времени.

Очевидно, что $n(t)$ должно быть прямо пропорционально объёмной концентрации i -ой трибоактивной присадки $C(t)$:

$$n(t) = \zeta C(t), \quad (11)$$

где ζ – размерный коэффициент пропорциональности.

С учётом (11) выражение для толщины адсорбционного слоя принимает вид:

$$h(t) = \frac{1}{\delta} \ln(\eta \int C(t) dt + 1), \quad (12)$$

где $\eta = \varepsilon \zeta$.

Определим зависимость толщины адсорбционного слоя от времени с учётом очевидного начального условия $h(t = 0) = 0$. Объёмная концентрация присадки $C(t)$ определяется соотношением (8). Тогда толщина адсорбционного слоя (12) принимает вид:

$$h(t) = \frac{1}{\delta} \ln \left(\eta C_0 \int \left\{ \frac{1}{Z} + \frac{Z-1}{Z} e^{-\frac{t}{\tau}} \right\} dt + 1 \right),$$

что после интегрирования даёт:

$$h(t) = \frac{1}{\delta} \ln \left(\eta C_0 \left\{ \frac{t}{Z} - \frac{Z-1}{Z} \tau e^{-\frac{t}{\tau}} \right\} + \eta C_0 A + 1 \right), \quad (13)$$

где A – постоянная интегрирования.

Используя начальное условие $h(t = 0) = 0$, находим, что

$$A = \frac{Z-1}{Z} \tau. \quad (14)$$

С учётом (14) выражение (13) принимает вид:

$$h(t) = \frac{1}{\delta} \ln \left(\eta C_0 \left\{ \frac{t}{Z} - \frac{Z-1}{Z} \tau \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}} \right) \right\} + 1 \right). \quad (15)$$

Практически важным является вопрос о толщине адсорбционного слоя при длительных промежутках времени работы узлов трения. В этом случае выражение (15) переходит в:

$$h(t) = \frac{1}{\delta} \ln \left(\frac{\eta C_0}{Z} t \right),$$

т.е. монотонно возрастает со временем, что противоречит ограниченности количества введённой трибоактивной присадки.

Такое положение дел обусловлено тем, что при получении соотношения (10) в работе [1] предполагалось, что число соударений n , а значит и концентрация присадки C , поддерживается постоянным, что при эксплуатации узлов трения является труднореализуемым условием.

Таким образом, получена модель формирования полимолекулярного граничного смазочного слоя, результатом которой явилось соотношение (10). Для случая введения в состав смазочного материала нескольких адсорбционно-активных компонентов предложенная модель, по-видимому, потребует модификации, учитывающей конкурентность адсорбентов при формировании адсорбционно-десорбционного равновесия в определенных

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Берёзина Е.В., Годлевский В.А., Волков А.В. Процесс формирования физически адсорбционного граничного смазочного полимолекулярного слоя. «Техника и технология трибологических исследований». Иваново. – 2006. – С. 37 – 42.
2. Волков А.В., Годлевский В.А. Математические модели смазочных процессов в технических трибосистемах. Иваново. Ивановский гос. ун-т. 2010. 144 с.
3. Фукс Г.И. Исследование влияния состава граничных слоев на коагуляционные и фрикционные взаимодействия и улучшение смазочных материалов. – М.: Наука, 1965. – 101 с.
4. Кожабаяев С.Е., Голубев В.Г., Бренер А.М. Вероятностная модель фракционирования ультрадисперсных суспензий в приповерхностной зоне слоя пористого адсорбента [Электронный ресурс] // Вестник Казахского Нац. техн. ун-та им. К.И. Сатпаева. 2010. №3 (79).
URL: <http://vestnik.kazntu.kz/?q=ru/node/524>.
5. Тимофеев Д.П. Кинетика адсорбции. – М.: Издательство АН СССР, 1962. – 252 с.
6. Товбин Ю.К. Молекулярная теория адсорбции в пористых телах. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2013. – 624 с.
7. Железнов А.Г. Кинетика адсорбции смазочного материала с трибоактивными присадками поверхностями трения // Современное машиностроение. Наука и образование: Материалы 3-й Междунар. науч.-практ. конф. Изд-во С.-Пб. Политехн. ун-та, 2013. – С. 326 – 330.

УДК 539.621

В. П. Зарубин

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО РАЗРАБОТКЕ УСТРОЙСТВА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТРИБОТЕХНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СМАЗОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Ключевые слова: смазочный материал, пара трения, интенсивность изнашивания, торцевое трение, машина трения, присадки, наполнители к маслам, поверхность трения.

Аннотация: В статье затронут вопрос проведения лабораторных триботехнических исследований смазочных материалов; в качестве одного из показателей качества смазочного

материала выбран показатель износа поверхности трения; для определения этого показателя в лабораторных условиях, предлагается разработать универсальное устройство устанавливаемое на настольный сверлильный станок; основной акцент в статье сделан на простоте изготовления предлагаемого технического решения и его универсальности.

V. P. Zarubin

PROPOSALS FOR THE DEVELOPMENT OF A DEVICE FOR DETERMINING THE TRIBOTECHNICAL CHARACTERISTICS OF LUBRICANTS

Keywords: lubricant, friction pair, wear rate, end friction, friction machine, additives, oil fillers, friction surface.

Abstract: The article deals with the issue of laboratory tribotechnical studies of lubricants; as one of the indicators of the quality of lubricants, the friction surface wear indicator is selected; to determine this indicator in laboratory conditions, it is proposed to develop a universal device installed on a desktop drilling machine; the main focus of the article is on the simplicity of manufacturing the proposed technical solution and its versatility.

Разработка новых смазочных материалов невозможна без проведения лабораторных исследований. Так например разработка высокоэффективных смазочных материалов для трансмиссий пожарных автомобилей требует проведения экспериментов позволяющих определить их основные трибологические показатели. Одним из основных показателей качества смазочного материала является низкий износ поверхности трения экспериментальных образцов работающих в исследуемой смазке [1, 2]. В настоящее время существует большое количество различных машин трения моделирующих реальные условия работы узлов трения [5]. Современные машины трения это многофункциональные установки способные провести исследования в области трения в различных условиях и выдать целый ряд характеристик. Однако не всегда есть необходимость в использовании таких машин. Так например, для определения одного выбранного показателя триботехнической характеристики стараются использовать достаточно простые пары трения с разнообразными условиями взаимодействия деталей друг с другом. Так называемые экспресс методики на машинах относительно не сложной конструкции дают возможность провести ряд исследований за относительно короткое время. При этом, стоит отметить, что достоверность экспресс методик остается достаточно высокой [3, 4].

В настоящей работе рассматривается возможность переоборудования станка сверлильного настольного СНВШ 2 (рис. 1) в машину торцевого трения. Станок обладает достаточной мощностью 0,75 кВт, а максимальный диаметр сверления 16 мм гарантирует большой крутящий момент. Возможность ступенчатой регулировки частоты вращения шпинделя от 550 об/мин до 3400 об/мин позволит проводить трибологические исследования в достаточно широком диапазоне. Основная модернизация данного станка будет заключаться в разработке конструкции державки для образцов и нагружающего устройства. Поскольку основной задачей перед разрабатываемой машиной будет стоять вопрос оценки противоизносных свойств смазочного материала нет необходимости в установке датчиков и устройств определяющих момент трения.



Рис. 1. Станок сверлильный настольный СНВШ 2

При разработке державки для образцов за основу принимаем пары трения торцевого типа. Одна из деталей пары трения будет крепиться неподвижно к столу станка, а вторая подвижная деталь будет крепиться в патроне. Принципиальная схема пары трения представлена на рисунке 2.

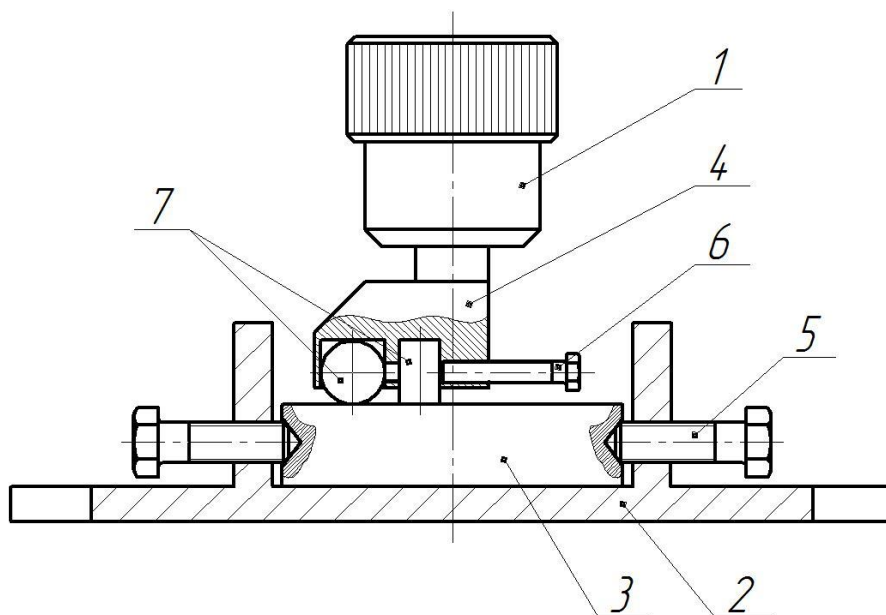


Рис. 2. Принципиальная схема трения:

- 1 – патрон станка; 2 – корпус; 3 – образец неподвижный (шайба);
- 4 – державка; 5 – крепежный винт корпуса; 6 – винт крепления образцов;
- 7 – цилиндрический и сферический образец

Порядок работы пары трения будет состоять из следующих действий. Корпус 2 (рис. 2) крепиться к столу станка по средствам Т-образного паз. В корпус 2 установ-

ливается неподвижный образец 3 (шайба) и фиксируется винтами 5. В патрон 1 станка зажимается державка 4. Державка имеет два технологических отверстия для установки либо сферического, либо цилиндрического образцов 7. Образцы фиксируются в державке по средствам винта 6.

Выше указанная схема обладает достаточной простотой и универсальностью. Так например благодаря своей форме неподвижный образец (шайба) может быть изготовлен на токарном станке без использования специального оборудования и сложных режимов обработки. Стоит отметить, что рабочая торцевая поверхность этого образца может быть подготовлена для исследований в процессе точения. В качестве образцов устанавливаемых в державке могут быть использованы шарики от 201 подшипника и изготовленные на токарном станке образцы цилиндрической формы. В качестве материала для неподвижного образца (шайбы) и цилиндрического образца могут быть использованы различные металлы используемые в парах трения машин и механизмов.

Нагрузка на образцы будет осуществляться через стандартный для станка привод подачи вала шестерни и реечной траверсы. Одну из ручек на валу шестерни предлагается заменить на стержень с возможностью установки груза. Схема нагружающего устройства представлена на рисунке 3.

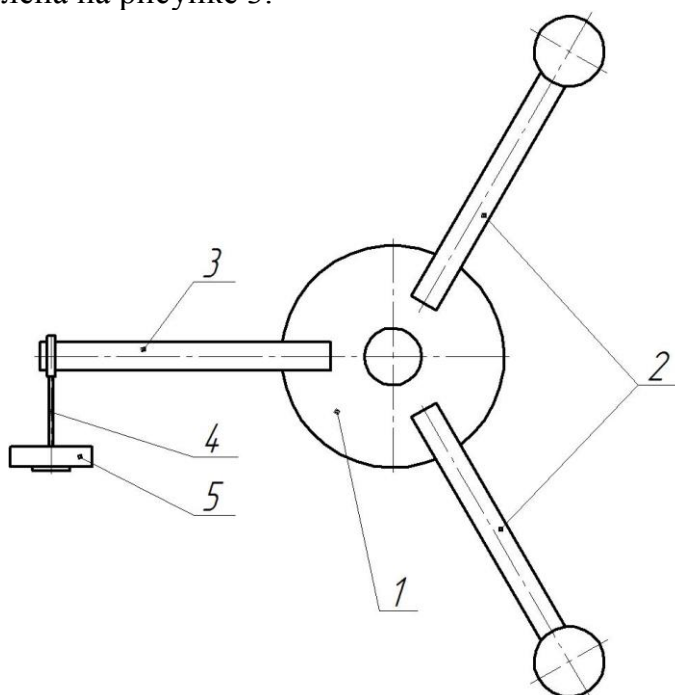


Рис. 3. Схема нагружающего устройства: 1 – вал шестерня; 2 – ручка перемещения пиноли; 3 – стержень нагружающего устройства; 4 – подвесная система; 5 – груз

Таким образом, для создания необходимого давления в паре трения на подвесную систему 4 стержня 3 устанавливается груз 5 необходимой массы.

Процесс трения при установленных оборотах шпинделя станка и необходимой нагрузке на образцы можно проводить при различных режимах трения (граничное, жидкостное) в различных смазочных средах. Для предотвращения вытекания и разбрызгивания смазочного материала на корпусе 2 (рис. 2) держателя неподвижного образца 3 предусмотрены бортики.

Износ поверхности трения цилиндрического образца предлагается осуществлять с помощью искусственных баз – установлением линейного износа по заранее

нанесенным отпечаткам на твердомере ТКС – 1 М коническим твердосплавным индентором с углом при вершине $\alpha = 120^\circ$. Для сферического образца показателем изменения интенсивности изнашивания может служить изменение диаметра пятна износа.

Таким образом предлагаемое переоборудование станка сверлильного настольного СНВШ 2 в машину торцевого трения не потребует вносить серьезные изменения в конструкцию станка, что в свою очередь исключает большие финансовые затраты. Предлагаемые конструкции узла трения и нагружающего устройства в совокупности с возможностями привода станка позволят проводить экспресс исследования смазочных материалов по противоизносным свойствам в достаточно широком диапазоне скоростей и нагрузок.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Буяновский И.А. и др. Граничная смазка: этапы развития трибологии. – М.: Нефть и газ, 2002. – 230 с.
2. Гаркунов Д.Н. Триботехника. – М.: Машиностроение, 1999. – 336 с.
3. Калинин А.А. и др. Ускоренная методика оценки противоизносных и антифрикционных свойств пластичных смазок // – Заводская лаборатория. - 1984. - №2. – С. 78 – 80
4. Калинин А.А., Замятина Н.И. Экспрессная методика оценки смазочных свойств жидкостей и пластичных смазок по схеме трения «диск – шарик» // – Заводская лаборатория. - 1986. - №4. – С. 64 – 67.
5. Пружанский Л.Ю. Исследование методов испытаний на изнашивание. – М.: Наука, 1978. – 116 с.

УДК 62-729.2

В. П. Зарубин

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО УЛУЧШЕНИЮ КАЧЕСТВА ПРОВЕДЕНИЯ СМАЗОЧНЫХ РАБОТ ПРИ ТЕХНИЧЕСКОМ ОБСЛУЖИВАНИИ ПОЖАРНОЙ ТЕХНИКИ

Ключевые слова: техническое обслуживание, пожарная техника, смазочный материал, замена масла.

Аннотация: В статье рассматривается вопрос качественного проведения смазочных операций при техническом обслуживании пожарной техники; проведен обзор инструмента и оборудования используемого для замены масел и смазок в узлах и агрегатах пожарной техники; предложена конструкция специального устройства для проведения операций по замене масел в узлах трансмиссии мобильных средств пожаротушения.

V. P. Zarubin

SUGGESTIONS FOR IMPROVING THE QUALITY OF LUBRICATION OPERATIONS DURING MAINTENANCE OF FIRE EQUIPMENT

Keywords: maintenance, fire equipment, lubricants, oil change.

Abstract: The article deals with the issue of high-quality lubrication operations in the maintenance of fire equipment; the review of tools and equipment used to replace oils and lubricants in units and aggregates of fire equipment; the design of a special device for performing operations to replace oils in the transmission units of mobile firefighting equipment.

Своевременная и качественная замена смазочного материала в любом узле трения положительно влияет на его дальнейшую работоспособность. Отработанное масло загрязненное продуктами износа и абразивными частицами попавшими из внешней среды негативно влияет на взаимодействующие детали и может вызвать их преждевременный выход из строя. Поэтому масла и смазки необходимо менять с определенной периодичностью. Время замены смазочного материала регламентировано предприятием изготовителем и учитывает условия работы машины и механизма. Для мобильных средств пожаротушения предусмотрены работы по проведению технического обслуживания (ТО) в которых отражены все работы связанные со смазочными материалами [1, 2].

В настоящей работе более подробно рассмотрим вопрос по замене отработанного смазочного материала в узлах трансмиссий пожарной техники. Эти виды работ проводятся по плану номерных и сезонных ТО. Особенностью замены масел именно в трансмиссии пожарных автомобилей является относительная трудоемкость проведения работ. Из-за «неудобного» расположения заливных отверстий в коробках и мостах возникают трудности при заливке чистого масла. Для выполнения этой операции должно быть задействовано минимум два исполнителя, а использование подручных средств не исключает потери смазочного материала и не обеспечивает качество проведения работ. Решить вышеуказанные проблемы на наш взгляд поможет использование специального оборудования. Современная промышленность выпускает достаточно большое количество устройств и аппаратов для замены отработанных смазочных материалов. Основной принцип их работы основан на подачи смазочного материала под давлением в зону смазки. К подобным приборам можно отнести различные солидол нагнетатели и раздатчики жидких масел [3, 4]. Однако стоит отметить, что стоимость такого оборудования достаточно высокая и оснастить им все пожарно-спасательные части не представляется возможным.

Решить вышеуказанную проблему на наш взгляд поможет разработка устройства для заправки узлов и агрегатов трансмиссий пожарных автомобилей жидкими маслами.

Принципиальная схема устройства представлена на рисунке 1.

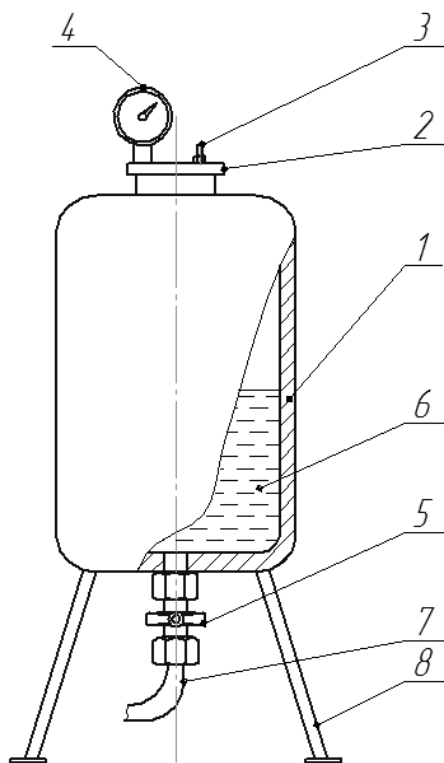


Рис. 1. Общий вид устройства для заправки узлов трансмиссий жидкими маслами:
 1- корпус, 2- крышка заливной горловины, 3 – ниппель для закачки воздуха,
 4 – манометр, 5 – кран, 6 – смазочный материал, 7 – раздаточный шланг, 8 – опора

Принцип работы устройства основан на подаче смазочного материала в картер агрегата под давлением. Устройство имеет достаточно простую конструкцию и может быть изготовлено в условиях ремонтной мастерской. В качестве корпуса может быть использован баллон из под фреона. Объем баллона подбирается из расчета объема масла заливаемого в агрегат. Так, например, для заправки коробки переключения передач любого грузового шасси, баллон должен вмещать не менее восьми литров масла. Кроме баллона потребуется манометр для контроля избыточного давления, ниппель для бескамерных шин, кран, шланг, фланец с крышкой.

Принцип работы установки и порядок действия при замене масла будет заключаться в следующем:

1. Отработанное масло из агрегата слить через сливную пробку.
2. Чистое масло определенной марки в нужном количестве залить в резервуар установки через заливную горловину 2 (рис. 1) (кран 5 закрыт).
3. Крышку резервуара закрыть и через ниппель 3 создать избыточное давление воздуха 1,5 – 2 атм. Давление накачивается компрессором или автомобильным насосом и контролируется по манометру 4.
4. Установку расположить рядом с обслуживаемым автомобилем (устойчивость устройства обеспечивается наличием трех опор).
5. Размотать маслораздаточный шланг 7 и вставить в заливное отверстие обслуживаемого агрегата.
6. Открыть кран 5. Масло под давлением поступает в заливное отверстие. Заправку осуществлять до нужного уровня.

Использование разрабатываемого устройства, работы по заправке агрегатов трансмиссий пожарной техники не требуют задействования дополнительных специалистов. Весь комплекс операций может провести один человек. Конструкция устройства обеспечивает «чистоту» проведения работ и минимизирует потери смазочного материала. Это в свою очередь положительно влияет на весь комплекс проведения технического обслуживания пожарных автомобилей. Устройство не требует длительного времени на подготовку к работе и обслуживания после работы, что экономит время для выполнения других плановых задач. После использования устройство не требует консервации и специальных условий хранения, что является его преимуществом перед другими более сложными агрегатами. Таким образом изготовление и использование устройства для заправки узлов и агрегатов трансмиссий пожарной техники снизит затраты труда на проведение ТО и значительно повысит его качество, что в свою очередь положительно отразится на надежности и работоспособности мобильных средств пожаротушения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Приказ МЧС России от 18.09.2012 № 555 «Об организации материально-технического обеспечения системы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий».
2. Спичкин Г.В., Третьяков А.М., Либин Б.Л. Диагностирование технического состояния автомобилей. М.: Высшая школа, 2007. 368 с.
3. Зарубин В.П., Легкова И.А. Влияние смазочных материалов на процесс трения и изнашивания в узлах трения пожарной техники. Научно-популярный журнал NovaInfo.Ru (Электронный журнал). 2016. №53 (т.2). С. 34-36.
4. Зарубин В.П. Общие вопросы трения и изнашивания деталей пожарной техники. Научно-популярный журнал NovaInfo.Ru (Электронный журнал). 2016. №53 (т.2). С. 16-18.

УДК 699.058

Е. Ю. Захаров, Г. П. Соколов, П. В. Чистов

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

ИЗНОС КРИВОШИПНО-ШАТУННОГО МЕХАНИЗМА

Ключевые слова: двигатель, кривошипно-шатунный механизм, износ.

Аннотация: Рассмотрены основные условия износа кривошипно-шатунного механизма, в чем заключается ремонт.

E. Y. Zakharov, G. P. Sokolov, P. V. Chistov

CRACK-CONNECTED WEAR WEAR

Keywords: engine, crank mechanism, wear.

Abstract: The basic conditions for the wear of the crank mechanism are considered, what is the repair.

В отличие от обычных автомобилей, пожарные машины работают в особых, более жестких условиях. Целью технической эксплуатации пожарных машин является максимизация реализации их потенциальных свойств при движении и обеспечение основных мер в случае возникновения пожарно-спасательных мероприятий.

Таблица 1 Основные признаки неисправности автомобилей

Признаки	Неисправности
глухой удар в нижней части блока цилиндров (увеличивается с увеличением скорости и нагрузки);	износ коренных подшипников
пониженное давление масла (сигнальная лампа включена)	износ шатунных подшипников
плавающий удар в середине блока цилиндров (увеличивается с увеличением скорости и нагрузки, исчезает при выключении соответствующей свечи зажигания);	износ поршней и цилиндров
пониженное давление масла (сигнальная лампа включена)	износ поршневых пальцев

Таблица 2 Значения пробегов автомобилей КАМАЗ до выхода из строя их двигателей

Базовое шасси	Срок износа заводской \ на практике, км
КамАЗ-4306	400 000 \ 180000
КамАЗ-4326	400 000 \ 200000
КамАЗ-5297	400 000 \ 300000
КамАЗ-5325	400 000 \ 190000
КамАЗ-5425	400 000 \ 150000
КамАЗ-6350	400 000 \ 200000

Таблица 3 Сроки исправной работы двигателей автомобилей КАМАЗ до выхода из строя

Базовое шасси	Срок износа заводской \ на практике, лет
КамАЗ-4306	10 \ 5
КамАЗ-4326	10 \ 4
КамАЗ-5297	10 \ 6
КамАЗ-5325	10 \ 7
КамАЗ-5425	10 \ 5
КамАЗ-6350	10 \ 8
Урал-4320	10 \ 4
ЗИЛ-133	10 \ 4
АГМС	10 \ 8
ГАЗ-5903	10 \ 4
ЛиАЗ-5256	10 \ 9
НефАЗ-4208	10 \ 9

Правила эксплуатации дизельного двигателя:

- Не выпускайте «газ» на неотопливаемом двигателе.
- Не экономьте качество топлива

- Заменить «расходные материалы» во временных масляных фильтрах, приводных ремнях и роликах, топливных и воздушных фильтрах.
- Предотвратить перегрев двигателя
- Избегайте «нехватки масла»
- Использование АФП
- Своевременное ТО

Техническое обслуживание - это комплекс мер, направленных на качественную и бесперебойную работу пожарных машин; это осуществляется с целью обеспечения постоянной готовности пожарных машин к основным операциям, их безопасности, правильного внешнего вида, увеличения количества ремонтов, предотвращения неисправностей и их своевременного устранения, уменьшения негативного воздействия автомобиля на окружающую среду, снижение расхода топлива, смазочных материалов и других эксплуатационных материалов.

АФП представляют из себя маленькие аморфные частицы смазочных материалов.

Ремонт кривошипно-шатунного механизма включает замену или ремонт. Ремонт обычно производится при снятии двигателя с автомобиля. Вы можете только снять или установить крышку головки цилиндров, головку цилиндров и масляный поддон и заменить сальник, не снимая двигатель с автомобиля. При установке вышеуказанных деталей затягивание их крепежных гаек и болтов осуществляется в определенном порядке, согласно общему принципу крепления деталей корпуса: от бокового центра к периферии. Этот метод затягивания позволяет затянуть весь узел и механизм.

Можно сказать, что объем двигателя также большой. Следовательно, если цвет выхлопного газа является голубоватым, а уровень моторного масла постоянно снижается, это указывает на износ поршневой группы цилиндров. Поршневое кольцо можно удалить без разбора, вылив специальный раствор из 50% керосина и 50% денатурированного спирта в цилиндр через отверстие в свече зажигания. После 7,5-9,5 часов бездействия двигатель должен быть запущен и проработать от 11 до 16 минут перед заменой моторного масла.

Ошибки сканирования могут возникать различными способами, часто из-за неправильного использования. Неправильная эксплуатация включает плохие смазочные материалы, низкооктановое топливо, установку топливных фильтров, обработку воздуха и масла низкого качества. Если воздушный фильтр сильно загрязнен, пропускная способность резко упадет, вакуум во впускном коллекторе будет высоким, а коэффициент заполнения уменьшится. Это является одной из причин чрезмерного образования сажи, снижения производительности двигателя и увеличения расхода топлива. Естественный износ очень медленный и обычно зависит от условий эксплуатации. При правильной работе мощность двигателя может превышать 1 000 000 км, срок службы может превышать 10 лет, и это новейший двигатель.

В большинстве случаев долговечность и надежность автомобильных двигателей определяется применяемыми техническими решениями, а также производственной культурой в компании. Однако есть несколько факторов, которые зависят исключительно от потребителя. Это пунктуальность обслуживания, качество используемого топлива и расходных материалов и проведение профилактической диагностики.

Согласно статистике, срок службы двигателей основных автопроизводителей превышает внутренний рынок. В чем здесь причина? Очевидно, что одной из основ-

ных причин могут быть различия в конструкции двигателей, в частности в конструкции кривошипно-шатунного механизма. Чтобы исследовать эту причину, был проведен кинематический и динамический анализ двигателя отечественной пожарной машины ЗИЛ 508 и немецкой пожарной машины Econic 2633 LL. Эти типы двигателей оснащены пожарной машиной, построенной на шасси ЗИЛ и Мерседес.

Оболочки шатунов и основные подшипники коленчатого вала выполнены из стальной ленты, внутренняя поверхность которой (рабочая) покрыта тонким слоем антифрикционного сплава. Для двигателей ЗМЗ-53, ЗИЛ-130 и ГАЗ-24 рабочая поверхность покрытий выполнена из алюминия с высоким содержанием олова. Покрытия на шатунах двигателя КамАЗ-740 трехслойные с рабочим слоем из свинцовой бронзы.

Противовесы используются для разгрузки главных подшипников от вредного воздействия центробежных сил. Для подачи смазки из главных шеек в шатуны были просверлены каналы. Коленчатый вал установлен в станине картера с основными шейками и закреплен крышками.

Для коленчатых валов 8-цилиндровых V-образных двигателей на каждом из четырех шатунных шеек, расположенных под углом 90, установлены два шатуна: один слева, а другой - в правом ряду цилиндров, число которых составляет указано на диаграмме. Для двигателей ГАЗ-24 один шатун установлен на шейках шатунов, расположенных попарно под углом 180 градусов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гоц А.Н. Кинематика и динамика кривошипно-шатунного механизма поршневых двигателей. Учебное пособие.
2. <https://www.studiplom.ru/Technology-DVS/KSHM.html>

УДК 621.7.

А. В. Карпова, В. А. Полетаев

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

ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ОБРАБОТКИ ПРИ СВЕРЛЕНИИ ГЛУБОКИХ ОТВЕРСТИЙ В ДЕТАЛЯХ ИЗ РУДНООБРАБАТЫВАЕМЫХ МАТЕРИАЛОВ

Ключевые слова: сверление, глубокое отверстие, сверло, увод, твердость, прямолинейность.

Аннотация: Рассмотрены факторы, влияющие на качество обработки при сверлении глубоких отверстий. Предложены основные направления технологических работ для снижения уводов при глубоком сверлении в реальных условиях производства.

A. V. Karpova, V. A. Poletaev

IMPROVEMENT OF QUALITY OF PROCESSING WHILE DRILLING DEEP HOLES IN DETAILS FROM DIFFERENT WORKING MATERIALS

Keywords: drilling, deep hole, drill, withdrawal, hardness, straightness.

Abstract: Factors that affect the quality of processing when drilling deep holes are considered. The main directions of technological work are proposed to reduce withdrawals during deep drilling in real production conditions.

Технология обработки глубоких отверстий является сложной технологической задачей, поскольку параметры этих отверстий в ряде деталей типа труб определяют их качественные характеристики. Кроме того, при производстве таких деталей, как цилиндры глубинных насосов, трубы спецсистем, трубы радиаторов охлаждения и т. п., временные затраты при их изготовлении в основном определяются временем операций по обработке глубоких отверстий. Это объясняется особой спецификой процессов получения глубокого отверстия и его обработки, что выделило технологию обработки глубоких отверстий из технологий получения и обработки отверстий обычной длины (глубины), характерных для большинства изделий в общем машиностроении.

Поскольку детали с глубокими отверстиями достигают значительных габаритов из-за больших размеров припусков на обработку, то брак при обработке может привести к большим потерям в производстве. На качество обработки таких деталей влияют [1-2]:

- погрешности в первоначальном направлении режущего инструмента;
- копирование сверлильным инструментом погрешности расположения оси отверстия, имеющейся в месте контакта направляющих с поверхностью просверленного отверстия;
- изгиб инструмента из-за поперечных колебаний с частотой вращения заготовки (для обработки не вращающимся инструментом); эти колебания возникают вследствие базирования инструмента на поверхность отверстия, имеющего радиальное биение (кинематическое возмущение инструмента);
- разнообрабатываемость (разнотвердость) материала по сечению заготовки;
- поперечные колебания заготовки из-за ее деформации при установке и обработке; положение опор заготовки;
- режимы резания: глубина резания, скорость резания, подача;
- несовершенство конструкции инструмента, его режущих и направляющих элементов;
- неудовлетворительное качество заточки сверл;
- несоответствие оборудования обрабатываемым заготовкам;
- наличие термообработки и ее место в технологическом процессе изготовления детали;
- схема сверления (наличие вращения инструмента или заготовки и др.).

По мнению ряда исследователей, из всех вышеперечисленных причин, определяющих качество обработки при глубоком сверлении, наиболее вероятными представляются лишь некоторые. Например, поперечная разнообрабатываемость материала при сверлении является значимым фактором, влияющим на образование уводов инструмента от первоначального направления и тем самым на качество обработки [2].

Поперечная разнотвердость происходит, в частности, и по причине неодинаковой по сечению прокаливаемости заготовок. Прокаливаемость — глубина проникновения закалки — зависит от легирующих элементов сплава, величины зерна, температуры закалки. Например, простые углеродистые стали, широко применяемые в машиностроении, не все-

гда дают хорошие результаты при термообработке как по свойствам, так и по однородности

Распределение твердости материала по сечению должно быть симметрично относительно оси заготовки. Однако даже при самой тщательной термической обработке идеальной симметрии свойств получить нельзя. Поэтому можно предположить, что кривые распределения твердости материала заготовки могут быть расположены асимметрично и иметь в качестве оси не прямую, а пространственно расположенную кривую. Можно также предположить, что сверло при врезании в заготовку не всегда направлено по оси симметрии свойств материала.

Рассмотрение фактора влияния разнообрабатываемости на уводы на основе элементарных уводов показало следующее:

1) поперечная разнообрабатываемость материала заготовки, которая почти всегда существует, может быть причиной уводов при глубоком сверлении;

2) условия, при которых происходит увод сверла, не всегда присутствуют; увод может происходить только при условии несовпадения в данный момент оси сверла с осью симметрии разнообрабатываемости и при наличии податливости (упругости) инструмента (или обрабатываемого материала);

3) скорость резания, какой бы величины она ни была, не является причиной увода сверла, однако этот фактор может нивелировать поперечную разнообрабатываемость и этим заметно сократить увод;

4) поперечная разнообрабатываемость, как основная причина увода, способна не только отклонять сверло от оси вращения заготовки, но при определенных обстоятельствах активно совмещает его ось с осью вращения заготовки.

Основные направления технологических работ для снижения уводов при глубоком сверлении в реальных условиях производства следующие:

1) увод при сверлении глубокого отверстия значительно зависит от погрешностей установки инструмента и возрастает с увеличением погрешностей установки инструмента;

2) величина и фаза вектора увода инструмента в большой степени зависят от амплитуды колебаний заготовки и сдвига фаз между вынужденными поперечными колебаниями заготовки и вектором увода сверлильной головки; эти результаты говорят о необходимости тщательно балансировать заготовку, выполнять ее наружную обработку перед сверлением, устанавливать люнеты, поддерживающие заготовку, и не допускать поперечных колебаний заготовки с частотой ее вращения;

3) перед операцией сверления тщательно проводить операции термообработки заготовок, не допуская большой поперечной разнотвердости (разнообрабатываемости), поскольку поперечная разнообрабатываемость может явиться причиной появления при сверлении значительных уводов; перед сверлением термообработанных валов из ряда материалов целесообразно обточить эти валы со снятием (по возможности) припуска 15...20 мм на сторону для снятия внутренних напряжений, иначе после сверления отверстия (удаления материала) возможно искривление оси (коробление) готовой детали из-за перераспределения напряжений;

4) для процесса глубокого сверления с вращением заготовки обязательно использовать подготовленные заготовки с минимальным искривлением оси; в общем случае биение обточенной под сверление заготовки не должно превышать 0,1...0,3 мм;

5) увеличение скорости резания при сверлении положительно влияет на процесс уменьшения уводов, поэтому при глубоком сверлении целесообразно работать с большими скоростями и малыми подачами; увеличение подачи (нагрузки на инструмент) не сказывается положительно на сокращения величины уводов при сверлении;

6) при сверлении отверстий малого диаметра целесообразно использовать схему с постоянным вылетом сверла на протяжении всего процесса сверления; эта схема оптимизирует процесс на получение уменьшенных уводов;

7) наименьшие уводы соответствуют процессу сверления жестким инструментом со схемой определенного базирования с минимальной возможностью поперечных колебаний и вибраций; в инструменте расстояние от калибрующей вершины резца до передних концов направляющих должно быть возможно минимальным;

8) для ведения процесса глубокого сверления следует использовать оборудование, отвечающее всем установленным требованиям по точности, жесткости и характеристикам насосной системы, обеспечивающей надежную подачу СОЖ в зону резания и надежное удаление стружки.

Конструкции и геометрические параметры инструментов (сверл) для сверления глубоких отверстий выбираются в зависимости от материала обрабатываемой детали. Сверление деталей из теплостойких сталей (I группы классификации), хромистых нержавеющей сталей (II группы) с $\sigma_b < 10^9 \text{ Н/м}^2$ и хромоникелевых нержавеющей сталей (III группы) производится стандартными сверлами из быстрорежущей стали P9K5, P6M5 с укороченной рабочей частью (до десяти диаметров).

Для сверления деталей из жаропрочных сталей (IV группы классификации), жаропрочных деформируемых сплавов (V группы) с $\sigma_b < 1,2 \cdot 10^9 \text{ Н/м}^2$, нержавеющей сталей (II группы) с $\sigma_c > 10^9 \text{ Н/м}^2$ и титановых сплавов с $\sigma_8 < 1,1 \cdot 10^9 \text{ Н/м}^2$ используются специальные сверла повышенной жесткости, изготовленные из быстрорежущей стали P9K5, P9M4K8, P10K5Ф5 или из других быстрорежущих сталей повышенной теплоустойчивости. Твердость рабочей части сверл диаметром до 5 мм, изготовленных из сталей P9K5, P10K5Ф5 - HRC 61...64, из стали P9M4K8 - HRC 63...65; твердость рабочей части сверл диаметром более 5 мм, изготовленных из сталей P9K5 и P10K5Ф5 - HRC 63...65, из стали P9M4K8 - HRC 65...68.

Длина рабочей части сверл должна быть не более шести-восьми диаметров. Толщина сердцевины сверл диаметром до 5 мм должна быть не менее $0,4D$ сверл диаметром 6... 10 мм - $0,3D$ сверл диаметром более 10 мм - не менее $0,25D$. Угол наклона винтовой канавки к оси сверла должен быть $30 \dots 35^\circ$, обратная конусность - в пределах $0,1 \dots 0,15$ мм на 100 мм длины. Ширину и высоту ленточек следует выполнять возможно меньшими, особенно у сверл для обработки деталей из титановых сплавов; угол при вершине сверла 140° , задний угол 12° , передний угол (примерно 10°) образуется в результате подточки перемычки до $a = 0,3$.

Сверла из твердого сплава должны иметь передний угол 0° , задний угол 12° , угол при вершине 140° ; перемычка должна быть подточена до 0, 3; длина рабочей части должна быть не более шести диаметров. При сверлении сквозных отверстий целесообразно применять сверла с двойной заточкой.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Уткин Н.Ф., Обработка глубоких отверстий / Н. Ф. Уткин, Ю. И. Кижняев, С. К. Плужников [и др.]; под общ. ред. Н. Ф. Уткина. — Л.: Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1988. — 269 с.
2. Троицкий Н.Д., Глубокое сверление / Н. Д. Троицкий. — Л.: Машиностроение, 1981. — 176 с.

УДК 621.89.017

Б. Р. Киселев, А. А. Мельников, В. В. Бойцова, А. М. Козлов

ФГБОУВО Ивановский государственный химико-технологический университет

СТЕНД ДЛЯ ИСПЫТАНИЯ МАСЕЛ И СМАЗОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ В ЗУБЧАТЫХ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ПЕРЕДАЧАХ

Ключевые слова: стенд, масло, смазочный материал, зубчатая передача, трение, способ.

Аннотация: Создан стенд для испытания масел и смазочных материалов в зубчатых цилиндрических передачах, с помощью которого снимаются технические показатели при определенных кинематических и нагружающих параметрах редуктора для определения коэффициентов трения исследуемой трибосистемы.

B. R. Kiselev, A. A. Melnikov, V. V. Boytsova, A. M. Kozlov

STAND FOR TESTING OF OILS AND LUBRICANTS IN GEAR CYLINDRICAL GEARS

Keywords: stand, oil, lubricant, gearing, friction, way.

Abstract: A test stand for oil and grease in the gears cylindrical gears with which lifted performance under certain parameters loading kinematics and gear to determine the coefficients friction researched tribosystem.

Смазочные свойства трансмиссионных масел должны обеспечивать долговечную и надежную работу зубчатых передач при больших нагрузках и скоростях перемещения трущихся поверхностей. Эти свойства зависят как от компонентного состава масел, так и от количества и эффективности добавляемых к маслу антифрикционных, противозадирных и противоизносных присадок. В качестве присадок используют различные органические соединения, содержащие серу, фосфор, азот и т. п.; металлоорганические соединения, содержащие медь, олово, цинк, алюминий, молибден, вольфрам и др.; сложные соединения, содержащие одновременно несколько активных элементов; твердые антифрикционные добавки: графит, сульфид молибдена, серпентин, модифицированный вермикулит и др. [1, 2, 3]. К трансмиссионным маслам предъявляются повышенные требования к смазочным (противоизносным и противозадирным) и вязкостно-температурным свойствам, а также снижению потерь энергии на трение.

Для оценки свойств трансмиссионных масел используются четырехшариковые машины трения типа МАСТ, в которых определяют: критическую нагрузку R_k , нагрузку сваривания R_s , показатель износа D_k и индекс задира $IЗ$. Более подробные исследования триботехнических характеристик масел и смазочных материалов (СМ) проводят на машинах трения МИ, МТ, СМЦ, УМТ, СМТ и др. [4]. На данных машинах трения проводятся модельные триботехнические исследования, которые дают важные информационные результаты испытаний масел и СМ.

В практике широко используют способы, позволяющие оценивать показатели технического состояния зубчатых передач на стендах: IAE (Англия), FZG (Германия), Ryder (США), Ш-3 (Россия) и др. [5]. Если стенд FZG работает при одной скорости, то стенды IAE, Ryder и Ш-3 имеют возможность изменять скорости вращения зубчатых колес, причем первый за счет сменных шкивов клиноременной передачи, а два последующих через мультипликатор. Во всех конструкциях нагружение производится в статическом состоянии при помощи рычага с грузами. На всех этих стендах исследуется работоспособность зубчатых колес при смазке определенными СМ, где оценочным показателем является задиростойкость и износ. Современные стенды для испытания технического состояния зубчатого редуктора имеют более точную аппаратуру, которые измеряют электрические параметры электродвигателя, приводящего редуктор в движение, и генератора, создающего нагрузку на выходе редуктора, причем значения выводят на дисплей для последующего фиксирования величин с указанием общего количества циклов измерения [6]. По изменению среднего КПД, сравнивая с эталонными данными, судят о техническом состоянии испытуемого редуктора. В данных стендах отсутствует возможность исследования работоспособности масел и СМ на смазочную способность в зубчатых передачах.

Известно, что критериями смазочной способности СМ являются показатели коэффициента трения скольжения и износа зубьев колес. В работе рассматривается способ определения смазочной способности СМ этих показателей [7]. Для этого создан стенд эмпирического определения коэффициента трения скольжения в зацеплении зубчатой передачи при испытании смазочных материалов с различными присадками. Стенд состоит из электродвигателя 1, зубчатого цилиндрического редуктора 2, нагружающего устройства 3, частотного преобразователя 4, мультиметра с интерфейсом USB 5, ПЭВМ 6 (рис.1).

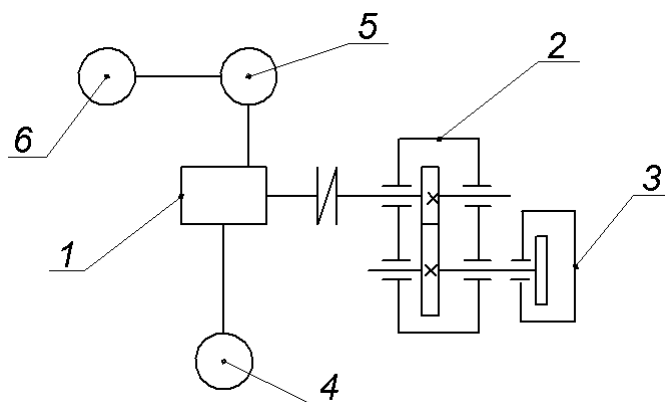


Рис. 1. Схема стенда: 1- асинхронный электродвигатель 4A100L6Y3 ($N_H = 2,2кВТ$; $n_C = 1000$ об/мин); 2- редуктор 1ЦУ-160 ($u = 6,3$; $M_2 \leq 1250$ Нм); 3 - тормоз колодочный ТКГ-300; 4 – частотный преобразователь LS600-11; 5 - мультиметр с интерфейсом USB; 6- ПЭВМ

Способ определения коэффициента трения скольжения зубчатой передачи заключается в том, что сначала устанавливают частотным преобразователем LS600-11 угловую скорость вращения электродвигателя, затем прикладывают стабильную нагрузку на ведомый вал редуктора, осуществляемую механическим тормозом ТКГ (рис. 2) и измеряют потребляемый ток, напряжения с двух фаз статора, показания которых обрабатывают мультиметром с интерфейсом USB, а расчет коэффициентов трения в зацеплении производят на ПЭВМ по формуле:

$$f = \left(1 - \frac{M_2 \pi n_{\text{ЭЛ}}}{30\sqrt{3} U J \cos\varphi u_{1-2}} \right) \left(\frac{2 \cos\beta}{\pi \varepsilon_{\alpha} \left(\frac{1}{Z_1} + \frac{1}{Z_2} \right)} \right), \quad (1)$$

где f – коэффициент трения скольжения в зубчатой паре;
 M_2 – момент на ведомом валу редуктора (нагрузка), Нм;
 $n_{\text{ЭЛ}}$ – угловая скорость электродвигателя, об/мин;
 U – среднее напряжение 2-х фаз электродвигателя, В;
 J – средняя сила тока 2-х фаз электродвигателя, А;
 $\cos\varphi$ – коэффициент электродвигателя;
 u_{1-2} – передаточное отношение зубчатой пары;
 β – угол наклона зуба колеса, град.;
 ε_{α} – коэффициент торцового перекрытия зубчатых колес;
 Z_1, Z_2 – количество зубьев, соответственно шестерни, колеса.



Рис. 2. Стенд испытания масел и СМ в зубчатом цилиндрическом редукторе

В способе повышается точность определения коэффициента трения зубчатой передачи за счет замера двух фаз статора и преобразования АЦП электрических показаний электродвигателя, а также стабильной механической связи ведомого вала редуктора с колодочным тормозом ТКГ, который создает определенно-постоянный нагружающий момент. Это дает возможность получить адекватные триботехнические показатели исследуемых смазочных материалов в натурной зубчатой передаче. Полученное уравнение определения f в зубчатой передаче является научно обоснованным уравнением [8], результаты расчета которого позволяют выбрать наиболее оптимальный СМ из ряда испытуемых смазочных масел с присадками при заданных условиях эксплуатации механизма, а также может быть использовано для прогнозирования энергетической эффективности исследуемой механической трибосистемы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пат. № 2393206 РФ, МПК C10V 129/40. Смазочная композиция / Б.Р. Киселев [и др.]. Патентообладатель ГОУ ВПО Иван. гос. хим.-техн. ун.-т; опубл. 27.06.2010. - Бюл. № 18 - 4 с.
2. Пат. № 2393206 RU, МПК C10M 129/40. Смазочная композиция / Б.Р. Киселев [и др.]; опубл. 27.06.2010. – Бюл. № 18. – 2 с.
3. Пат. № 2604202 RU, МПК C1G01. Способ получения смазочной композиции / Б.Р. Киселев, А.А. Мельников [и др.]; опубл. 12.07.2016. – Бюл. № 34. – 3 с.
4. Словарь-справочник по трению, износу и смазке деталей машин. Киев, Наук. думка, 1979. – 188 с.
5. Розенберг Ю.А., Виноградова И.Э. Смазка механизмов машин / М.: Гос. науч.-техн. изд-во нефтяной и горно-топливной л-ры, - 1960. – С. 287 – 324.
6. Пат. № 2257560 РФ, МПК C1G01M13/02. Способ определения технического состояния редуктора / Степанов А.Е., Твердохлеб В.А.; опубл. 27.07.2005. – Бюл. № 21. – 4 с.
7. Пат. № 2663095 RU, МПК C1 G01M13/02. Способ определения коэффициента трения скольжения в зубчатой передаче / Киселев Б.Р., Мельников А.А., Колобов М.Ю., Сахаров С.Е.; опубл. 03.08.2018. – Бюл. № 42. – 2 с.
8. Киселев Б.Р., Бойцова В.В. Эмпирическое определение коэффициента трения скольжения в зубчатой передаче // Надежность и долговечность машин и механизмов: сборник материалов. – Иваново, 2017. – С. 308-312.

УДК 621.9

Б. Р. Киселев, В. В. Бойцова

ФГБОУ ВО Ивановский государственный химико-технологический университет

ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАБОТОСПОСОБНОСТИ СМАЗОЧНОГО МАТЕРИАЛА ПО КОМПЛЕКСНЫМ КРИТЕРИЯМ

Ключевые слова: трение, износостойкость, работоспособность, модель, комплексный критерий, присадки, смазочный материал.

Аннотация: По результатам испытаний смазочного материала с присадками в стальной паре трения произведен расчет по комплексным безразмерным критериям, которые отражают более точно триботехнические показатели работоспособности исследуемых композиционных материалов.

B. R. Kiselyov, V. V. Boytsova

DETERMINE THE WORK OF THE LUBRICANT ON COMPLEX CRITERIA

Keywords: friction, durability, performance, model, complex criterion, additives, lubricants.

Abstract: The results of the tests of lubricants with additives in the steel pair of friction are calculated on complex, immeasurable criteria, which reflect more accurately tribotechnical performance indicators of the composite materials.

Согласно структурно-энергетической теории трения, оценку влияния присадок смазочного материала на работоспособность трибосопряжения сталь – сталь производим, следуя Л.И. Погодаеву, по комплексным безразмерным критериям [1]. Эта теория связывает способность поверхности к диссипации потоков энергии с микроструктурой поверхности, рассматривая материаловедческий аспект трения. Использование комплексных критериев дает сравнительную оценку исследуемой и эталонной физических моделей. Данная теория позволяет сделать оценку пар трения комплексно, имея результаты исследований по отдельным параметрам: коэффициентам трения, износостойкости, температуре и т.д.

В работе рассматривается комплексная оценка работоспособности присадок смазочного материала, состоящих из стеаратов таких металлов, как медь, олово, никель, кобальт. Ранее сделанные исследования по коэффициентам трения, линейной и объемной износостойкости, скорости изнашивания показали, что данные присадки обеспечивают высокую поверхностную активность смазочной композиции [2]. Это позволило существенно расширить диапазон допустимых нагрузок, обеспечивающих повышение работоспособности пары трения. Однако каждый из триботехнических показателей действует не в отдельности, а синхронно при одновременном влиянии друг на друга, что во многом зависит от контактной нагрузки и кинематики сопряжения.

Методика определения комплексного коэффициента работоспособности пары трения приведена в работе [1], на основании которой определена относительная эффективность смазывающего материала с присадками. При расчете принимались результаты исследований на машине трения СМТ-1 эталонной стальной пары (диск по диску) в масле МС-20 и смазочном материале на базе МС-20 с присадками 1,5 % масс StCu, 1,5% масс StSn, 3 % масс StNi и 1% масс StCo [2], которые сведены в табл. 1.

Таблица 1. Относительная эффективность смазывающей композиции с присадками при их комплексной оценке по пяти показателям

Объект	K_J	K_f	K_p	K_v	K_K
Эталон-модель	$1,5L^{-0,35}$	3,26	$2,2L^{-0,175}$	При $V=const$, $K_v=K_J$	$L^{-0,35}+1,53$
Иссл. модель					

В табл.1 приведены следующие показатели:

K_J - относительная линейная износостойкость

$$K_J = J / J_K, \tag{1}$$

где J – средний линейный износ эталона;

J_K – средний линейный износ испытуемой пары,

K_f - коэффициент относительных потерь энергии на трение, который показывает прирост эффективности смазывания

$$K_f = \frac{f_{mp\text{э}т}^{cp}}{f_{mp\text{i}}^{cp}}, \tag{2}$$

где $f_{mp\text{э}т}^{cp}$ - среднее значение коэффициента трения скольжения;

$f_{mp\text{i}}^{cp}$ - тоже, но для тестируемой смазки.

K_p - коэффициент работоспособности, представленный в виде среднегеометрического значения из произведений предыдущих параметров

$$K_p = (K_J K_f)^{0,5} \quad (3)$$

K_v - коэффициент скорости изнашивания

$$K_v = (J / t_{\text{ПР}}) / (J_K / t_{\text{ПР}}), \quad (4)$$

$$t_{\text{ПР}} = 1 / (\omega r), \quad V = \omega r = \text{const} = 0,1 \text{ м/с}, \quad (5)$$

где $t_{\text{ПР}}$ – время пробега;

ω – угловая скорость диска испытываемой модели;

r – радиус диска;

V – скорость диска;

K_K - комплексный коэффициент, представленный в виде средней квадратичной величины, учитывающий количественный вклад рассмотренных выше частных характеристик

$$K_K = (1/3(K_J^2 + K_f^2 + K_v^2))^{0,5} \quad (6)$$

На рис. 1 приведены зависимости комплексных критериев. График наглядно показывает эффективность разработанной смазочной композиции в масле МС-20.

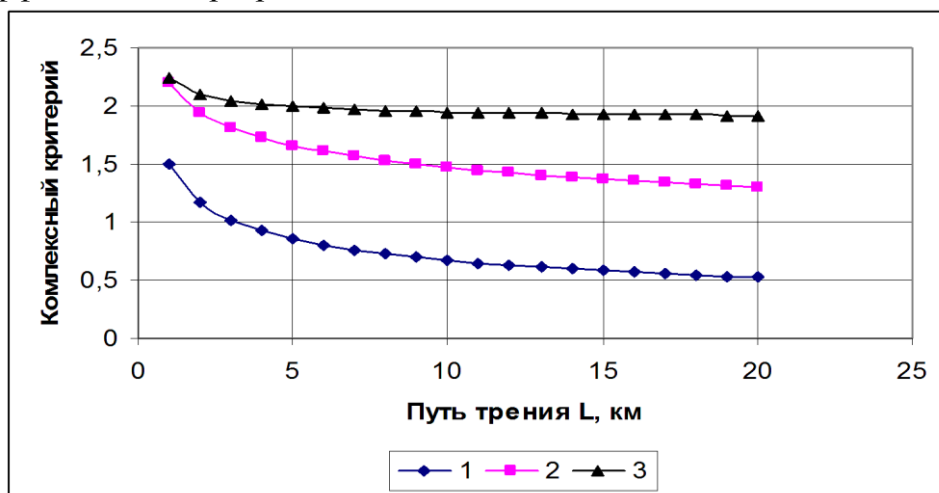


Рис. 1. Зависимости комплексных критериев смазочного материала от пути трения: 1 – K_J ; 2 – K_p ; 3 – K_K

Отметим, что износ J (мм^2) в зависимости от пути трения L (км) описывается степенной моделью вида [3]

$$J = AL^b, \quad (7)$$

где A – коэффициент пропорциональности, определяющий для данных условий трения и смазки, скорость изнашивания;

b – показатель степени, характеризующий адсорбцию молекул присадок при трении.

Таким образом, по данным расчета комплексных критериев по средним показателям проведенных экспериментов получаем, что смазочный материал с присадками стеаратов металлов: Cu, Sn, Ni, Co имеет относительный коэффициент износостойкости в 1,6 раза выше по сравнению с эталонным маслом МС-20; относительный коэффициент потерь энергии на трение уменьшается в 3,26 раза. Однако средний коэффициент работоспособности по расчету меньше отдельных триботехнических показателей и равен 1,5, а комплексный коэффициент равен 1,9.

В связи с этим можно сделать вывод, что более точное заключение по работоспособности испытуемых смазочных материалов рекомендуется принимать по относительному расчету комплексных триботехнических критериев.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Погодаев Л.И. Повышение надежности трибосопряжений / Л.И. Погодаев, В.Н. Кузьмин, П.П. Дудко // СПб.: Академия транспорта РФ, 2001. с. 222 -227.
2. Киселев Б.Р. Влияние ферромагнитных присадок на работоспособность смазочных материалов в стальной паре трения / Б.Р. Киселев, К.Г. Березин, Н.И. Замятина // Трение и смазка в машинах и механизмах. №4. 2010. С. 27-32.
3. Киселев Б.Р. Работоспособность металлоплакирующих смазочных материалов в узлах трения / Б.Р. Киселев, С.А. Егоров; Иван. гос. хим.-технол. ун-т. – Иваново, 2011. С. 78-88.

УДК 660.3

*М. Ю. Колобов¹, А. Э. Козловский¹, 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 ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ В ДЕЗИНТЕГРАТОРЕ

Ключевые слова: дезинтегратор, процесс измельчения, эффективность, износ, долговечность.

Аннотация: Разработан измельчитель дезинтеграторного типа. Применение радиальных ударных элементов первого ряда дезинтегратора, ударных элементов последующих рядов, состоящих из двух частей: ударной и разгонной, сменных отбойных элементов позволяет значительно интенсифицировать процесс измельчения и увеличить срок службы отбойных элементов в 1,5-2 раза.

*M. Yu. Kolobov¹, A. E. Kozlovsky¹, S. E. Sakharov¹, V. V. Boytsova¹, P. N. Grimenitsky¹,
V. V. Kolobova²*

INCREASING THE EFFECTIVENESS OF THE MILLING PROCESS IN THE DISINTEGRATOR

Keywords: disintegrator, grinding process, efficiency, wear, durability.

Abstract: Designed disintegrator type chopper. The use of radial shock elements of the first row of the disintegrator, shock elements of the subsequent rows, consisting of two parts: shock and booster, replaceable fenders can significantly intensify the grinding process and increase the service life of fenders by 1.5-2 times.

Тонкое измельчение – важный процесс во многих отраслях 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.

Широкое распространение в различных отраслях промышленности получили измельчители дезинтеграторного типа [1-5]. Положительными факторами применения дезинтеграторов являются компактность, умеренные энергозатраты на обработку, небольшие капиталовложения, возможность автоматизации процесса.

Главным недостатком измельчителей дезинтеграторного типа является относительно низкий ресурс рабочих органов, что требует их частой замены или полного восстановления и повышает эксплуатационные расходы.

Одним из основных путей повышения долговечности является резервирование износостойкости, достигаемое конструктивными решениями, запасом на износ и использованием сменных элементов деталей машин.

Разработан дезинтегратор [6].

На рис. 1 показан дезинтегратор в продольном разрезе, на рис. 2 – поперечный разрез А-А.

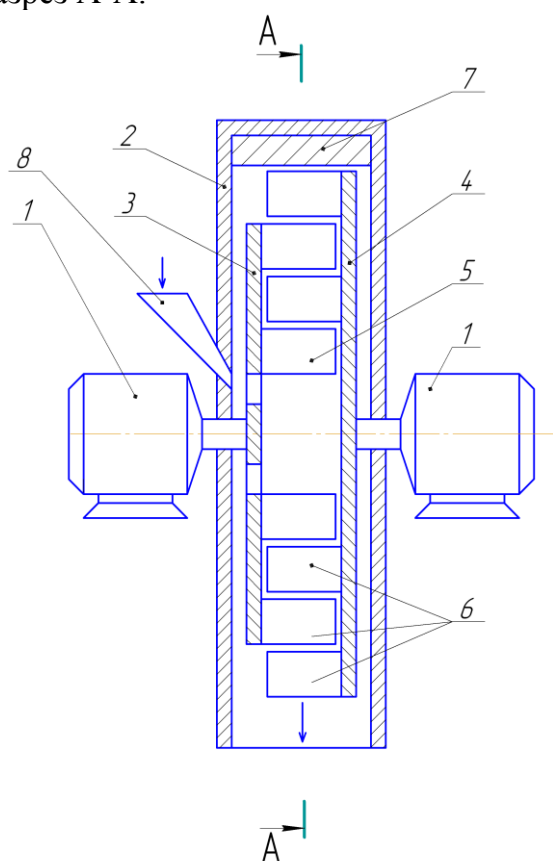


Рис. 1. Дезинтегратор

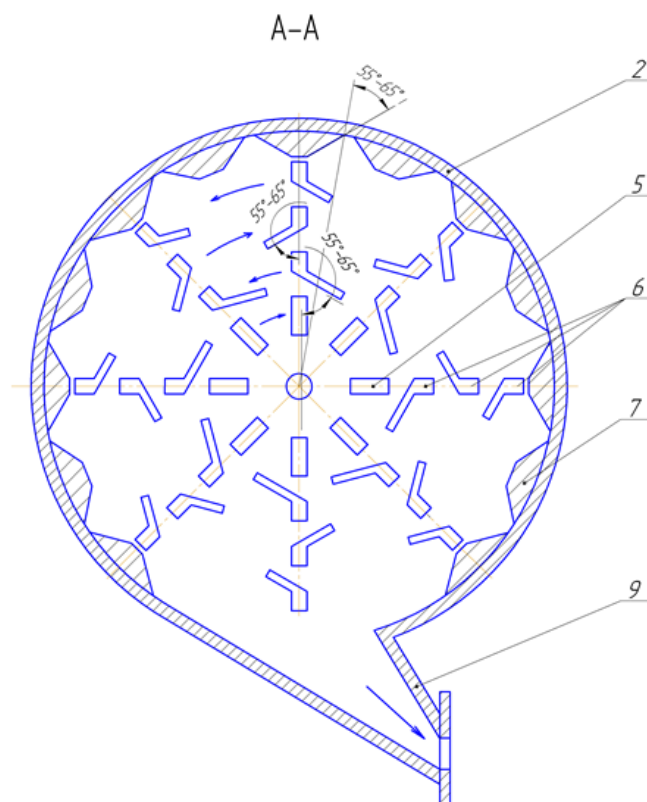


Рис. 2. Поперечный разрез А-А дезинтегратора

Дезинтегратор содержит электродвигатели 1, корпус 2 с размещенными в нем дисками 3 и 4. На диске 3 радиально установлены плоские ударные элементы 5 первого ряда. Ударные элементы 6 последующих рядов дисков 3 и 4 выполнены из двух

частей: ударная часть элементов выполнена под углом 55-65° к радиусу дисков, разгонная часть – радиально. На цилиндрической поверхности корпуса 2 установлены отбойные элементы 7. Отбойные элементы 7 выполнены с углом наклона рабочей грани относительно радиуса дисков, составляющим 55-65°. На корпусе 2 установлен загрузочный патрубок 8. В нижней части корпуса 2 имеется выгрузочный патрубок 9.

Дезинтегратор работает следующим образом. Подлежащий измельчению материал поступает через загрузочный патрубок 8 в центральную часть дезинтегратора. Далее за счет центробежных сил материал попадает под плоские ударные элементы 5 первого ряда диска 3, разгоняется и выбрасывается на ударную часть элементов 6 первого ряда диска 4. Ударная часть элементов 6 выполнена под углом 55-65° к радиусу дисков, поэтому частицы измельчаемого материала разрушаются вследствие прямого удара, наиболее эффективного для разрушения. Пройдя последовательно все ряды ударных элементов, частицы материала подвергаются доизмельчению при ударе об отбойные элементы 7. Отбойные элементы 7 выполнены сменными. По мере износа отбойные элементы поворачиваются на 180°, чтобы использовать вторую грань для измельчения материала. Измельченный материал удаляется из дезинтегратора через выгрузочный патрубок 9.

Применение разработанного дезинтегратора позволяет значительно интенсифицировать процесс измельчения и увеличить срок службы отбойных элементов в 1,5-2 раза.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лапшин В.Б., Колобов М.Ю., Колобова В.В., Рязанцева А.В. Применение дезинтегратора в различных технологиях // Известия высших учебных заведений. Химия и химическая технология. – Иваново, 2004. – Т. 47, вып. 8. – С. 71-75.
2. Колобов М.Ю. Активация эмульсионного поливинилхлорида в дезинтеграторе // Известия высших учебных заведений. Химия и химическая технология. – Иваново, 2013. – Том 56, вып. 11. – С. 85-87.
3. Колобова В.В., Колобов М.Ю. Особенности измельчения фосфоросодержащих руд // Аграрный вестник Верхневолжья. – Иваново, 2016. – № 4 (16). – С. 77-82.
4. Колобов М.Ю., Козловский А.Э., Сахаров С.Е. Получение смесей дисперсных материалов // Современные наукоемкие технологии. Региональное приложение. – Иваново, 2017. – № 3. – С. 80-85.
5. Колобов М.Ю., Козловский А.Э., Колобова В.В. Использование механической активации поливинилхлорида в производстве тентовых материалов // Аграрный вестник Верхневолжья. – Иваново, 2019. – № 3 (28). – С. 83-88.
6. Патент № 152737, МПК В 02 С 13/20. Дезинтегратор / Колобов М.Ю., Мугаев К.М., Миронов М.В., Баранов Н.М.; заявитель и патентообладатель ИГХТУ. – № 2014152085/13; заявл. 22.12.2014; опубл. 20.06.2015, Бюл. № 17.

УДК 621.1

А. К. Колотилов, И. И. Ведерникова

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

ВОПРОСЫ УВЕЛИЧЕНИЯ ТОЧНОСТИ ОБРАБОТКИ НА МЕТАЛЛОРЕЖУЩИХ СТАНКАХ

Ключевые слова: точность, качество, инструмент, погрешность, установка.

Аннотация: Объектом исследования является повышение точности и производительности обработки на металлорежущих станках.

A. K. Kolotilov, I. I. Vedernikova

QUESTIONS ABOUT INCREASING ACCURACY PROCESSING ON METAL CUTTING MACHINES

Keywords: accuracy, quality, tool, error, installation.

Abstract: The object of research is to improve the accuracy and productivity of processing on metal cutting machines.

Увеличение точности и эффективности обработки на металлорежущих станках всегда было комплексным вопросом, решение которого обусловлено повышением качества изготовления металлообрабатывающего оснащения, оснастки и инструментов, выдерживанием их параметров точности при работе, а также применением на производстве средств автоматизации, комплексной механизации и роботов. При проектировании и производстве оборудования качество его можно достичь в результате модернизации методов расчета конструкций, использования современных материалов, передовых технологических процессов изготовления и сборки деталей и узлов. За счет применения этих мероприятий создаются необходимые характеристики жесткости станков и их рабочих механизмов, стойкости к вибрации и точности взаимного расположения исполнительных поверхностей. Во время работы оборудования эти параметры поддерживаются в заданных пределах, научно обусловленной профилактической системой, сервисного обслуживания и ремонта.

Замена режущего инструмента на автоматической линии производится с высокими смещениями. Количество обработанных деталей одним инструментом до его замены в отдельных случаях превосходит расчетное в разы. При подобных данных размерный износ инструмента возрастает до слишком высоких значений и значительно повышает суммарную погрешность процесса обработки. Также необходимо учитывать воздействие силовых нагрузок на точность обработки, которое усиливается в результате затупления инструментов.

Погрешности обработки, вызванные неточностью изготовления режущего инструмента, для разных партий деталей оказываются случайными погрешностями, воздействие которых на точность обработки похоже на воздействие погрешностей настройки.

При использовании автоматических подналадчиков существенно снижается влияние размерного износа режущего инструмента на точность процесса обработки. Из-за неправильного положения или установки детали в отношении развертки при обработке отверстия это серьезно воздействует на точность, в итоге в технологический процесс искусственно вводятся обстоятельства, нарушающие нормальное развертывание. При установке магазинов агрегатированных автономных устройств АСИ вне станка на отдельном фундаменте создается большая вместимость магазина, комфортность его обслуживания и из-за отсутствия контакта со станком исключается воздействие меняющегося веса комплекта инструмента и вибрации при перемещении магазина для поиска инструмента во время эксплуатации оборудования, а также влияние теплоты на точность обработки. Существенный интервал между магазином и рабочей зоной станка обуславливает сохранность инструментов от попадания стружки, эмульсии, чугушной пыли и т. д. С применением средств активного контроля это увеличивает размерную точность деталей в результате исключения воздействия износа режущего инструмента, тепловых и силовых искажений технологической системы. Однако следует учесть, что слабые места некоторых рабочих органов станка приводят к возникновению погрешностей геометрической формы деталей, которые не компенсируются средствами контроля. Соответственно использование даже самого высокоточного оснащения не обеспечивает гарантию получения высокой размерной точности деталей.

Погрешности установки инструмента оказывают существенное влияние на точность механической обработки вместе с погрешностями станка, установки заготовок, упругими силовыми и температурными искажениями технологической системы. Особенно эта составляющая приобретает с применением системы автоматической смены инструмента, предполагающей неоднократное использование инструмента.

При данных обстоятельствах погрешности установки будут обусловлены сопряжением конических поверхностей шпинделя и оправки, условия которого зачастую согласуются с несоответствиями указанных конических поверхностей идеальным. И если погрешности конической поверхности шпинделя, которые проявляются в равной степени для всех применяемых инструментов, могут быть на первых порах оценены при помощи экспериментов, приняты во внимание и восполнены при обработке с применением возможностей современных систем ЧПУ, то предусмотреть погрешности конусов оправок по отношению к большому количеству инструментов нет возможности.

Погрешности конусов оправок не являются постоянными, когда появляются при обработке, что также ставит в затруднительное положение. В результате многократного применения оправок из-за отклонений механизмов смены инструмента и существующих при этом динамических процессов значительно обнаруживается износый эффект, существенно влияя на макрогеометрию конического соединения.

Главными погрешностями изготовления конической части оправки и конической внутренней поверхности шпинделя являются отклонения прямолинейности образующей конуса в виде выпуклости и вогнутости, отклонения угла конуса, а в поперечном сечении – отклонение от круглости.

Эти погрешности, сопровождающиеся изменениями формы при работе, могут доходить до существенных размеров и влиять на осевую погрешность инструментальной оправки при установке в шпинделе станка и на угловую жесткость инструментальной системы.

Фрезерование паза детали концевой фрезой четко показывает обработку фрезерованием плоскостей как параллельных, так и перпендикулярных оси инструмента. В случае ошибочного базирования и закрепления конической части оправки в шпинделе станка появляются погрешности формы всех трех обрабатываемых плоскостей и размеров фрезеруемого паза.

За время поворота фрезы на один оборот $T = 1/n$ мин, где n – частота вращения шпинделя, мин^{-1} , она перемещается относительно обрабатываемой заготовки на расстояние $t = S \cdot T = S/n$, где S – подача (мм/мин). На этом маршруте изменяется направление оси оправки (инструмента), что заметно при имитации процесса фрезерования паза при наличии несоосности осей оправки и шпинделя в программной среде Ansys (рис. 1).

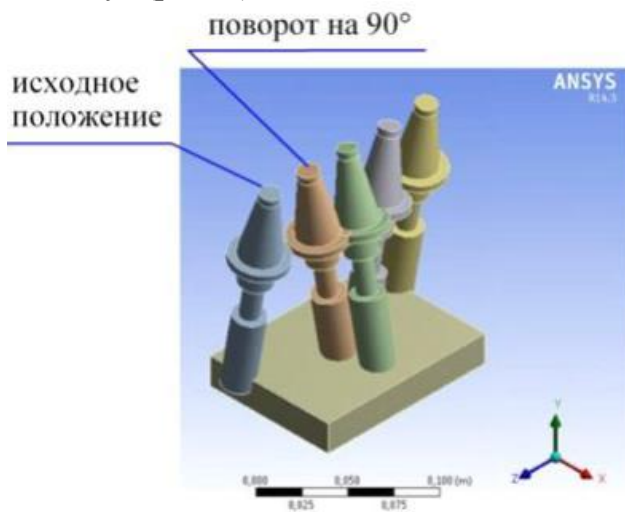


Рис. 1. Ориентация оси оправки

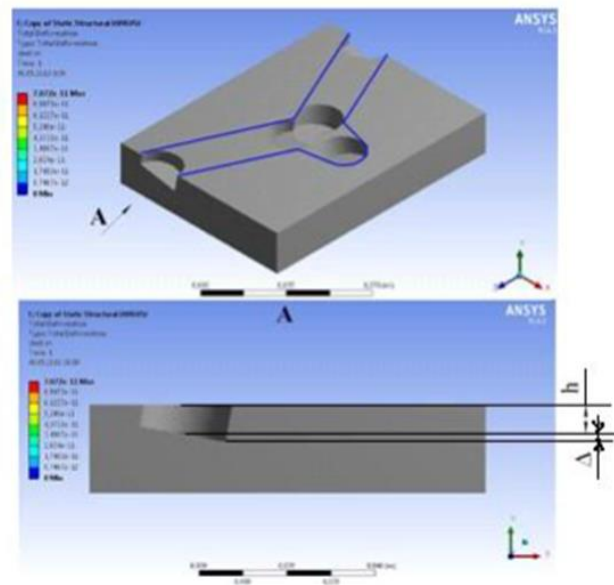


Рис. 2. Сечение заготовки в местах, занимаемых оправкой в процессе фрезерования паза

При данных обстоятельствах фреза передвигается по криволинейному пути при сохранении прямолинейности перемещения оси шпинделя. Таким образом, кроме того, что паз будет иметь отклонение от прямолинейности, появятся дополнительные погрешности на боковых поверхностях и дне паза (рис. 2).

Для измерения качества изготовленных оправок выполнено исследование геометрических параметров инструментального конуса при помощи записи круговых профилограмм в шести сечениях на профилометре Talysond. Круговые профилограммы указывают, что у оправки с фрезой, используемой при обработке на координатно-расточном станке в течение 5 лет, присутствует отклонение от круглости конической части в зоне большего диаметра в пределах 18 мкм. Вследствие проведенных экспериментов отмечается, что точность установки инструментальной оправки колеблется с учетом ее углового положения в конусе шпинделя.

При измерении упругих угловых деформаций контрольных оправок на экспериментальном стенде было отмечено, что присутствие погрешностей углов конической части инструментальных оправок обуславливает большие радиальные перемещения по отношению к оправке, изготовленной по номинальным размерам, в результате жесткость системы уменьшается ~ на 10...15 %.

Принять во внимание возможные погрешности формы при аналитических изысканиях контактирования в подсистеме шпиндель-инструмент крайне затруднительно и не всегда представляется возможным. По этой причине появляется потребность применения численных методов для решения задач, связанных с изучением процессов в подсистеме шпиндель-инструмент.

Для оценивания точности осевого расположения инструментальной оправки и угловой жесткости подсистемы шпиндель-инструмент с применением программного продукта конечно-элементного анализа Ansys была смоделирована подсистема шпиндель-инструмент при двух процессах: процесс закрепления и процесс обработки (принять во внимание действие радиальной составляющей силы резания).

Результаты расчета подтвердили, что при наличии вогнутости с возрастанием усилия затяжки до 5000 Н осевые передвижения оправки внутри шпинделя увеличиваются по отношению к оправке, изготовленной по номинальным размерам, в 5...6 раз.

При наличии угловых погрешностей, вызванных уменьшением, как большого, так и малого диаметров, осевые перемещения оправки увеличиваются в 5...6 раз (при производстве оправки по 7-му качеству) в сравнении с оправкой, изготовленной по номинальным размерам.

В результате конечно-элементного моделирования определено, что:

- максимальное воздействие на точность осевого расположения при базировании и закреплении инструментальной оправки оказывают такие погрешности формы, как вогнутость образующей конуса оправки и угловые погрешности. Преимущество следует предоставить оправкам с плюсовым допуском на угол конуса оправки вне зависимости от характеристик его образования: отклонение большего или меньшего диаметра;

- присутствие пояска шириной 5...10 мм несущественно оказывает влияние на осевые перемещения оправки. Увеличение ширины пояска (до 25 мм) провоцирует увеличение осевых перемещений. Соответственно в случае технологической потребности изготовления пояска его ширина не должна быть более 5...10 мм, и он может находиться в средней части конической поверхности или быть смещен в сторону большего диаметра;

- угловая жесткость конического соединения обладает нелинейным характером изменения от действия радиальной составляющей силы резания в пределах до 1000Н. При последующем возрастании силы до 2000 Н угловая жесткость подсистемы шпиндель-инструмент увеличивается по линейному закону. При наличии угловых погрешностей, полученных уменьшением как диаметра D , так и d , жесткость снижается ~ в 4 раза.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Харченко А.О. Станки с ЧПУ и оборудование гибких производственных систем / А.О. Харченко.- : «Профессионал», 2004. – 304 с.
2. Дальский А.М., Косилова А.Г., Мещеряков Р.К., Суслов А.Г., ред. Справочник технолога-машиностроителя. В 2 т. Т. 1. 5-е изд., перераб. и доп. Москва, Машиностроение-1, 2001.
3. Шишкин В. Н., Шевченко А. В. Эффективность автоматической размерной подналадки токарно-револьверных станков. — Технология и автоматиз. машиностр., Киев, 1984, № 33, с. 91–94.

УДК 614.841.42

Ле Ань Туан¹, До Тхань Тунг²

¹Академии Государственной Противопожарной Службы МЧС России

²Управление пожарной и спасательной службы Вьетнама

МЕТОДЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ДЛЯ ВЫСОКОВОЛЬТНЫХ ЛИНИЙ И ТРАНСФОРМАТОРНЫХ СТАНЦИЙ В ЛЕСУ ВЬЕТНАМА

Ключевые слова: лесной пожар, подстанций, электропередачи, лесозащитные силы, кустарников.

Аннотация: В настоящее время национальная сеть электропередачи во Вьетнаме насчитывает около 19 000 км линий 220 кВ и 500 кВ, около 100 подстанций с общей мощностью более 50 000 МВА по всей стране.

Le Anh Tuan , Do Thanh Tung

SAFETY METHODS FOR HIGH VOLTAGE LINES AND TRANSFORMER STATIONS IN VIETNAM FOREST

Keywords: wildfire, substations, power lines, forest protection forces, shrubs.

Abstract: At present, the national power transmission network in Vietnam has about 19,000 km of 220 kV and 500 kV lines, about 100 substations with a total capacity of more than 50,000 MVA throughout the country.

Самая большая трудность в обеспечении безопасного и бесперебойного электропитания системы передачи электроэнергии - это увеличение числа лесных пожаров в местах нахождения высоковольтных электрических сетей [1].

Охрана лесов от пожаров включает в себя выполнение мер пожарной безопасности в лесах (профилактика пожаров) и тушение пожаров в лесах.

Меры пожарной безопасности в лесах включают в себя:

- предупреждение лесных пожаров;
- мониторинг пожарной опасности в лесах и лесных пожаров;
- разработка и утверждение планов тушения лесных пожаров;
- иные меры пожарной безопасности в лесах.

Тушение лесного пожара включает в себя:

- обследование лесного пожара в целях уточнения вида и интенсивности лесного пожара, его границ, направления его движения, выявления возможных границ его распространения и локализации, источников противопожарного водоснабжения, подъездов к ним и к месту лесного пожара, а также других особенностей, определяющих тактику тушения лесного пожара;

- доставку людей и средств тушения лесных пожаров к месту тушения лесного пожара и обратно;

- локализацию лесного пожара;
- ликвидацию лесного пожара;
- наблюдение за локализованным лесным пожаром и его дотушивание;

- предотвращение возобновления лесного пожара.

Противопожарные расстояния, в пределах которых осуществляются рубка деревьев, кустарников, лиан, очистка от захламления, устанавливаются в России в соответствии с Федеральным законом от 22 июля 2008 года N 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности», Федеральным законом от 21 декабря 1994 года N 68-ФЗ «О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера» и «Лесным Кодексом» от 04.12.2006.

В пункте 12 Постановления Правительства Вьетнама № 14 - Положения и руководящие указания Закона об электроэнергетике «О безопасности и защите высоковольтных сетей», в случае нахождения деревьев в коридорах безопасности воздушных линий электропередач безопасные расстояния прописаны следующим образом [2]:

- для линий с напряжением от 220 кВ до 500 кВ в городах, поселках высота деревьев не должна быть выше самых низких проводников;

- расстояние от любой точки дерева до провода, когда провод находится в состоянии максимального прогиба, составляет не менее 2,0 м для напряжения 110 кВ; 3,0 м для напряжения 220 кВ и 4,5 м для напряжения 500 кВ;

- для линий за пределами городов и поселков расстояние от самой высокой точки дерева в вертикальном направлении до высоты самого низкого проводника в состоянии максимального прогиба должно быть не менее 3,0 м для напряжения 110 кВ, не менее 4,0 м для с напряжения 220 кВ и 6,0 м для напряжения 500 кВ;

- для воздушных линий электропередачи, пересекающих леса или сады, расстояние в вертикальном направлении от средней высоты дерева, которое выросло до провода, когда провод находится в состоянии максимального прогиба, составляет не менее 3,0 м для напряжения 110 кВ, 4,0 м для напряжения 220 кВ и 6 м для напряжения 500 кВ;

- в случае, если дерево находится за пределами безопасного коридора воздушной ЛЭП и за пределами города, поселка, расстояние от любой части дерева, когда дерево упало до любой части линии, должно быть не менее 1,0 м для напряжения 110 и 220 кВ и 2,0 м для напряжений 500 кВ.

Для предотвращения лесных пожаров во Вьетнаме принимаются следующие меры [3].

Выполняется разработка плана предотвращения лесных пожаров и карты высокого риска лесных пожаров.

Соответствующие агентства при этом опираются на текущее состояние лесов, дают рекомендации по составлению ключевой карты высокого риска лесных пожаров в службе управления и организации предотвращения и борьбы с лесными пожарами.

Каждую неделю в сухой сезон специализированный отдел предоставляет своевременную информацию о прогнозе лесных пожаров, чтобы оперативно сообщать в совет по борьбе с лесными пожарами на всех уровнях и в провинциальный совет по борьбе с лесными пожарами, а также СМИ.

Организована и поддерживается система ключевых точек и пожарных вышек. Владельцы леса оснащены мобильными телефонами для связи и борьбы с лесными пожарами.

Информация о прогнозе пожара поступает по мобильному телефону. Получив информацию о пожаре, владелец леса проинформирует местные власти и полицию о том, как организовать борьбу с лесными пожарами.

Лесозащитные силы сотрудничают с местными властями и массовыми организациями, чтобы усилить пропаганду и мобилизовать людей и туристов для обеспечения пожарной безопасности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ле Ван Винь. Характеристики и параметры подстанции во Вьетнаме 2019 [Текст] / Ле Ван Винь.: Изд-во сельского хозяйства – Ханой, 2013. – 96 с.
2. Нгуен Куок Мань. Особенности развития пожаров на энергетических объектах во Вьетнаме. [Текст] : дис. к.т.н/ Чан Динь Ланг. – Ханой, 2015. – 153 с.
3. Постановления Правительства Вьетнама № 14 - Положения и руководящие указания Закона об электроэнергетике «О безопасности и защите высоковольтных сетей» 2015г.

УДК 614.841.42

Ле Ань Туан¹, Чу Куок Минь²

¹Академии Государственной Противопожарной Службы МЧС России

²Университет Пожарной Безопасности Вьетнама

СИСТЕМА ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССА ГОРЕНИЯ ТИПИЧЕСКИХ ДЕРЕВЬЕВ ВЬЕТНАМА

Ключевые слова: лесной пожар, экспозиционная камера, держатель, газоанализатор, удельная массовая скорость.

Аннотация: Лесные пожары могут приводить к катастрофическим разрушениям жизненно важных для экономики и безопасности страны объектов энергетики, что ведет к нарушению жизнедеятельности человека.

Le Anh Tuan , Chu Quoc Minh

THE COMBUSTION RESEARCH SYSTEM OF TYPICAL TREES IN VIETNAM

Keywords: wildfire, exposure chamber, holder, gas analyzer, specific mass velocity.

Abstract: Forest fires can lead to catastrophic destruction of energy facilities vital for the economy and security of the country, which leads to disruption of human life.

Схема экспериментальной установки, разработанная ранее, описана в работах [1, 2].

Камера сгорания соединена с экспозиционной камерой переходным рукавом, оснащенным устройством теплового блокирования. В камере сгорания установлен экранированный электронагревательный излучатель и держатель образца на подвижной основе.

Камера сгорания выполнена из листовой нержавеющей стали толщиной $2,0 \pm 0,1$ мм объемом 3×10^{-3} м³. На боковой стенке камеры имеются окно из кварцевого стекла

для наблюдения за образцом при испытаниях, а также шибберные отверстия, для изменения режимов испытания.

Экспозиционная камера представляет собой кубический объем ($V=0,5887 \text{ м}^3$) с конусообразной верхней частью.

На двух боковых стенках камеры установлены шибберные отверстия.

Держатель образцов размещен на электронных весах с погрешностью не более $\pm 1 \text{ мг}$, расположенных на специальном подвижном столе.

Для непрерывного контроля температуры в экспозиционной камере использовались низко инерционные бронированные термопары в количестве 32 штук с диапазоном измерений от -40°C до $+1100^\circ\text{C}$ с погрешностью не более $\pm 1,5 \cdot t(^\circ\text{C})$.

Для контроля плотности теплового потока, падающего на образец, подвергшийся испытаниям, используется водоохлаждаемый датчик типа Гордона и регистрирующий прибор с диапазоном измерений от 0 до 100 мВ. Погрешность измерения плотности теплового потока не превышает $\pm 8\%$.

Для непрерывного контроля состава газовой среды в экспозиционной камере используется многоканальный газоанализатор, измеряющий концентрацию оксида углерода с диапазоном измерений от 0 до 1% об и допустимой погрешностью $\pm 10\%$, диоксида углерода с диапазоном измерений от 0 до 5% об и допустимой погрешностью $\pm 10\%$, кислорода с диапазоном измерений от 0 до 21% об и допустимой погрешностью $\pm 10\%$ б.

Горючие материалы испытывались в режиме пламенного горения. Режим пламенного горения обеспечивается при температуре испытания 750°C (плотность падающего теплового потока 60 кВт/м^2).

Предварительно взвешенный образец материала, имеющий комнатную температуру, помещают в держатель образца (вкладыш).

С момента выхода электронагревательного излучателя на стабилизированный режим открывают заслонку переходного рукава и дверцу камеры сгорания. Вкладыш с образцом без задержки помещают в держатель образца, после чего дверцу камеры сгорания закрывают.

В процессе испытаний в режиме постоянного мониторинга фиксируются показания концентраций CO (% об), CO_2 (% об), O_2 (% об), температуры и изменение массы образца.

Удельная массовая скорость газификации определяется по формуле:

$$\Psi_{\text{уд}} = \frac{1}{F} \frac{dM}{d\tau}, \quad (1)$$

где $\Psi_{\text{уд}}$ – удельная массовая скорость газификации, $\text{кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$; M – текущая масса образца, кг ; τ – время, с ; F – площадь поверхности образца, м^2 .

Для прогнозирования токсикологической обстановки на лесных пожарах необходимо, в первую очередь, знать концентрацию монооксида углерода. Поэтому в экспериментах определялся удельный коэффициент образования CO (L_{CO}) в каждый момент времени по следующей формуле:

$$L_{\text{CO}} = \frac{V}{\Psi_{\text{уд}} F} \frac{d\rho_{\text{CO}}}{d\tau}, \quad (2)$$

где V – внутренний объем установки, м^3 ; ρ_{CO} – среднеобъемная плотность CO внутри установки, $\text{кг}/\text{м}^3$.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пузач, С. В. Новый теоретико-экспериментальный подход к расчету распространения токсичных газов при пожаре в помещении [Текст] / С. В. Пузач, Е. В. Сулейкин // Пожаровзрывобезопасность. — 2016. — Т. 25, № 2. — С. 13–20. DOI: 10.18322/PVB.2016.25.02.13-20.
2. Пузач, С. В. Экспериментальное определение удельного коэффициента образования монооксида углерода при пожаре в помещении [Текст] / С. В. Пузач, Р. Г. Акперов // Пожаровзрывобезопасность. — 2016. — Т.25, №5. – С. 18-25. DOI: 10.18322/PVB. 2016.25.05.18-25.

УДК 661.1

А. А. Мельников, М. Ю. Колобов, Б. Р. Киселев

ФГБОУ ВО Ивановский государственный химико-технологический университет

СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ СМАЗОЧНОЙ КОМПОЗИЦИИ

Ключевые слова: смазочная композиция, износ, машина трения.

Аннотация: разработан способ получения смазочной композиции. Смазочный материал с модифицированным вермикулитом имеет высокие антифрикционные и противоизносные свойства (коэффициент трения снижается до 41%, площадь пятна контакта снижается до 27%), которые уменьшают трение и изнашивание в испытываемой стальной модели.

A. A. Melnikov, M. Yu. Kolobov, B. R. Kiselev

METHOD FOR PRODUCING A LUBRICANT COMPOSITION

Keywords: lubricating composition, wear, friction machine.

Abstract: a method for producing a lubricant composition has been developed. Modified vermiculite lubricant has high anti-friction and anti-wear properties (friction coefficient decreases to 41%, contact patch area decreases to 27%), which reduce friction and wear in the tested steel model.

Известно, что от трения на 75 – 80% выходят из строя детали машин. В связи с этим актуальной задачей является повышение надежности и долговечности узлов трения и, в частности, механических передач. При правильном и грамотном использовании смазочных материалов повышается надежность механизмов. Этот показатель во многом зависит от использования эффективных присадок и добавок в смазочных маслах.

Разработан способ получения смазочной композиции [1-3].

Процесс модификации проводили путем смешения диспергированного вермикулита с поверхностно-активными веществами (ПАВ), состоящих из хлорпарафина и касторового сульфированного масла с добавлением маслорастворимых солей меди и олова, и последующей электромагнитной обработкой. Затем проводилось измельче-

ние полученной смеси ультразвуковым диспергатором, и в дальнейшем полученную смесь вводили в среду базового масла И40-А.

Для проведения исследований на машине трения СМТ-1 в качестве «инструмента» используется физическая модель зубчатой передачи. Метод физического моделирования представляет собой аналогию, которая базируется на общности физико-механических процессов, происходящих в зоне фрикционного контакта экспериментальных образцов. Рентгенофазовый анализ (РФА) проводили на дифрактометре Bruker D8 Advance с использованием $\text{CuK}\alpha$ –излучения ($\lambda = 0,15406$ нм, напряжение 40 кВ, 20 мА, углы снятия $2\Theta=10^\circ\div 100^\circ$, скорость сканирования $4^\circ/\text{мин}$, дискретность – $0,01^\circ$). Для идентификации данных рентгенофазового анализа использовалась кристаллографическая база данных МИНКРИСТ. Микрофотографии получены с помощью растрового электронного микроскопа VEGA3 TESCAN. По микрофотографиям с помощью режима SE определена морфология частиц, с помощью режима BSE – дисперсия агломератов никеля по размеру.

Дисперсность вермикулита составляет не более 30-45 мкм. Величина размерности частичек зависит от технологии модифицирования вермикулита, которая заключается в осаждении стеаратов меди и олова на сколы частичек в электро-магнитном поле для уменьшения поверхностной энергии связи с последующим измельчением в ультразвуковом диспергаторе УЗДН-А. На поверхности вермикулита адсорбируются стеараты меди и олова, что подтверждено спектральным и рентгенофазовым анализами (например, содержание Cu составляет 0,97% вес). Анализ данных РФА позволяет утверждать, что при модификации вспученного вермикулита на поверхности частиц образуется аморфный слой толщиной 5-7 мкм. Данный вывод так же подтверждают результаты энергодисперсионного анализа и картирования поверхности.

После приготовления смазочного материала, его исследовали на машине трения «СМТ-1». Испытания проводили в шаговом режиме через 0,1 кН при нагрузках от 0,1 кН до 1 кН (рис. 1).

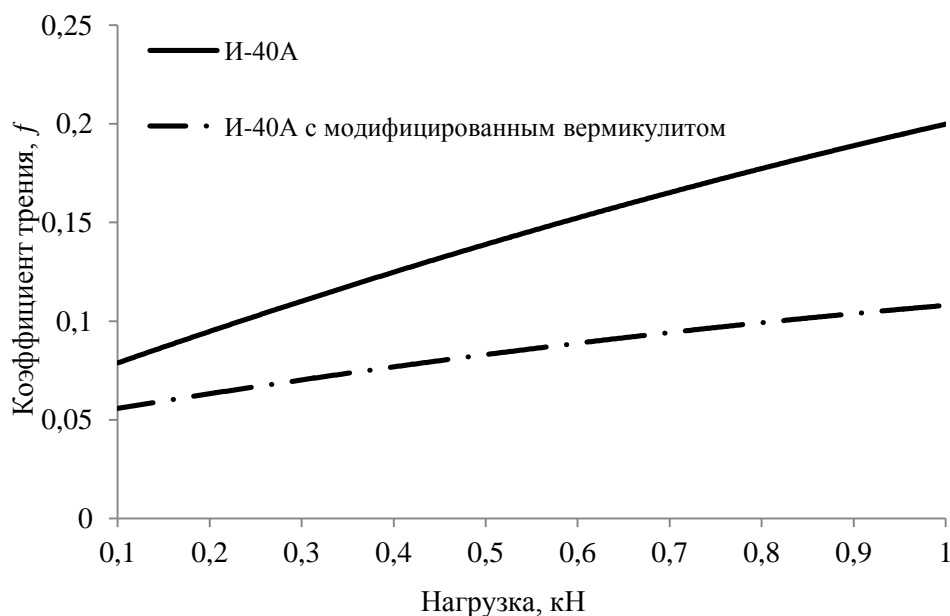


Рис. 1. Зависимость коэффициента трения от контактной нагрузки в стальной паре трения

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мельников А.А., Киселев Б.Р., Замятина Н.И., Колобов М.Ю. Разработка добавки в смазочную композицию // Новые материалы и технологии в машиностроении – 2016: сборник научных трудов. Выпуск 24. – Брянск, 2016. – С. 41-43.
2. Патент на изобретение RU № 2604202 С1. Способ получения смазочной композиции / Киселев Б.Р., Замятина Н.И., Колобов М.Ю., Мельников А.А., Смирнов Д.В., Аллахвердиев Р.Э.; заявитель и патентообладатель ИГХТУ. – № 2015157398/04; заявл. 31.12.2015; опубл. 10.12.2016, Бюл. № 34.
3. Мельников А.А., Киселев Б.Р., Колобов М.Ю., Смирнов Д.В. Исследование влияния ультразвуковой обработки на антифрикционные свойства вермикулита // Надежность и долговечность машин и механизмов: сборник материалов. – Иваново, 2017. – С. 323-326.

УДК 677.017

*Д. В. Митронов¹, О. В. Блинов², В. А. Годлевский³, Е. Н. Калинин²,
В. Б. Кузнецов²*

¹ФГБОУ ВО Ивановский государственный политехнический университет

²ФГБОУ ВО Ивановский государственный университет

³ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

ИССЛЕДОВАНИЯ ТРИБОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОВЕРХНОСТЕЙ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Ключевые слова: ткань, испытания, трибометр, коэффициент трения

Аннотация: С помощью модернизированного трибометра ТАУ-1 был произведен цикл испытаний на трение образцов разных типов тканей с разными типами переплетений и поверхностной отделки. Также было оценено влияние на коэффициент трения относительной влажности тканевого образца.

D. V. Mitronov, O. V. Blinov, V. A. Godlevskiy, E. N. Kalinin, V. B. Kuznetsov

THE STUDY OF TEXTILE MATERIALS TRIBOLOGICAL PROPERTIES ON TRIBOMETER TAU-1

Key words: cloth, testing, tribometer, friction coefficient.

Abstract: With help of modernized tribometer TAU-1 the tests cycle of samples different types of weave testing and surface finishing was performed. The effect of relative humidity in the sample on the coefficient of friction was evaluated.

Одним из основных показателей, характеризующих физико-механические свойства тканей, является их трибологические характеристики, из которых главными являются антифрикционные и антиизносные. В результате реализации процессов заключительной отделки текстильные материалы приобретают различные эксплуатаци-

онные характеристики, связанные, в том числе, и с изменением свойств поверхности ткани. Эти свойства, а также и внешний вид тканей зависят от сырьевого состава, типа отделки и вида переплетения. Тем не менее, ткацкие переплетения в значительной степени определяют физико-механические показатели текстильных материалов и, в частности, трибологические [1, 2].

С целью расширения технических возможностей лабораторного трибометра ТАУ-1, предназначенного для измерения силы трения твердых поверхностей, была выполнена его модернизация, позволяющая определять коэффициент трения текстильных материалов и повысить точность испытаний. Подробное описание экспериментальной установки было выполнено нами в статье [3].

Для исследования были выбраны следующие образцы тканей: страйп суровый, страйп в готовом виде, сатин-люкс отбеленный, сатин-люкс неотбеленный (н/о), перкаль отбеленный, перкаль н/о, бязь стандарт н/о, бязь отбеленная.

Экспериментальная установка была модифицирована путем подключения к трибометру и блоку регистрации платы Arduino Uno на базе микроконтроллера ATmega328, который помогает минимизировать погрешность измерения напряжения с датчика Холла. Сигнал с трибометра регистрируется каждые 10 мс и выводится списком на последовательный порт. Затем строится по полученным данным зависимость (рис. 1) значения напряжения от силы трения.

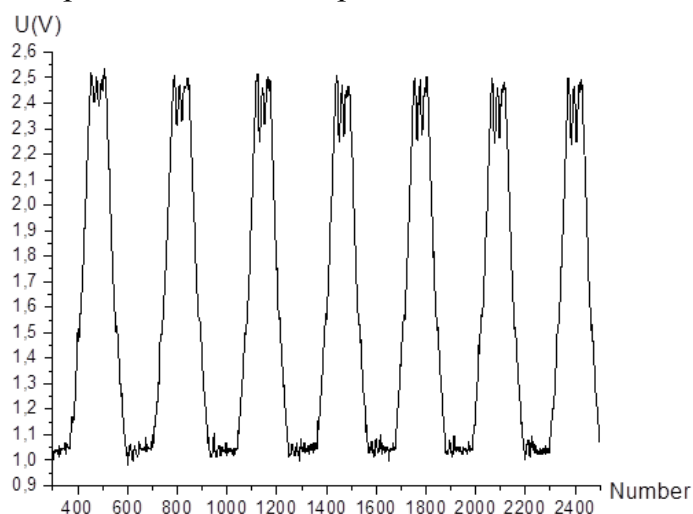


Рис. 1. Значения напряжения с датчика Холла в процессе трения

Для определения силы трения необходимо из усредненного верхнего значения каждого полученного пика вычесть усредненное нижнее значение и поделить полученное число на два. Затем рассчитать среднее значение напряжения по всем полученным пикам. Чем больше количество пиков, тем меньше расстояние между пиками будет в дальнейшем. Это обусловлено прирабатываемостью исследуемого текстильного образца [4]. Измерение коэффициента трения образцов текстильных материалов осуществлялось при одинаковом натяжении у всех образцов (сила натяжения 10 Н), при комнатной температуре. В табл. 1 приведены результаты испытания по трению готовых и суровых образцов тканей. Результаты были получены при 20 °С и при влажности воздуха в помещении 45%. Далее проводились эксперименты по мере высушивания образцов.

Таблица 1. Результаты испытаний

Образец	Коэффициент трения
Страйп суровый	0,146±0,004
Страйп готовый	0,123±0,002
Сатин-Люкс н/о	0,138±0,004
Сатин-Люкс отбелённый	0,134±0,006
Бязь стандарт н/о	0,145±0,002
Бязь отбелённая	0,132±0,006
Перкаль н/о	0,122±0,002
Перкаль отбелённый	0,115±0,002

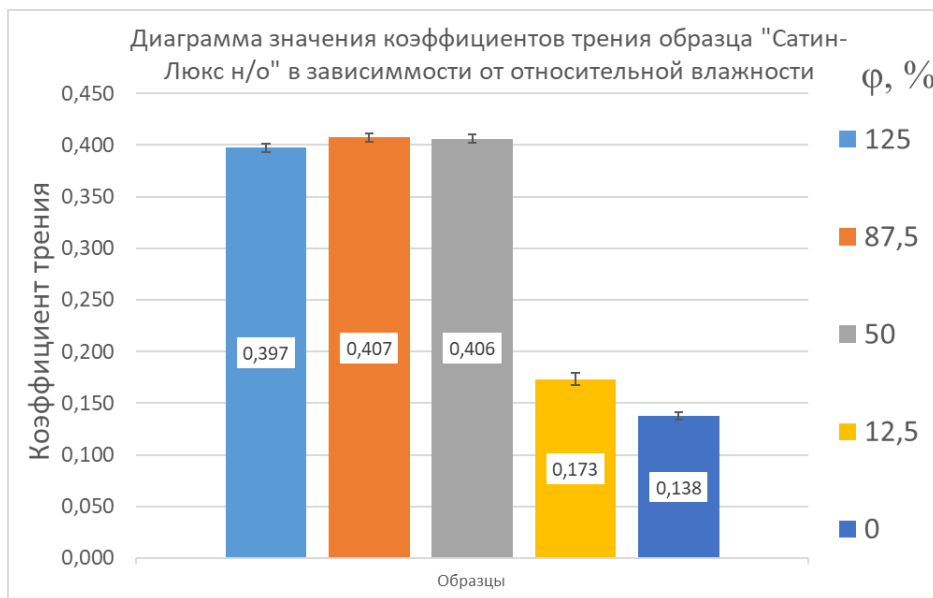
В табл. 2 приведены данные по испытанию текстильных образцов с учетом относительной влажности и при полном её отсутствии.

Таблица 2. Результаты испытаний с учетом влажности

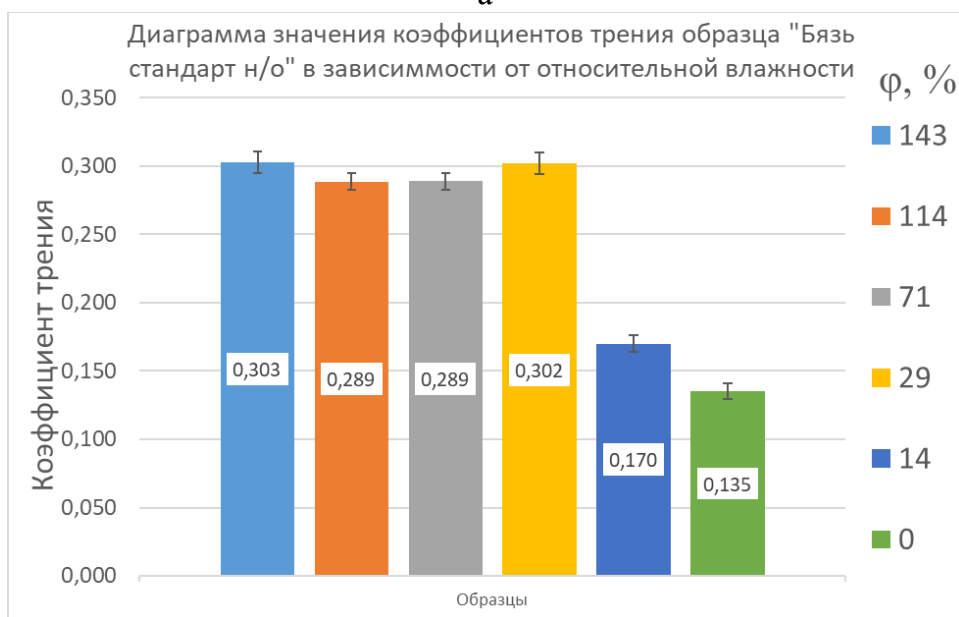
Образец	m_0 , (гр)	S , (см ²)	ρ , (гр/м ²)	m , (гр)	φ , (%)	t , (мин)	μ
Сатин-Люкс н/о Пов. пл. 150 г/м ²	0,8	57	140	1,8	125	0	0,397±0,004
				1,7	112,5	2	–
				1,5	87,5	5	0,407±0,004
				1,4	75	8	–
				1,3	62,5	10	–
				1,2	50	18	0,406±0,004
				1,1	37,5	26	–
				0,9	12,5	33	0,173±0,006
				0,8	0	44	0,138±0,002
				0,8	0	58	–
Бязь стандарт н/о Пов. пл. 140 г/м ²	0,7	52,5	133	1,7	143	0	0,303±0,008
				1,6	129	2	–
				1,5	114	5	0,289±0,006
				1,4	100	8	–
				1,3	86	10	–
				1,2	71	18	0,289±0,006
				1	43	26	–
				0,9	29	33	0,302±0,008
				0,8	14	44	0,170±0,006
				0,7	0	58	0,135±0,004
Перкаль н/о Пов. пл. 90 г/м ²	0,5	61	82	1,3	160	0	0,411±0,008
				1,1	120	4	0,355±0,006
				1	100	8	–
				0,9	80	10	0,332±0,008
				0,8	60	14	–
				0,7	40	20	0,363±0,006
				0,6	20	23	–
				0,5	0	30	0,124±0,002
				0,5	0	40	–

Примечание: m_0 – масса сухого образца; S – площадь образца; ρ – экспериментальная поверхностная плотность; m – масса образца, пропитанного водой; φ – относительная влажность ($\varphi = ((m - m_0) - 1) * 100$); t – время сушки; μ – коэффициент трения при определенной относительной влажности.

Результаты испытаний представлены также на диаграммах (рис. 2).



а



б

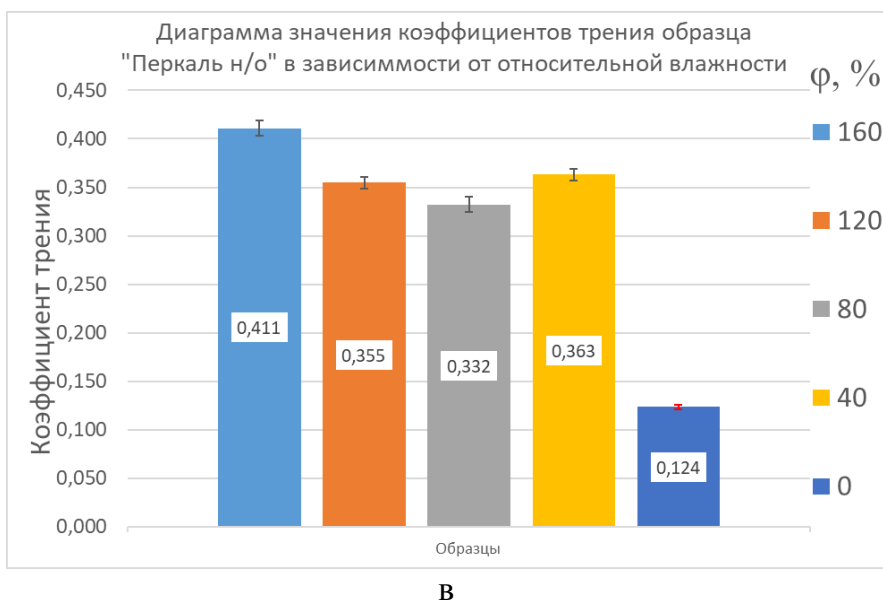


Рис. 2. Диаграммы значения коэффициента трения в зависимости от относительной влажности: а – сатин-люкс н/о, б – бязь стандарт н/о, в – перкаль н/о

Анализируя полученные результаты, можно отметить, что наличие даже минимального количества влаги в текстильном материале способствует увеличению силы трения в паре трения текстильного материала и металлического индентора. Установка обладает достаточной чувствительностью, чтобы различать готовые образцы от суровых. Таким образом, подтвердилось, что использованная трибометрическая установка может с успехом быть использована для определения трибологических параметров текстильных материалов.

Предполагается, что повышение коэффициента трения с ростом влажности обусловлена изменением под влиянием влаги эластичности тканевого материала и соответствующим увеличением реальной площади контакта между тканью и сферическим индентором. Предполагаем, что дальнейшим развитием этого направления могло бы быть изучение влияния химического состава смачивателя на коэффициент трения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кирюхин С.М., Шустов Ю.С. Текстильное материаловедение-М.: Колосс, 2011. – 360 с.
2. Кукин Г.Н. и др. Текстильные материаловедение (текстильные полотна и изделия). Учебн. для вузов / Г.Н. Кукин, А.Н. Соловьев, А.И. Кобляков. – 2-е изд. перераб. и доп. – М.: Легпромбытиздат, 1992. 272 с.
3. Надежность и долговечность машин и механизмов: сборник материалов IX Всероссийской научно-практической конференции, Иваново, 18 апреля 2019 г. – Иваново : ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2019. – С. 259-262.
4. Кобляков А. И., Кукин Г. Н., Соловьев А. Н. и др. Лабораторный практикум по текстильному материаловедению: Учеб. пособ. для вузов — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Легпромбытиздат, 1986. — 344 с.

УДК 621

Д. Н. Никифоров, В. В. Киселев

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

ИССЛЕДОВАНИЕ ТРИБОТЕХНИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ТОРМОЗНЫХ ЖИДКОСТЕЙ ДЛЯ ПОЖАРНЫХ АВТОМОБИЛЕЙ

Ключевые слова: тормозная жидкость, автомобиль, техническое обслуживание

Аннотация: Одной из важнейших систем автомобиля является тормозная система. Исправность тормозной системы обеспечивает безопасную эксплуатацию автомобиля. Для повышения ее надежности необходимо проведение своевременного обслуживания, в том числе применения качественных технических жидкостей. В докладе приведены результаты триботехнических характеристик тормозных жидкостей, применяемых для пожарных автомобилей.

D. N. Nikiforov, V. V. Kiselev

ACTUALITY OF DIAGNOSTICS OF DETAILS OF BRAKING SYSTEMS OF FIRE CARS

Keywords: brake fluid, car, maintenance

Abstract: One of the most important vehicle systems is the brake system. Serviceability of the brake system ensures the safe operation of the vehicle. To increase its reliability, timely maintenance, including the use of high-quality technical fluids, is necessary. The report presents the results of the tribotechnical characteristics of brake fluids used for fire engines.

В современном пожарном автомобиле используется ряд рабочих жидкостей, в том числе гидравлические жидкости. Основная функция рабочих жидкостей (жидких сред) для гидравлических систем - передача механической энергии от ее источника к месту использования с обеспечением изменения величины или направления приложенной силы. В постоянном совершенствовании конструкций гидравлических приводов пожарной техники отмечаются следующие тенденции: - повышение рабочих давлений и связанное с этим расширение верхних температурных пределов эксплуатации рабочих жидкостей; сокращение общей массы привода или увеличение отношения передаваемой мощности к массе, что обуславливает более интенсивную эксплуатацию рабочей жидкости; уменьшение рабочих зазоров между деталями рабочего органа, выходной и приемной полостей гидравлической системы, что ужесточает требования к чистоте рабочих жидкостей.

Гидравлические жидкости должны:

- иметь оптимальный уровень вязкости и хорошие вязкостно-температурные характеристики в широком диапазоне температур, т.е. высокий индекс вязкости, или пологую вязкостно - температурную характеристику;
- обладать высоким антиокислительным потенциалом, а также термической и химической стабильностью;
- защищать детали гидравлического привода от коррозии;
- обладать хорошей фильтруемостью;

- иметь необходимые деаэрирующие, деэмульгирующие и антипенные свойства;
- характеризоваться высокой смазочной способностью, необходимым противозадирным и противоизносным потенциалом;
- быть совместными с резинами, эластомерами и другими уплотнительными материалами.

Большинство массовых сортов гидравлических масел вырабатывают на основе хорошо очищенных базовых компонентов, получаемых из рядовых нефтяных фракций с использованием современных технологических процессов экстракционной и гидрокаталитической очистки. Наряду с этим ряд низко застывающих маловязких гидравлических масел получают глубокой сернокислотной очисткой легких фракций малопарафиновых нефтей нафтенового основания. В гидравлические масла вводят антиокислительные, антикоррозионные противоизносные, противопенные и др. присадки. Наибольшее распространение в качестве противоизносной присадки для массовых сортов масел получили диалкилдитнофосфаты металлов (в основном цинка) или их беззольные варианты (амминные соли и сложные эфиры дитнофосфатной кислоты).

В качестве тормозных жидкостей для гидравлических тормозов пожарных автомобилей и других машин применяют жидкости с низкой температурой замерзания, хорошими антикоррозионными свойствами и не разрушающие резиновые изделия. Для обеспечения надежной и долговечной работы тормозной системы применяемая в ней жидкость должна содержать антикоррозионные и противоизносные присадки. Тормозные жидкости изготавливают на касторовой, глицериновой, гликолевой и нефтяной основах. На касторовой основе выпускают автомобильные тормозные жидкости марок ЭСК и БСК. Жидкость ЭСК представляет собой смесь 60 % касторового масла и 40 % этилового спирта, окрашенную в красный цвет, жидкость БСК - 50 % касторового масла и 50 % бутилового спирта, окрашенную в оранжевый цвет. Недостатком является то, что их невозможно применять при температуре окружающего воздуха ниже $-20 - -25^{\circ}\text{C}$. На глицериновой основе выпускают тормозную жидкость, содержащую 35 % очищенного глицерина и 65 % спирта - ректификата. На гликолевой основе выпускают автомобильные жидкости марки ГТЖ - 22М и Нева. Основным компонентом в них являются гликоль и его производные. Они содержат вязкостные, противоизносные, ингибиторы коррозии и другие присадки. Их можно применять при низких температурах. Жидкость ГТЖ-22М окрашена в зеленый цвет, и принята в качестве единой всесезонной гидротормозной жидкости для отечественных пожарных автомобилей. Недостатком такой жидкости являются повышенная коррозионная агрессивность к чугунам и невысокие смазывающие свойства. Жидкость Нева рекомендуется для применения в приводах тормозов современных легковых автомобилей. Всесезонная жидкость Томь представляет собой смесь гликолей и эфиров борной кислоты. Основные преимущества этой жидкости: небольшая гигроскопичность, хорошие противоизносные и антикоррозионные свойства, низкая стоимость. Эксплуатационные свойства этой жидкости обеспечивают надежную работу приводов тормозов грузовых и легковых автомобилей.

В данной работе выполнены триботехнические исследования описанных выше жидкостей. Исследование жидкостей проводилось на токарно-винторезном станке модели 16К20 с помощью маятника, принципиальная схема которого представлена на рис. 1.

Измерение линейного износа проводили методом «искусственных баз» по заранее нанесенным отпечаткам на твердомере ТКС - 1 М коническим твердосплавным индентором с углом при вершине 120° . Диаметры отпечатков определялись с помощью микроскопа МБС - 10. Схема определения линейного износа представлена на рисунке 2.

Диаметры отпечатков определялись с помощью микроскопа МБС - 10.

Величина линейного износа с учетом вогнутости поверхности определялась по формуле:

$$\Delta h = \frac{(d_1 - d_2) \times \operatorname{tg}\left(90 - \frac{\alpha}{2}\right)}{2 \times m} - \frac{(d_1 - d_2)}{8 \times R}, \quad (1)$$

где Δh - линейный износ, мкм;

d_1 - диаметр отпечатка до изнашивания, мкм.;

d_2 - диаметр отпечатка после изнашивания, мкм.;

R - радиус вогнутости поверхности, мкм.

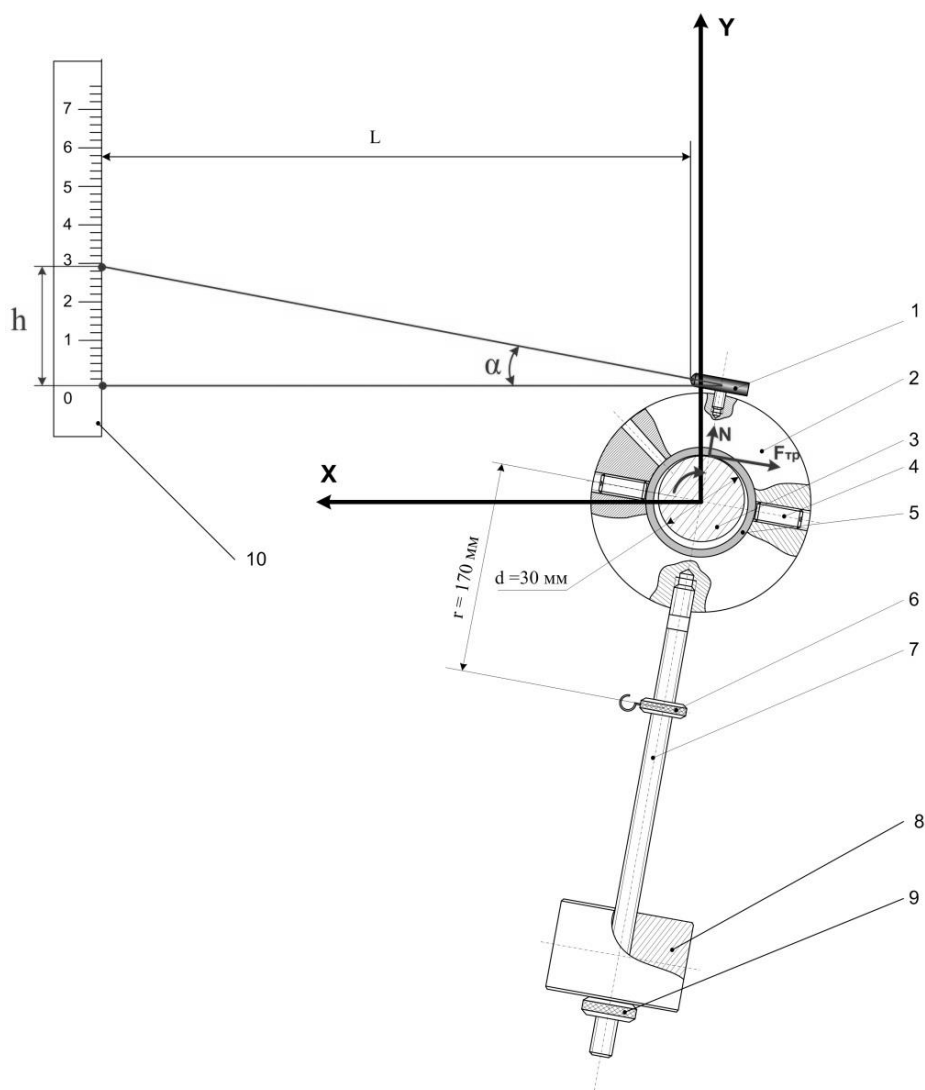


Рис. 1. Экспериментальная установка:

1 – источник когерентного излучения, 2 – муфта, 3 – вал, 4 – винт, 5 – втулка-образец, 6 – гайка с крючком, 7 – стержень, 8 – груз, 9 – контргайка, 10 – шкала измерительная

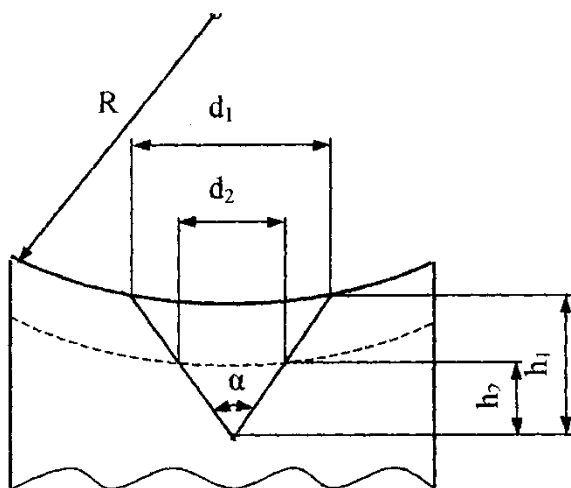


Рис. 2. Схема определения линейного износа по методу «искусственных баз»

Интенсивность изнашивания определялась по формуле:

$$I = \Delta h / S,$$

(2)

где I - интенсивность изнашивания, мкм/км;
 S - путь трения, км.

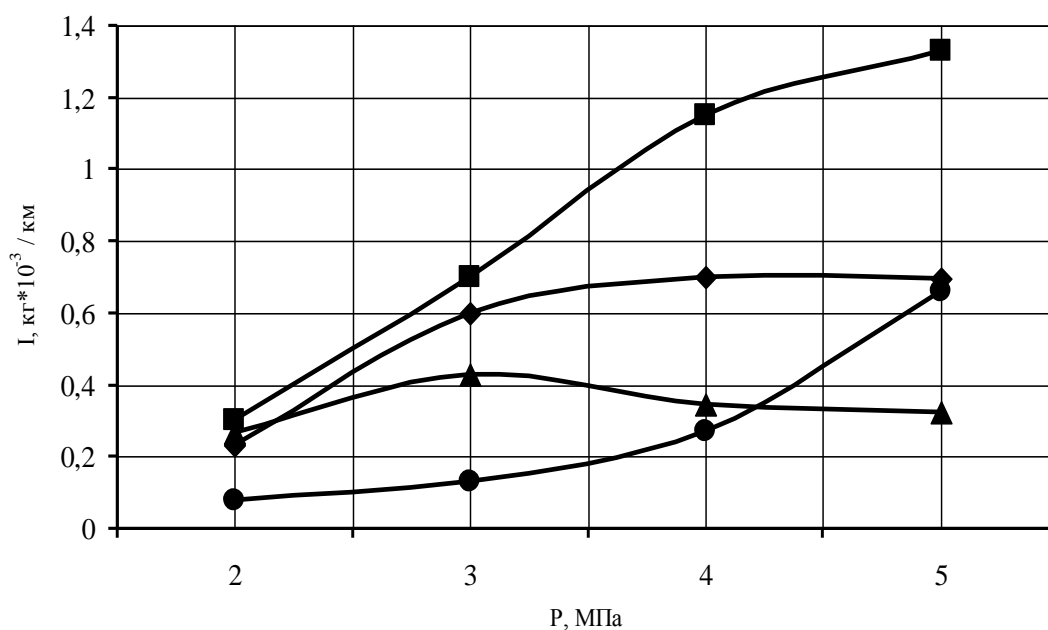


Рис. 3. Зависимость интенсивности изнашивания от давления на образец:

■ – жидкость БСК; ▲ – жидкость ГТЖ-22М; ◆ – жидкость Нева; ● – жидкость Томь

Как известно, значение интенсивности изнашивания является одним из важнейших триботехнических показателей. Можно предположить, что жидкость с наименьшим показателем интенсивности изнашивания будет обладать лучшими противоизносными свойствами. Результаты испытаний показали, что лучшими противоизносными свойствами обладает жидкость марки «Томь», именно эту жидкость мы бы и рекомендовали для использования в тормозных системах пожарных автомобилей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Киселев В.В. Развитие технических средств для поведения обслуживания и ремонта пожарной техники. / NovaInfo.Ru. – 2016. – Т. 3. – № 57. – С. 151-156.
2. Киселев В.В. Использование современных методов при проведении ремонта и восстановления гидроцилиндров пожарных автомобилей. / NovaInfo.Ru. – 2016. – Т. 1. – № 52. – С. 3-6.
3. Пучков П.В., Топоров А.В., Киселев В.В. Разработка конструкции трибологически безопасного резьбового соединения. / Вестник Ивановского государственного энергетического университета. – 2012. – № 1. – С. 28-31.
4. Пучков П.В., Киселев В.В., Топоров А.В. Разрушение строительных металлоконструкций в условиях пожара. / Научные и образовательные проблемы гражданской защиты. – 2010. – № 3. – С. 29-32.

УДК 621.3

А. С. Орлов, В. А. Полетаев

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

ПРИМЕНЕНИЕ ИМПУЛЬСНОЙ МАГНИТНОЙ ОБРАБОТКИ ДЛЯ УПРОЧНЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ

Ключевые слова: импульсная магнитная обработка, режущий инструмент, износостойкость, упрочнение.

Аннотация: Рассмотрены вопросы упрочнения рабочих поверхностей деталей машин импульсной магнитной обработкой. Электромагнитное поле успешно применяют в современной технике и технологии для управления свойствами твердого тела. Приведены результаты импульсной магнитной обработки режущего инструмента.

A. S. Orlov, V. A. Poletaev

APPLICATION OF PULSE MAGNETIC PROCESSING FOR STRENGTHENING OF PARTS

Keywords: pulsed magnetic processing, cutting tool, wear resistance, hardening.

Abstract: The problems of hardening the working surfaces of machine parts by pulsed magnetic processing are considered. The electromagnetic field is successfully used in modern engineering and technology to control the properties of a solid. The results of pulsed magnetic processing of a cutting tool are presented.

Повышение эксплуатационных показателей деталей машин является одной из важных задач при обеспечении их качества. Эти показатели определяются, в том числе, параметрами качества поверхностного слоя. Без решения проблемы повышения качества и конкурентоспособности выпускаемых изделий невозможно расширение

промышленного производства. Снижение металлоемкости, повышение надежности и долговечности деталей машин и конструкций тесно связано с проблемой качества металлических сплавов.

Низкое качество массовых марок стали в ряде случаев не позволяет удовлетворить требования конструкторов при создании принципиально новых машин и конструкций. Поэтому экономически целесообразно не только разрабатывать новые марки стали, но и совершенствовать упрочняющую технологию материалов.

Одним из прогрессивных методов упрочнения деталей является магнитная обработка. Электромагнитное поле успешно применяют в современной технике и технологии для управления свойствами твердого тела [1-2]. Незначительная стоимость и высокая производительность устройств и современных магнитных установок, применяемых в промышленности, простота технологии импульсной магнитной обработки позволяют применять ее для упрочнения различных деталей, конструкций и сборочных единиц, зубчатых и червячных колес [3], пильчатой гарнитуры чесальных машин [4-5], режущего инструмента, медицинских инструментов [6], а также комбинированной упрочняющей обработкой [7-8].

Для упрочнения различных деталей была разработана и изготовлена импульсная магнитная установка [9]. Она состоит из двух узлов: возбудителя импульсов и магнитного индуктора. Возбудитель импульсов представляет собой электронный ключ, выполненный на тиристорах. Магнитный индуктор представляет собой соленоид, обмотка которого выполнена секциями для ступенчатой регулировки напряженности магнитного поля. Соленоид создает магнитное поле, воздействующее на обрабатываемые детали. Разработанная установка способна работать с соленоидами, для которых амплитуда тока не превышает 150 А при напряжении питающей сети 220 В. Регулировка длительности импульса в пределах от 0,1 до 1,0 с. Число импульсов при пакетном включении от 1 до 15.

Также проведены исследования влияния импульсной магнитной обработки на стойкость сверл из быстрорежущей стали Р6М5 при обработке сталей 20, 40Х и 12Х18Н10Т [10-11].

Технология упрочнения импульсной магнитной обработкой поверхностей исследуемых сверл включает следующие этапы:

- размещение обрабатываемой сверл внутри соленоида;
- обработка сверл импульсным магнитным полем напряженностью 800 кА/м, количеством импульсов – 3, длительностью импульса – 0,1 с, промежутком времени между импульсами – 1с.

На рис.1–3. представлены гистограммы относительной стойкости сверл, обработанных и не обработанных в импульсном магнитном поле (МИО) с ферромагнитным порошком и без него.

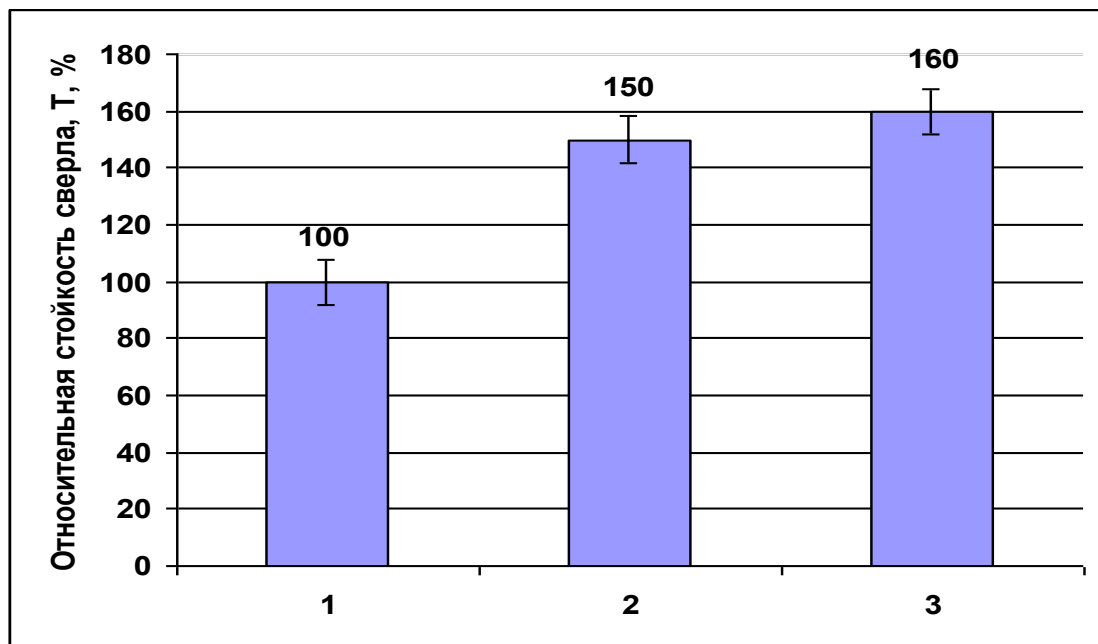


Рис. 1. Относительная стойкость при обработке стали 20: 1 – без МИО; 2 – с МИО; 3 – МИО с ферромагнитным порошком

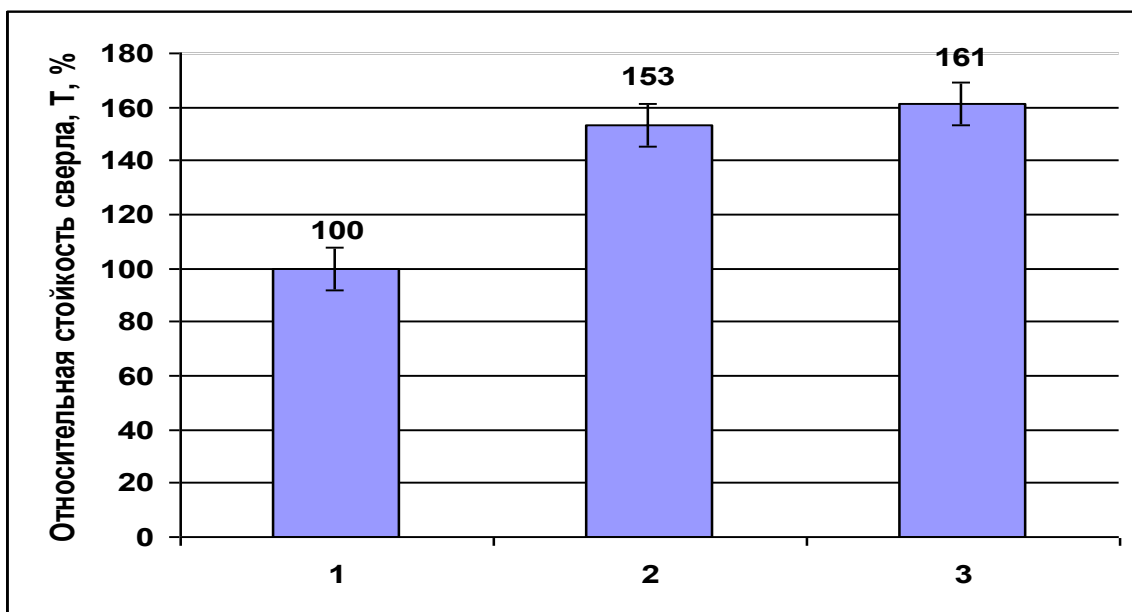


Рис. 2. Относительная стойкость сверл при обработке стали 40X: 1 – без МИО; 2 – с МИО; 3 – МИО с ферромагнитным порошком

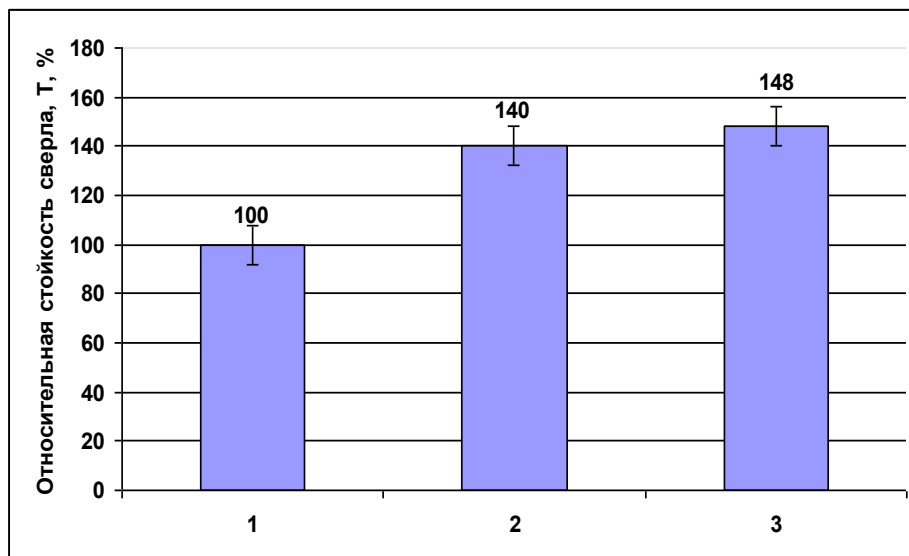


Рис. 3. Относительная стойкость сверл при обработке стали 12Х18Н10Т: 1 – без МИО; 2 – с МИО; 3 – МИО с ферромагнитным порошком

Анализ проведенных исследований показывает (рис.1.–3.), что обработка импульсным магнитным полем повышает относительную стойкость сверл в 1,4–1,5 раз [12–14]. При этом имеется различие в стойкости при сверлении разных сталей. Наибольшая стойкость наблюдается при резании углеродистой качественной конструкционной стали 20, а наименьшая – при сверлении стали 12Х18Н10Т

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шипко М.Н., Степанович М.А., Полетаев В.А., Костюк В.Х. О влиянии слабых импульсных магнитных полей на процессы упорядочения в прецизионных сплавах системы FE-SI-AL. Вестник ИГЭУ, №5. 2011. С.49-51.
2. Полетаев В.А., Шипко М.Н., Помельникова А. С., Воробьев, В.Ф. Влияние обработки в импульсном магнитном поле и коронном разряде на прочность сталей. *Металловедение и термическая обработка металлов*, 2000. №4, С. 34 –37.
3. Полетаев, В.А., Шабалин, А.Н., Третьякова, Н.В. Исследование на износостойкость зубчатых колес, упрочненных импульсной магнитной обработкой. //Вестник ИГЭУ, 2006. №3, С. 26–27.
4. Полетаев В.А., Третьякова Н.В. Влияние магнитно-импульсной обработки на изменение структуры металла пыльчатой гарнитуры. *Технология текстильной промышленности*, 1996. №2, С. 103 –106.
5. Полетаев В.А. Выбор формы профиля пыльчатой ленты для чешущих сегментов. *Текстильная промышленность*, 1995, № 3, С.20–21.
6. Полетаев В.А., Зайцев А.А. Повышение долговечности медицинских метчиков методом импульсной магнитной обработки.// Вестник ИГЭУ, 2006. № 3, С. 29–30.
7. Полетаев В.А., Королькова Г.С., Ведерникова, И.И. Исследование на износостойкость деталей, упрочненных электродуговой металлизацией. *Трение и смазка в машинах и механизмах*, 2010, №8, С.24–27.
8. Полетаев, В.А., Королькова, Г.С., Ведерникова, И.И. Упрочнение деталей электронасосов электродуговым напылением.//*Металлообработка*, 2010. №5(59), – С.18 – 21.
9. Орлов А.С. Полетаев В.А., Марков М.Г., Красильникъянц Е.В. Импульсная магнитная установка для упрочнения режущих инструментов. Вестник ИГЭУ, 2011. №4 С.35–

39.

10. Полетаев В.А., Басыров И.З., Орлов А.С. Применение ферромагнитной жидкости при упрочнении деталей машин импульсной магнитной обработкой. Вестник машиностроения. 2002. №3 С.40-43.

11. Полетаев В.А., Воробьев В.Ф., Орлов А.С., Такендо Д, Формирование поверхностного слоя при упрочняющей обработке. «Состояние и перспективы электротехнологии (X Бенардосовские чтения). Тезисы докладов Международной научно-технической конференция. 2001, С. 210.

12. Полетаев В.А., Орлов А.С. Упрочнение сверл импульсной магнитной обработкой. Металлообработка, 2015. №2 (86), С.38 – 41.

13. Орлов А.С., Полетаев В.А.. Исследование влияния магнитного поля на стойкость режущего инструмента. В сборнике: Инновации, качество и сервис в технике и технологиях. Материалы II Международной научно-практической конференции. Ответственный редактор: Е.В. Павлов. 2011. С.286–289.

14. Орлов С.А., Полетаев В.А.. Упрочнение сверл методом импульсной магнитной обработки. Вестник ИГЭУ, 2006. №.3 С.27–28.

УДК 621.002.076

Н. Л. Павлюкова, М. Ю. Волкова

ФГБОУВО Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ ИЗ МЕДНЫХ СПЛАВОВ ПРИ МАГНИТНО-АБРАЗИВНОМ ПОЛИРОВАНИИ

Ключевые слова: магнитно-абразивное полирование, ферромагнитные иглы, гибкая гранулированная среда, смазочно-охлаждающая технологическая среда.

Аннотация: В статье рассмотрены достоинства и особенности обработки деталей при магнитно-абразивном полировании, описан технологический процесс магнитно-абразивного полирования деталей из медных сплавов при обработке в смазочно-охлаждающей технологической среде МС М-4 с помощью упрочненного ферромагнитного наполнителя.

N. L. Pavlyukova, M. Yu. Volkova

TECHNOLOGIC BASES FOR PROCESSING PARTS MADE OF COPPER ALLOYS DURING MAGNETIC-ABRASIVE POLISHING

Keywords: magnetic abrasive polishing, ferromagnetic needles, flexible granular medium, lubricating and cooling process medium.

Abstract: The article discusses the advantages and features of processing parts with magnetic abrasive polishing, describes the technological process of magnetic abrasive polishing of parts made of copper alloys when processed in a lubricating and cooling process medium MS M-4 using a hardened ferromagnetic filler.

Магнитно-абразивное полирование (МАП) – это финишная обработка деталей, позволяющая не только снизить шероховатость поверхности, но и упрочнить ее, значительно повысив эстетические и эксплуатационные свойства детали.

Выявлены очевидные преимущества применения МАП: отсутствие теплового, диффузионного и адгезионного воздействия на поверхность детали, ввиду отсутствия жесткой связи детали с обрабатывающим инструментом. Особенностью процесса, происходящего во время МАП, является его многофакторность: характеристики смазочно-охлаждающей технологической среды (СОТС) и наполнителя, режимы обработки, характеристика и расположение постоянных магнитов, свойства обрабатываемых материалов).

Инструментом являются ферромагнитные иглы, которые в среде СОТС формируют в зоне обработки гибкую гранулированную среду, копируя профиль обрабатываемой поверхности, что позволяет обрабатывать детали фасонного профиля.

В ходе исследования МАП медных сплавов (например, латуни, нейзильбера) были выработаны рекомендации по реализации технологического процесса. Обработка проводилась в немагнитной ванне с использованием магнитных полей постоянных магнитов, установленных на вращающейся под основанием ванны платформе. В качестве смазочно-охлаждающей жидкости рекомендуется использовать СОТС [3, 4]. При использовании СОТС марки МС М-4 достигаются более низкая шероховатость и высокий блеск обрабатываемой поверхности; она содержит воду, комплекс поверхностно-активных веществ (оксиэтилированный алкоиоламид синтетических жирных кислот фракции C_{10} - C_{16} и алкилфосфат оксифос КД-6), ингибиторы коррозии (циклогексанон и триэтаноламин) и бактерицидная присадка (бакцид) [3].

В качестве ферромагнитного наполнителя применялись иглы из нержавеющей стали размером 0,5x5 мм и 0,3x5 мм. Для снижения износа иглы упрочнялись магнитно-импульсной обработкой (МИО) (режимы МИО: $H=250$ кАм, $t=3$ с), что позволило снизить пластическое деформирование, образование заусенцев и износ игл, вследствие повышения твердости и прочности наполнителя после МИО (рис. 1) [2].

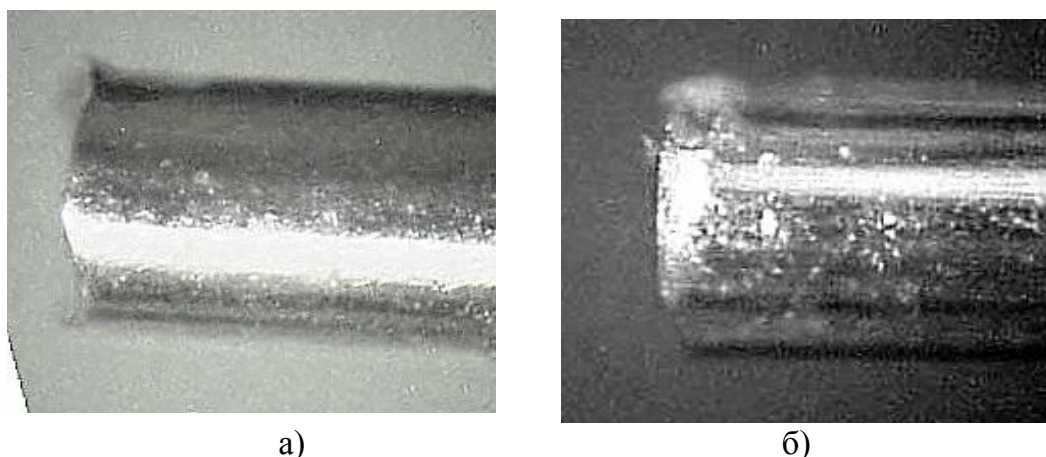


Рис. 1. Режущая часть иглы из нержавеющей стали (увеличение $\times 60$):
а – до обработки; б – после обкатки и МИО

Разработана последовательность и режимы выполнения операций [1, 2]:

1. Загрузка деталей в контейнер установки для МАП.

2. Загрузка игл (предварительно приработанных и упрочненных МИО) в контейнер для МАП.
3. Подача СОТС в зону обработки, марка СОТС МС М-4.
4. Сообщение постоянным магнитам вращательного движения (2200 об/мин).
5. Обработка деталей, время обработки 6-8 мин.
6. Мойка и сушка деталей.
7. Демагнификация игл.

На рис. 2 показано изменение величины шероховатости Ra образцов деталей из медных сплавов до и после МАП при использовании СОТС МС М-4 упрочненными ферромагнитными иглами, а на рис. 3 достигаемая при этом отражательная способность образцов [2].

Простота осуществления, экологическая чистота МАП позволяет широко применять метод для обработки деталей различного назначения, а правильно подобранные режимы и СОТС помогают добиться высоких результатов обработки, при наименьшем времени обработки.

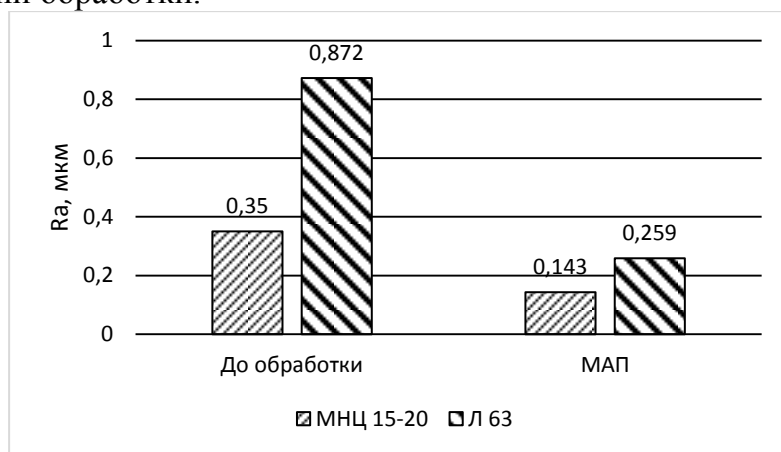


Рис. 2. Шероховатость поверхности после МАП образцов из медных сплавов при обработке в СОТС МС М-4

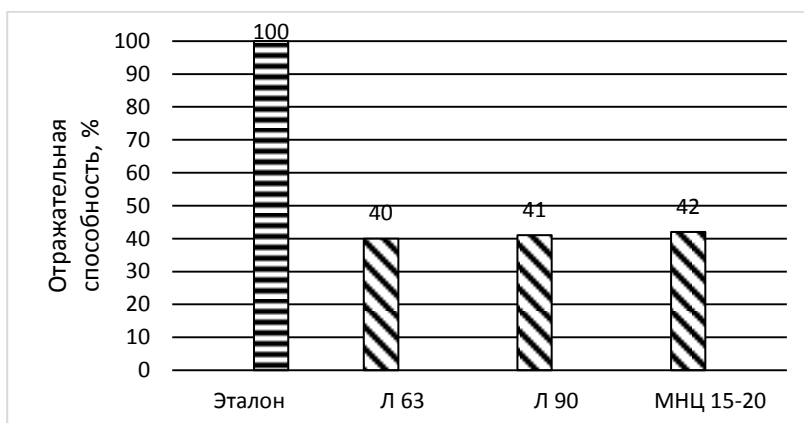


Рис. 3. Отражательная способность поверхности после МАП образцов из медных сплавов при обработке в СОТС МС М-4

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Волкова М.Ю. Влияние качества отделочной обработки поверхности художественных изделий из серебра и латуни на восприятие их внешнего вида / М.Ю. Волкова, В.А. Полетаев, Н.Л. Павлюкова // ГОУВПО «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина». – Иваново, 2010. – 136 с.
2. Павлюкова Н.Л. Повышение эффективности отделочной обработки художественных изделий из медных сплавов свободными абразивами / Н.Л. Павлюкова, В.А. Полетаев, М.Ю. Волкова // ГОУВПО «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина». – Иваново, 2010. – 100 с.
3. Патент РФ №2261268. Смазочно-охлаждающая технологическая среда для обработки цветных металлов / Н.Л. Павлюкова, В.А. Полетаев, В.В. Марков. Оpubл. в Б.И. №27, 2005.
4. Патент РФ №2441060. Смазочно-охлаждающая технологическая среда для обработки цветных металлов / В.А. Полетаев, Н.Л. Павлюкова, Л.К. Чернов. Оpubл. в Б.И. №3, 2012.

УДК 621.899:504.06

Н. Е. Пахотин, И. Н. Пахотина

ФГБОУ ВО Ивановский государственный политехнический университет

АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ СПОСОБОВ РЕГЕНЕРАЦИИ ОТРАБОТАННЫХ МАСЕЛ

Ключевые слова: отработанные масла; регенерация, мембраны.

Аннотация: При длительной эксплуатации в маслах накапливаются продукты окисления и старения, поэтому они подлежат замене. Отработанные масла собирают и подвергают регенерации. Для восстановления свойств отработанных масел предложены новые методы регенерации с использованием мембранного разделения.

N. E. Pakhotin, I. N. Pahotina

ANALYSIS OF EXISTING METHODS OF WASTE OIL REGENERATION

Keywords: waste oils; regeneration, membranes.

Abstract: During long-term use, oxidation and aging products accumulate in the oils, so they must be replaced. Waste oils are collected and regenerated. To restore the properties of used oils, new methods of regeneration using membrane separation are proposed.

Автомобильный транспорт занимает одним из основных средств перевозки пассажиров и грузов. Количество автомобилей постоянно растет. Одним из резервов увеличения автомобильного парка является техническое обслуживание и ремонт автомо-

билей. В процессе обслуживания автомобилей возникает огромное количество отходов, большую долю которых составляют, отработанные масла.

Промышленные масла относятся к классу смазочных материалов, классификация которых зависит от метода получения и назначения масла [1]. Масла могут быть синтетические, полученные из нефти-сырца, методом глубокой перегонки, когда каждая молекула индивидуально обрабатывается для получения тех свойств, которые соответствуют запросам промышленной индустрии. Появляется гарантия защиты механизмов и бесперебойная работа двигателя. Любое синтетическое масло обеспечит чистоту двигателя, его износостойкость и надежную работу турбокомпрессора. Масла могут быть минеральными. Минеральное масло - это конечный продукт процесса дистилляции углеводородов (нефти) с последующей системой обработки, которая заключается в деасфальтизации, депарафинизации и гидроочистке. Масло минеральное ничуть не хуже по своим характеристикам, чем синтетическое, а затраты на его производство значительно ниже. Использование этого масла целесообразнее и экономичнее. Особый вид масла – полусинтетическое. Его получают на нефтеперегонных заводах путем смешивания двух масел: синтетического и минерального. Благодаря этому смешению получается продукт, который совмещает в себе все положительные характеристики синтетического масла и относительно невысокую стоимость.

Масла моторные широко используются для ДВС от дизельного до авиационного. Моторное масло является важной составляющей единицей любого двигателя, поэтому его характеристикам уделяется особое внимание. Качественные характеристики моторного масла (плотность, вязкость, текучесть, температура вспышки) способствуют выполнению главной функции - надежной работе двигателя.

При длительной эксплуатации масел, в них накапливаются продукты окисления и старения. Эти загрязнения оказывают негативное влияние на эксплуатационные характеристики масел, резко снижая их качество. Поэтому используются различные способы регенерации отработанных масел. Чтобы избежать поломок двигателя и других механизмов, старые отработанные масла нужно заменять. Использованное сырье собирают и подвергают регенерации. Переработка отработанных масел вместе с нефтью на нефтеперерабатывающих заводах невозможна, потому что в маслах содержатся присадки. Итогом различных процессов регенерации могут быть 2-3 фракции базовых масел. Если добавить в них присадки и провести компаундирование, то можно получить товарные масла, смазочно-охлаждающие жидкости, пластичные смазки или котельное топливо. При регенерации отработанных масел применяются способы, которые основываются на разнообразных физических, физико-химических и химических процессах. Конечной целью регенерации становится удаление из масел продуктов загрязнения и старения.

Существуют различные способы регенерации: механический – для удаления свободной воды и твердых загрязнений, теплофизический – для выпаривания и вакуумной перегонки, физико-химические (коагуляция и адсорбция). Если после применения всех перечисленных способов качество масла не высокое, то используют более современные способы тонкой очистки. Эти способы основаны на баромембранном разделении отработанных масел. Мембранные процессы – это процессы разделения, осуществляемые на полупроницаемых мембранах. Баромембранные процессы осуществляются под действием перепада давлений. Под влиянием движущей силы, т.е. приложенного давления, растворитель и молекулы некоторых растворенных веществ проникают через мембрану, тогда как другие молекулы или частицы задерживаются

мембраной. К наиболее распространенным промышленным мембранным процессам относят обратный осмос, ультра-, микро- и нанофильтрацию, диализ, электродиализ и мембранную дистилляцию [2]. Размер задерживаемых частиц определяется структурой мембраны, то есть размером ее пор. Микрофильтрационные мембраны с размером пор 0,1 – 1,0 мкм задерживают мелкие взвеси и коллоидные частицы, определяемые как мутность. Как правило, они используются, когда есть необходимость в грубой очистке, или для предварительной подготовки перед более глубокой очисткой. Ультрафильтрационные мембраны с размером пор от 0,01 до 0,1 мкм удаляют крупные органические молекулы, коллоидные частицы. Такие мембраны обеспечивают стабильно высокое качество очистки. Нанофильтрационные мембраны характеризуются размером пор от 0,001 до 0,01 мкм. Они задерживают органические соединения с молекулярной массой выше 300.

Кроме микрофильтрации и ультрафильтрации существует другой баромембранный процесс - обратный осмос. Размеры отделяемых частиц при переходе уменьшаются и, следовательно, размер пор также необходимо делать меньшим. Как следствие будет возрастать сопротивление мембран массопереносу. И соответственно потребуются более высокое давление. Обратноосмотические мембраны содержат самые узкие поры и потому являются самыми селективными. Они задерживают большую часть органических веществ (в том числе железа). В среднем обратноосмотические мембраны задерживают 97-99 % всех растворенных веществ. В качестве мембран для обратного осмоса используют ацетилцеллюлозные полиамидные, полисульфоновые, полиамидные мембраны.

Ультрафильтрационная технология разделения растворов известна давно, она успешно применяется в текстильной, химической и других отраслях промышленности. Однако в сфере очистки и регенерации отработанных моторных, турбинных, вакуумных и прочих масел этот способ стал применяться сравнительно недавно. Это связано с появлением на рынке промышленно освоенных и коммерчески доступных мембран и аппаратов, а также отработкой надежной технологии их эксплуатации. Наиболее эффективными являются ультрафильтрационные мембраны, так как они улавливают мелкодисперсные включения, обеспечивают стабильно высокое качество очистки отработанных масел, а их использование не требует больших затрат. Принципиальное отличие мембранного метода от традиционных способов фильтрования - разделение продуктов в потоке, т.е. разделение без осаждения на фильтроматериале осадка, постепенно закупоривающего рабочую пористую поверхность фильтра [3].

Применение мембранных технологий позволяет существенно снизить затраты на регенерацию отработанных масел, по сравнению с традиционными методами сепарации (на центрифугах), сорбции и дегазации. Осуществление всех стадий очистки возможно на одной единице оборудования в непрерывном режиме. При этом значительно повышается общая надежность системы, ее отказоустойчивость. Мембраны позволяют убрать все механические примеси до 0,1 мкм, влагу, продукты окисления и полимеризации масла. Единственно узким местом подобных систем являются высоковязкие масла и масла с высокомолекулярными присадками. Присадки, в этом случае, тоже отфильтровываются мембраной, и мы получаем просто базовое масло без присадок на выходе. Регенерация отработанных моторных масел является одним из наиболее перспективных способов экономии смазочных материалов, а также защиты окружающей среды от попадания в нее вредных веществ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пахотина И.Н., Осадчий Ю.П., Пахотин Н.Е. Взаимозаменяемость отечественных и зарубежных моторных масел: Сборник научных трудов 12-ой Международной научно-технической конференции. - Курск: ЮЗГУ, Том 3, 2015. - С.296-299.
2. Пахотина И.Н., Осадчий Ю.П., Пахотин Н.Е. Методы регенерации отработанных моторных масел Пожарная и аварийная безопасность: Материалы VIII Международной научно-практической конференции. Иваново: Ивановский институт ГПС МЧС России, 2013. - С. 241-244.
3. Пахотина И.Н., Осадчий Ю.П., Пахотин Н.Е. Ультрафильтрационная технология очистки моторных масел: Сборник научных трудов 5-ой Международной научно-практической конференции.- Курск: ЮЗГУ, 2015. - С.233-266.

УДК 621.6

В. А. Полетаев, Н. Л. Павлюкова

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

ИССЛЕДОВАНИЕ КАЧЕСТВА ОБРАБОТКИ ПОВЕРХНОСТЕЙ ДЕТАЛЕЙ МЕТОДОМ МАГНИТНОЙ ГАЛТОВКИ

Ключевые слова: магнитная галтовка, наполнитель, постоянный магнит, качество поверхности, визуализация.

Аннотация: Рассмотрена обработка деталей методом магнитной галтовки, его преимущества и недостатки. Показаны результаты обработки магнитно- абразивной галтовкой изделий из разных материалов с применением смазочно-охлаждающего технологического средства. Представлена трехмерная модель визуализации поверхности образца, обработанного магнитной галтовкой.

V. A. Poletaev, N. L. Pavlyukova

SURFACE QUALITY RESEARCH DETAILS BY MAGNETIC GALBTING METHOD

Keywords: magnetic tumbling, filler, permanent magnet, surface quality, visualization.

Abstract: The processing of parts by magnetic tumbling, its advantages and disadvantages is considered. The results of processing magnetic-abrasive tumbling of products from different materials using a lubricating-cooling technological tool are shown. A three-dimensional model for visualizing the surface of a sample treated with magnetic jacking is presented.

В машиностроительном производстве на отделочных операциях обрабатывается большое количество изделий сложной конфигурации и небольших размеров, к качественным показателям поверхностей которых предъявляются высокие требования.

В данной работе предлагается метод магнитной галтовки, который является удачным синтезом обычной галтовки и магнитно-абразивной обработки. Он сочетает в себе их основные преимущества. Однако предлагаемый метод не имеет достаточной

теоретической и технологической оснащённости, поэтому мало распространён в промышленности [1].

В настоящее время для полирования небольших изделий применяются магнитная галтовка, принцип действия которой основан на движении галтовочного наполнителя. Он представляет собой обоюдоострые иглы. Магнитное поле создаётся за счёт постоянных магнитов. Иголочки перемещаются в неподвижной ёмкости с заданной постоянной скоростью и взаимодействуют с помещёнными в неподвижную ёмкость изделиями, подвергая их многочисленным ударам малой силы на контактной площади. За счёт такого взаимодействия происходит равномерно распределённая обработка всей поверхности детали, а также частичное упрочнение поверхности. Это облегчает её дальнейшую шлифовку и полировку. При воздействии магнитного поля в рабочем зазоре магнитный наполнитель (иглочки) ориентируется своей большей осью вдоль магнитных силовых линий и прижимается острыми гранями к обрабатываемой поверхности изделия. В результате обработки поверхности производится острыми кромками иглочек, что создаёт процесс ориентированного резания.

Для обработки методом магнитной галтовки была разработана установка, которая представляет собой устройство, включающее двигатель, подвижный вращающийся узел, с установленными на него постоянными магнитами и рабочий неподвижный объём [2].

Анализ известных исследований показывает, что влияние смазочно-охлаждающих технологических средств (СОТС) на процесс резания металлов заключается в снижении пластической деформации обрабатываемого материала, уменьшении сил и мощности резания, повышении качества обработанной поверхности (изменении физико-механических характеристик, а также микро- и макрогеометрических), уменьшении износа режущего инструмента, повышении его стойкости и, как следствие, в увеличении производительности отделочной обработки [3-4].

На предлагаемой установке для магнитной галтовки обработка деталей из латуни, алюминия и мельхиора производилась в СОТС составом [4].

На рис. 1 представлено изменение массы детали из латуни при магнитной галтовке [5-6].

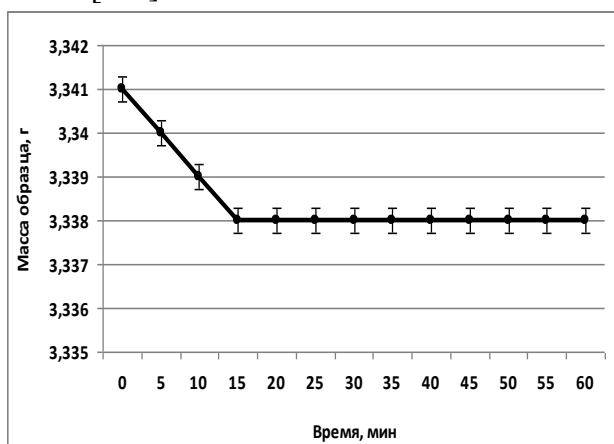


Рис. 1. Изменение массы деталей из латуни магнитной галтовкой

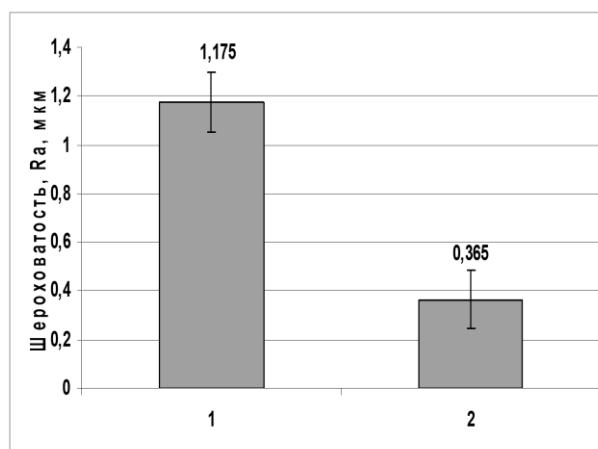


Рис. 2. Изменение величины шероховатости Ra поверхности деталей из латуни магнитной галтовкой: 1 – до обработки; 2 – после обработки

На рис. 2-4 показано изменение величины шероховатости R_a образцов деталей из латуни, алюминия и мельхиора до и после обработки методом магнитной галтовки [7].

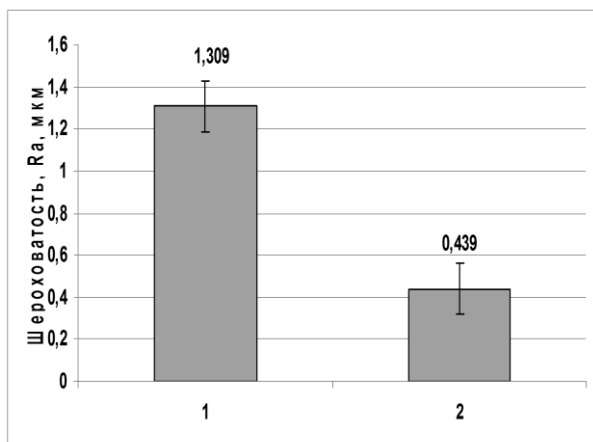


Рис. 3. Изменение величины шероховатости R_a поверхности деталей из алюминия магнитной галтовкой: 1 – до обработки; 2 – после обработки

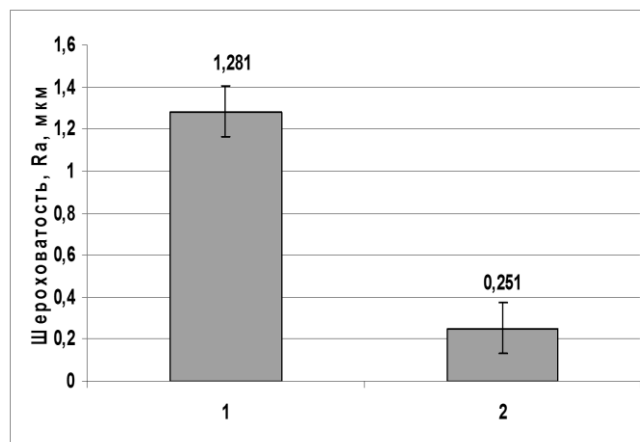


Рис. 4. Изменение величины шероховатости R_a поверхности деталей из мельхиора магнитной галтовкой: 1 – до обработки; 2 – после обработки

Анализ рис.2-4 показывает, что магнитная обработка деталей из латуни, алюминия и мельхиора приводит к значительному уменьшению величины шероховатости R_a обрабатываемых поверхностей [8].

В современных графических процессорах для визуализации особенностей трехмерных объектов применяется совокупность синтезирующих методов [9-10]. Среди них выделяют класс методов для визуализации неровностей поверхности (микрорельефа) трехмерных объектов. Их использование позволяет воспроизводить структуру поверхности объекта более реалистично. Существуют два основных метода визуализации микрорельефа: на уровне геометрии и на уровне визуализации плоских поверхностей. Отображение микрорельефа на уровне геометрии достигается за счет использования триангуляции объекта и последующего смещения новых вершин в нужную позицию (displacement mapping). Другой метод визуализации микрорельефа основан на изменении освещенности неровностей и смещении текстурных координат для выборки из текстур материала.

Специальной методики визуализации для анализа качества обработанных поверхностей нет. Визуализация рельефа достигается в основном за счет наложения и специальной обработки текстуры. Рельеф поверхности детали формируется при помощи видимых различий в освещенности неровностей.

Анализ результатов обработки поверхности и определения лучшего качества рельефа поверхности при воздействии СОТС на детали из разных материалов и при различных режимах проводился с применением трехмерной визуализации выбранных участков поверхности.

Для создания трехмерной визуализации поверхности деталей был использован метод 3D моделирования, включающий следующие исходные данные:

- профилограммы участка поверхности;

- значения величин шероховатости R_a , R_z и R_{max} из профилограмм для участка поверхности детали;
- фотоснимок участка поверхности.

На рис.5 представлена трехмерная модель визуализации поверхности образца из латуни, обработанной магнитной галтовкой.

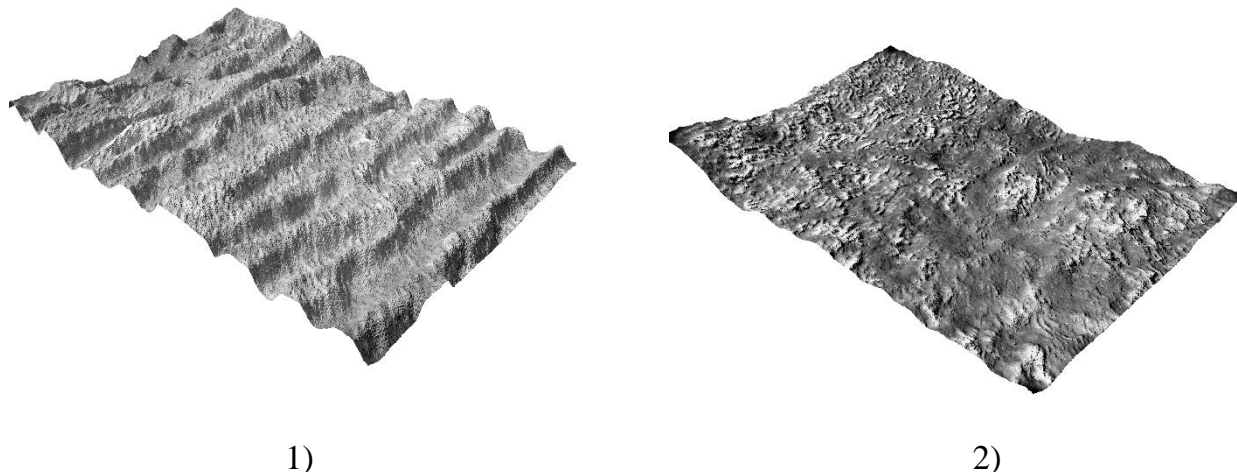


Рис.5. Трехмерная модель визуализации поверхности образца из латуни, обработанного магнитной галтовкой (увеличение 40х): 1) – до обработки ($R_a=1,175$ мкм); 2) – после обработки ($R_a=0,365$ мкм)

Показаны результаты обработки магнитно- абразивной галтовкой изделий из латуни, алюминия и мельхиора с применением смазочно-охлаждающего технологического средства [11-12].

Для создания трехмерной визуализации поверхности деталей был использован метод 3D моделирования, включающий следующие данные: значения R_a , R_z и R_{max} для участка поверхности детали; профилограммы участка поверхности; фотоснимок участка поверхности. Представлена трехмерная модель визуализации поверхности образца из латуни, обработанного магнитной галтовкой.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Павлюкова Н.Л., Полетаев В.А., Волкова М.Ю. Повышение эффективности отделочной обработки художественных изделий из медных сплавов свободными абразивами. Монография. Иваново. 2010. 100С.
2. Патент на полезную модель RU 97076. Устройство для магнитно-абразивной галтовки. Полетаев В.А., Павлюкова Н.Л., Чернов Л.К. Заявка №2010118151/02 от 05. 05. 2010. Опубликовано 27.08. 2010.
3. Патент на изобретение RU 2261268 С2. Смазочно-охлаждающая технологическая среда для обработки цветных металлов./ Павлюкова Н.Л., Полетаев В.А., Чернов Л.К. Заявка №2003136138/04 от 11.12.2003. Опубликовано 27.09 2005.
4. Патент на изобретение RU 2441060 С1. Смазочно-охлаждающая технологическая среда для обработки цветных металлов./ Полетаев В.А., Павлюкова Н.Л., Чернов Л.К. Заявка №2010130983/04 от 23.07.2010. Опубликовано 27.01 2012.
5. Полетаев, В.А., Чернов, Л.К., Исследование процесса магнитной галтовки в магнитно-абразивном устройстве.// Металлообработка. – 2013. – № 3(75), – С. 31–35.

6. Полетаев В.А., Чернов Л.К., Степанова Т.Ю. Исследование процесса магнитной галтовки в магнитно-абразивном устройстве. Вестник ИГЭУ. 2012, №4, С.42-45.
7. Павлюкова Н.Л. Использование магнитно-абразивного полирования при отделке деталей из цветных сплавов. Вестник ИГЭУ. 2010. №3. С. 64-67.
8. Чернов Л.К., Полетаев В.А., Степанова Т.Ю., Повышение качества магнитной галтовки в магнитно-абразивном устройстве. Вестник ИГЭУ. 2012., №5 С.40-43.
9. Власов А.М., Полетаев В.А. Пахолкова Т.А. Построение трехмерной модели шероховатой поверхности. Новые материалы и технологии в машиностроении: сборник научных трудов. Брянск: Брянская государственная инженерно-технологическая академия. 2014. №20. С.19 – 22.
10. Павлюкова Н.Л. Полетаев В.А. Моделирование поверхностного контакта абразивного инструмента и обрабатываемой детали // Состояние и перспективы развития электро-технологии (XI Бенардосовские чтения): материалы международной научно-технической конференции. Министерство образования Российской Федерации; Ивановский государственный энергетический университет; Академия технологических наук Российской Федерации; Верхне-Волжское отделение АТН РФ. Иваново, 2003. С. 148.
11. Чернов Л.К., Полетаев В.А. Magnetic dispositivo abrasivo per studi di tumbling magnetica. Italian Science Review, 2014. № 4, С.461 – 465.
12. Чернов Л.К., Полетаев В.А. Технология магнитной галтовки в магнитно-абразивном устройстве. Сборка в машиностроении, приборостроении. 2015. №3, С.46–48.

УДК 621.3

В. А. Полетаев, И. И. Ведерникова

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

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ЭЛЕКТРОНАСОСОВ

Ключевые слова: электронасосный агрегат, покрытие, шероховатость, твердость, эффективность, алмазное выглаживание.

Аннотация: Электронасосный агрегат состоит из центробежного насоса и электродвигателя. Валы центробежного насоса и электродвигателя, изготовленные из стали 45, вращаются в резинометаллических подшипниках. В местах контакта с подшипниками на валы насажены втулки из стали 40X13 или 12X18H10T. Рассмотрены вопросы процесса упрочнения деталей из стали 45 комбинированным способом, состоящим в нанесении покрытия электродуговой металлизацией, последующем точении, алмазном выглаживании поверхности. Представлены результаты исследований.

V. A. Poletaev, I. I. Vedernikova

IMPROVING WORK EFFICIENCY ELECTRIC PUMPS

Keywords: electric pump unit, coating, roughness, hardness, efficiency, diamond smoothing.

Abstract: An electric pump unit consists of a centrifugal pump and an electric motor. The shafts of a centrifugal pump and an electric motor made of steel 45 rotate in rubber-metal bearings. In places of contact with bearings, sleeves made of steel 40X13 or 12X18H10T are mounted on the shafts. As a result of the action of the external environment (sand, moisture, a sharp change in tem-

perature, aggressive gases and aerosols, contacts with seawater and alkaline solutions, etc.), the friction surfaces of the bushings undergo severe wear during operation. The problems of the hardening of parts from steel 45 are considered in a combined way, consisting in coating by electric arc metalization, subsequent turning, and diamond smoothing of the surface. Research results are presented.

Одной из важных задач при обеспечении качества машин является повышение эксплуатационных показателей их деталей. Эти показатели определяются, в том числе, параметрами качества поверхностного слоя. Следовательно, одним из направлений обеспечения повышения эффективности работы машин является повышение износостойкости их деталей, которое может быть достигнуто путем вынесения периода приработки на стадию изготовления за счет применения соответствующих технологических процессов изготовления.

Примером может служить использование электронасосных агрегатов [1-2].

Они предназначены для подачи воды (агрегаты электронасосные центробежные скважинные), воды и водных растворов (насосы центробежные пожарные комбинированные). Электронасосный агрегат состоит из центробежного насоса и электродвигателя

На рис 1. представлена фотография части электродвигателя без корпуса. В первых модификациях насосов роторы под подшипниками изготавливали цельными из конструкционных или электротехнических материалов. Но это было очень дорого, поэтому впоследствии материал роторов заменили на сталь 45, а в местах контакта с подшипниками начали использовать втулки из сталей 40X13 или 12X18H10T. Но и здесь затем выявились недостатки: это биение втулки относительно ротора, что приводило к изменению зазора между поверхностью втулки и ротора (более 0,15 мкм), и низкая износостойкость поверхностей трения втулок.

Это привело к разработке и применению технологии нанесения гальванопокрытия из хрома с ультраалмазами. Использование этого способа упрочнения позволило увеличить износостойкость поверхностей трения и тем самым долговечность насосов. Однако и здесь выявились недостатки: это высокая стоимость нанесения гальванопокрытия и невозможность (затруднение) использования его для ремонта в местах эксплуатации электронасосных агрегатов.



Рис. 1. Фотографии части электродвигателя: 1 – ротор; 2 – статор; 3 – щит подшипниковый; 4 – подшипник

Широкое применение в промышленности находят различные методы отделочно-упрочняющей обработки. Они применяются также для повышения износостойкости деталей пар трения скольжения.

В последнее время все большее признание получает мнение, что на износостойкость деталей оказывает влияние весь комплекс параметров качества поверхности: величина шероховатости, наклеп, остаточные напряжения. Причем, в зависимости от свойств материала и условий эксплуатации роль и доля участия каждого из них будет различна, особое значение может приобретать какой-либо из параметров качества поверхности. Рассмотренные работы подтверждают противоречивость имеющихся в литературе данных. Поэтому изучение качества поверхностного слоя для установления относительной роли влияния его параметров на эксплуатационные свойства деталей машин в зависимости от физико-механических свойств материалов требует дальнейших исследований для накопления опыта, особенно применительно к деталям электронасосов, работающих в условиях больших нагрузок.

Анализ работ, посвященных исследованию различных методов упрочняющей и отделочной обработки, показывает, что они позволяют добиваться повышения износостойкости деталей пар трения, работающих в различных условиях. Однако отсутствуют научно обоснованные рекомендации по выбору оптимальных для конкретных пар трения технологических процессов из всех существующих методов упрочнения. Большинство упрочняющих методов позволяют управлять только частью параметров, требуемых для повышения износостойкости. Поэтому они применяются в сочетании с другими финишными методами, и существует необходимость применения комбинированных методов упрочнения или разработки новых способов обработки для конструкционных сталей. Известно много традиционных способов упрочнения поверхностных слоев деталей.

К основным методам нанесения покрытий относятся: электролитическое осаждение, электролиз, электрофорез, горячее погружение, напыление, плакирование, вакуумно-паровое, вакуумная диссоциация, цементация и диффузия, наплавка, роликовая (алмазная) накатка (выглаживание), химическое преобразование. Однако только четыре из них обеспечивают надежную коррозионную защиту стали: электролитическое осаждение, горячее погружение, напыление, плакирование. По показателям стоимости и трудоемкости процессов нанесения покрытий наибольшее применение нашли электролитическое осаждение и напыление. Число металлов, которые можно использовать в качестве покрытий, весьма велико, но на практике оно весьма существенно ограничено их стоимостью. Наиболее часто используют цинк, магний, никель, хром, кадмий. Но и применение этих металлов определяется толщиной покрытий и трудоемкостью процесса нанесения покрытия. По этим показателям наиболее используемым на практике является хром.

Поэтому одной из задач данной работы является анализ и отбор существующих методов отделочно-упрочняющей обработки для повышения износостойкости поверхностей трения узлов электронасосных агрегатов.

В данной работе предлагается в конструкции электродвигателя на поверхность ротора под подшипником нанести покрытие из металла методом электродугового напыления [3–4]. В качестве наплавочного материала использовалась порошковая проволока диаметром 2 мм марки 40X13 [5-6].

Подготовка поверхности к напылению чаще заканчивается металлопескоструйной обработкой, т.е. струйной обработкой металлическим песком, стальной крошкой или колотой чугунной дробью с острыми гранями. Металлопескоструйная обработка производится либо в специальных плотно закрывающихся шкафах и камерах, подсоединенных к системе вытяжной вентиляции, либо с помощью беспыльных установок, имеющих эжекторный отсос отработанного металлического песка и позволяющих выполнять эти работы в общих производственных помещениях и на открытых площадках. Для подготовки деталей к напылению могут использоваться также дробеметные или дробеструйные установки, применяемые в литейном производстве.

Алмазное выглаживание заключается в пластическом деформировании обрабатываемой поверхности скользящим по ней инструментом – выглаживателем. При этом неровности поверхности, оставшиеся от предшествующей обработки, сглаживаются частично или полностью [7-9]. При упрочнении металла пластическим деформированием происходит упругопластическая деформация его тонких поверхностных слоев, распространяющаяся на некоторую глубину под обработанным слоем. По современным представлениям механизм пластической деформации может осуществляться путем скольжения, двойникования и межкристаллической деформации. При этом происходит изменение форм зерен, изменение ориентировки зерен, развитие внутрикристаллитных и межкристаллитных нарушений, нарушений целостности зерен.

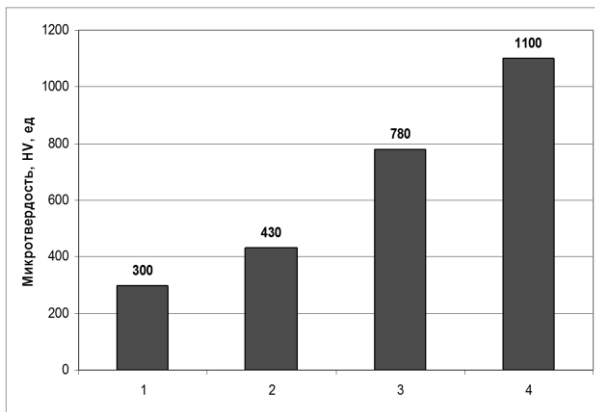


Рис. 2. Гистограммы изменения микротвердости (HV, ед.) в зависимости от метода механической обработки детали из стали 45: 1 – точение; 2 – точение + алмазное выглаживание (АВ); 3 – точение металлизационного покрытия; 4 – точение металлизационного покрытия + (АВ)

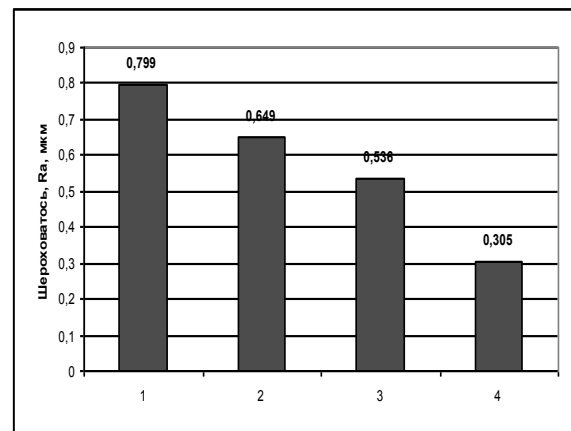


Рис. 3. Гистограммы изменения шероховатости (Ra, мкм) в зависимости от метода обработки для деталей из стали 45: 1 – точение; 2 – точение + алмазное выглаживание (АВ); 3 – металлизационное покрытие (точение); 4 – металлизационное покрытие (точение + АВ)

На рис. 2. показаны гистограммы изменения микротвердости (HV, ед.) в зависимости от метода механической и упрочняющей обработки деталей из стали 45. Анализ рис. 1. выявил изменение величины микротвердости HV сталей в зависимости от метода механической обработки. После нанесения металлизационного покрытия и последующих точения и алмазного выглаживания происходит значительное повышение микротвердости HV поверхности [10].

На рис.3. представлены гистограммы изменения шероховатости ($Ra, \mu\text{км}$) в зависимости от методов механической обработки и упрочнения для деталей из стали 45.

Проведенные исследования показали возможность замены дорогостоящих сталей 40X13 и 12X18H10T на более дешевую сталь 45 с металлизационным покрытием и последующим алмазным выглаживанием.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Полетаев В.А., Королькова Г.С., Ведерникова И.И., Упрочнение деталей электронасосов электродуговым напылением. *Металлообработка*, 2010. №5(59), С.18 – 21.
2. Полетаев В.А., Самок Г.С., Королькова Г.С. Исследование деталей электронасосов, упрочненных комбинированным способом, на износостойкость. *Вестник ИГЭУ*, 2009. №3, С. 14 –17.
3. Полетаев В.А., Пучков П.В., Повышение качества поверхностей трения деталей электронасосов. *Заводская лаборатория. Диагностика материалов*, –2015. Т81. № 9, С.74 –76.
4. Королькова Г.С., Полетаев В.А., Ведерникова И.И. Обработка деталей электронасосов электродуговым напылением. В сборнике: *Ресурсосберегающие технологии ремонта, восстановления и упрочнения деталей машин, механизмов, оборудования, инструментов и технологической оснастки от нано- до микроуровня. Материалы 12-ой Международной научно-практической конференции: в « частях*, – СПб. Изд-во политехн. ун-та, 2010, Ч.1. С. 132–136.
5. Голяс А.А., Полетаев В.А., Совершенствование процессов механической обработки в энергетическом машиностроении за счет внедрения процесса алмазного выглаживания.// *Электромеханотроника и управление "Энергия-2016": одиннадцатая международная научно-техническая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых, г. Иваново, 5-7 апреля 2016 года: материалы конференции. Иваново: ИГЭУ. 2016. Т.4. С.122 – 124.*
6. Полетаев В.А., Воробьев В.Ф., Орлов А.С., Такендо, Д, Формирование поверхностного слоя при упрочняющей обработке. «Состояние и перспективы электротехнологии (X Бенардосовские чтения). Тезисы докладов Международной научно-технической конференция . 2001, С. 210.
7. Полетаев В.А., Самок Г.С.Повышение долговечности деталей электронасосов путем нанесения специальных покрытий. *Физика, химия и механика трибосистем: Межвузовский сборник научных трудов. Иваново, 2004. №3. С. 122–123.*
8. Полетаев, В.А., Самок Г.С. Повышение долговечности деталей агрегатов электронасосных центробежных скважинных для воды комбинированным упрочнением. ГОУ ВПО Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина, 2008.
9. Самок Г.С., Королькова Г.С., Влияние метода упрочняющей обработки на качество поверхностного слоя деталей электронасосов. *Вестник ИГЭУ*, 2011, №1, С. 57–62.
10. Полетаев В.А., Шпенькова Е.В., Голяс А.А., Исследование механических характеристик поверхностного слоя деталей электронасосов, упрочненных алмазным выглаживанием. *Сборка в машиностроении, приборостроении. 2017, № 7, С.311 – 317.*

УДК 630.3

М. А. Рассохин, А. Г. Пушкарев

ФГБОУ ВО Уральский институт ГПС МЧС России

ОЦЕНКА ИНТЕНСИВНОСТИ ИЗНАШИВАНИЯ ДЕТАЛЕЙ ДВИГАТЕЛЯ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ ПО ИЗМЕНЕНИЮ КОНЦЕНТРАЦИИ ПРОДУКТОВ ИЗНОСА В МОТОРНОМ МАСЛЕ

Ключевые слова: изнашивание трибосопряжений двигателя, моторное масло, спектральный анализ, индикаторы износа.

Аннотация: В статье рассмотрена возможность определения интенсивность изнашивания деталей двигателя внутреннего сгорания (ДВС) по динамике накопления продуктов износа в моторном масле. Предложена методика расчета количества продуктов износа поступающего в моторное масло.

М. А. Rassokhin, A. G. Pushkarev

ASSESSMENT OF THE WEAR RATE OF INTERNAL COMBUSTION ENGINE PARTS BASED ON CHANGES IN THE CONCENTRATION OF WEAR PRODUCTS IN ENGINE OIL

Keywords: the wear of friction units of engine , engine oil, spectral analysis, the wear indicators.

Abstract: The article considers the possibility of determining the wear rate of internal combustion engine (ice) parts by the dynamics of accumulation of wear products in engine oil. A method for calculating the amount of wear products entering the engine oil is proposed.

Надежность двигателя в основном определяется долговечностью основных пар трения. Осуществляя своевременный контроль состояния трибосопряжений ДВС можно в ранней стадии выявить отклонения от допустимых пределов и провести ремонт или техническое обслуживание двигателя с минимальными затратами.

Наиболее эффективным методом диагностирования трибосопряжений ДВС, по мнению авторов, является метод безразборного контроля пар трения [1-4, 6]. Используя моторное масло в качестве носителя комплексной информации о работе двигателя можно определить: интенсивность изнашивания пар трения, работоспособность смазочной системы, систем фильтрации воздуха, подачи топлива, находить отклонения в рабочем процессе ДВС и т.д.

Выбор моторного масла в качестве объекта диагностирования, вызван большим количеством решаемых им задач. Основной трибологической задачей моторных масел считается гарантия надежности всех пар трения в различных условиях эксплуатации. Кроме классической трибологической задачи, на моторное масло возложено множество других, дополнительных, функций – препятствие коррозии и окислительным процессам, уплотнение поршня в цилиндре, охлаждение поверхности, транспортировки продуктов износа, шлама и сажи на фильтрующий элемент масляного фильтра и пр.

Для исследования отработанного моторного масла авторами был выбран метод многоэлементного анализа использованных и неиспользованных смазочных масел и базовых масел (ASTM D 5185), позволяющий проводить качественный и количественный анализ масла. Данный метод, с достаточной точностью, позволяет определять количество продуктов износа в исследуемой пробе масла [4, 5, 7].

Оценку интенсивности изнашивания пар трения ДВС можно дать по результатам отбора и анализа проб картерного масла. Пробы масла необходимо отбирать с определенной периодичностью, сразу после останова двигателя, пока частицы износа находятся в взвешенном состоянии и не осели на дно картера. Далее проводится анализ пробы масла методом атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно – связанной плазмой ИСП-АЭС, обработка результата происходит методом ASTM D 5185. По результатам обработки пробы получаем протокол испытаний (таблица.1), в котором указаны индикаторы износа и их массовая доля.

Таблица 1. Данные полученные по результатам анализа пробы картерного масла

Лабораторный номер 1546/3		Номер пробы 12/1	
Наименование показателя, ед. изм.	Метод испытания	Результат анализа пробы	
1. Индикатор износа			
Массовая доля железа (Fe), мг/кг	ASTM D 5185	11	
Массовая доля цинка (Zn), мг/кг	ASTM D 5185	851	
Массовая доля хрома (Cr), мг/кг	ASTM D 5185	0	
Массовая доля свинца (Pb), мг/кг	ASTM D 5185	4	
Массовая доля меди (Cu), мг/кг	ASTM D 5185	6	
Массовая доля олово (Sn), мг/кг	ASTM D 5185	0	
Массовая доля алюминия (Al), мг/кг	ASTM D 5185	8	
Массовая доля никеля (Ni), мг/кг	ASTM D 5185	0	
Массовая доля титана (Ti), мг/кг	ASTM D 5185	0	
Массовая доля ванадия (V), мг/кг	ASTM D 5185	0	
Массовая доля марганца (Mn), мг/кг	ASTM D 5185	0	

Каждый, определенный методом ИСП-АЭС, элемент характеризует износ определенной детали (группы деталей), соответственно по результатам анализа существует возможность определить какая из трущихся деталей более всего подвержена износу. Для примера в таблице 2 приведены элементы износа и детали, которые содержат данные частицы. Проводя анализ поступление индикаторов износа в картерной масле, существует возможность определения интенсивности изнашивания конкретной детали или механизма. В дальнейшем, по результатам поэлементного контроля, возможна разработка мер по повышению надежности узлов трения и эффективности системы смазки ДВС. Моделирование процесса изнашивания в трибосопряжениях двигателя приведено в работе [8].

Таблица 2. Частицы износа, характеризующие изнашивание конкретных деталей

Элементы износа	Деталь, содержащая данные металлы
Железо (Fe)	Шестерни распределителя, коленчатый вал, поршневые кольца, гильзы цилиндров, цепи привода, звездочки
Алюминий (Al)	Вкладыши коленчатого вала, поршни, подшипники распределительного вала
Медь (Cu)	Подшипники распределительного вала, втулки (топливного насоса, масляного насоса и распределителя зажигания)
Хром (Cr)	Поршневые кольца
Свинец (Pb)	Вкладыши коленчатого вала
Олово (Sn)	Поршни

В процессе обработки полученных значений, необходимо учитывать маслообмен в ДВС, так как концентрация продуктов износа в картере двигателя будет зависеть от применяемой системы очистки масла, скорости поступления индикаторов износа в систему смазки, потерь на угар или протечки и ряда других факторов. Зная скоростные и нагрузочные режимы работы двигателя, учитывая динамику накопления продуктов износа, в моторном масле можно вывести зависимость интенсивности изнашивания трибосопряжений двигателя от выбранного эксплуатационного режима работы ДВС. Например, в гистограмме (рисунок 1), полученной по результатам эксперимента, показано изменение массовой доли продуктов изнашивания в зависимости от выбора режима прогрева и температуры масла при пуске двигателя.

Значения, указанные на рисунке 1 получены по результатам серии пусков и прогревов двигателя, при различной начальной температуре моторного масла и частоте вращения коленчатого вала. Из данной гистограммы можно сделать вывод, что прогрев испытуемого двигателя наиболее эффективно проводить при частоте вращения коленчатого вала 1100 об/мин и начальной температурой моторного масла не ниже минус 5 °С.

Опираясь на вышеизложенное, можно сделать вывод, что оценка интенсивности изнашивания деталей ДВС по изменению концентрации продуктов износа в моторном масле является эффективным инструментом, позволяющим вырабатывать решения направленные на повышение надежности двигателя.

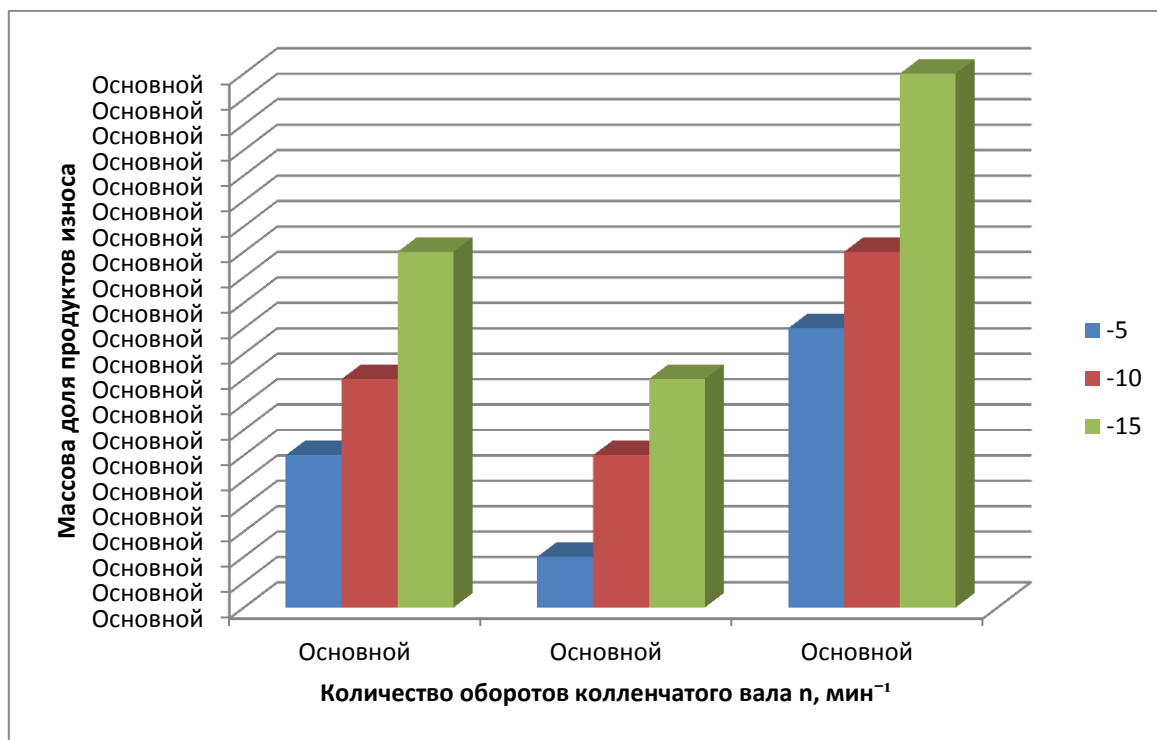


Рис. 1. Гистограмма содержания массовой доли продуктов изнашивания в пробе масла, в зависимости от температуры начального пуска и режима прогрева ДВС, время прогрева составляло $t=5$ мин

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Владимиров Д.И., Никоноров А.Н. Диагностирование дизелей по соотношению концентраций продуктов изнашивания в работавшем моторном масле // Евразийский научный журнал. - 2016. - №10. - С. 294-296.
2. Перевалов А.С., Рассохин М.А., Жилин М.А., Сащенко В.Н. Повышение готовности пожарных автомобилей за счет внедрения методов диагностирования двигателей по анализу параметров картерного масла // Техносферная безопасность. - 2015. - № 4 (9). - С. 50-54.
3. Королев А.Е. Расчетно-экспериментальный метод определения допускаемого износа двигателей // Вестник Государственного аграрного университета Северного Зауралья. - 2016. - №1(32). - С. 135-139.
4. Рассохин М.А., Сащенко В.Н., Пушкарев А.Г., Пастухов К.В. Определение износов деталей двигателя внутреннего сгорания методом безразборного контроля / 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. 156 – 160.
5. Zhan, Honglei et al. The spectral analysis of fuel oils using terahertz radiation and chemometric methods // Journal of physics. – 2016. - № 39. – P. 42- 57.
6. Weinreb, K. Diagnostics of an induction-motor rotor by the spectral analysis of stator currents // Thermal engineering. – 2013. - №14. – P. 1006-1023.
7. Ревякин М.М. Реализация назначенного ресурса двигателя путем контроля условий эксплуатации по параметру удельного химмотологического показателя моторного масла // Агротехника и энергообеспечение. - 2017. - №2(15). - С. 62-67.
8. Рассохин М. А., Юркин А. В., Перевалов А. С. Моделирование процесса изнашивания в трибосопряжениях двигателя лесозаготовительной техники по концентрации продуктов износа в моторном масле // Системы. Методы. Технологии. - 2019 № 4 (44) с. 72-77.

УДК 621.91.01

Д. С. Репин, Е. В. Зарубина, Л. Н. Козлов

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ АКТИВИРОВАННЫХ ПОЛИМЕРСОДЕРАЖАЩИХ СОТС НА КОЭФФИЦИЕНТ УКОРОЧЕНИЯ СТРУЖКИ

Ключевые слова: коэффициент укорочения стружки, режущий инструмент, смазочно-охлаждающие технологические средства, полимерные присадки, коронный разряд.

Аннотация: В статье представлены результаты влияния активированных полимерсодержащих СОТС на коэффициент укорочения стружки.

D. S. Repin, E. V. Zarubina, L. N. Kozlov

EFFICIENCY OF ACTIONS OF ACTIVATED OF LUBRICANT-COOLING AGENT WITH POLYMERIC ADDITIVES ON THE SHAVINGS SHORTENING COEFFICIENT

Keywords: coefficient shortening shavings, cutting tool, lubricant-cooling agent, polymer additives, corona discharge.

Abstract: The article presents the results of the effect of activated polymer-containing lubricant-cooling agent on the chip shortening coefficient.

Степень пластической деформации металла в процессе стружкообразования принято оценивать коэффициентом укорочения стружки. Процессы, происходящие при резании, оказывают существенное влияние на коэффициент укорочения стружки, силы резания, температуру, вибрации и др. Они, в конечном счете, определяют стойкость и работоспособность инструмента.

Режимы резания оказывают существенное влияние на процессы, происходящие в зоне резания, в частности, на коэффициент укорочения стружки, силу, температуру, вибрации и т.д. Они, в конечном счете, определяют стойкость и работоспособность инструмента. Влияние режимов резания на процессы в зоне резания является переменным при изменении свойств и состава обрабатываемого и инструментального материалов. Коэффициент укорочения стружки является внешним выражением той пластической деформации, проходящая по плоскости сдвига, которая сопровождает образование стружки. Она зависит от угла резания и коэффициента трения на передней поверхности инструмента, т.е. от направления равнодействующей силы. Коэффициент укорочения стружки является некоторой количественной оценкой степени пластической деформации при резании металлов, а потому чем меньше коэффициент укорочения стружки, тем с меньшими пластическими деформациями протекает процесс резания, тем, следовательно, более благоприятны условия для стружкообразования и меньше удельный расход мощности (работы) на обработку данной заготовки [1]. Поэтому, при постоянной геометрии инструмента по величине коэффициента укорочения стружки можно судить о смазочной способности СОТС.

В связи с вышесказанным, проведены исследования по определению коэффициента укорочения стружки. В качестве обрабатываемого материала использовалась сталь 45, в качестве режущего инструмента применялись упорно – проходные резцы из быстрорежущей стали Р6М5 (HRC 60). Геометрия резцов была выбрана согласно справочной литературе [2]. При точении углеродистых сталей: $\varphi = 90^\circ$, $\varphi_1 = 15^\circ$, $\gamma = 20^\circ$, $\alpha = 6^\circ$, $\alpha_1 = 6^\circ$. Скорости резания: $V_1 = 60$ м/мин, $V_2 = 45$ м/мин, $V_3 = 30$ м/мин. Подача и глубина резания оставались неизменными ($S = 0,1$ мм/об, $t = 0,5$ мм). Подача СОТС осуществлялась капельным методом с расходом 75-80 капель в минуту, т. к. при большем расходе СОТС заметных изменений не выявлено.

Для получения дисперсии воспроизводимости опыта было проведено до 30 измерений усадки стружки в СОТС без присадок. Дисперсия воспроизводимости распространялась на все испытания по измерению укорочения стружки и составила 3...5%.

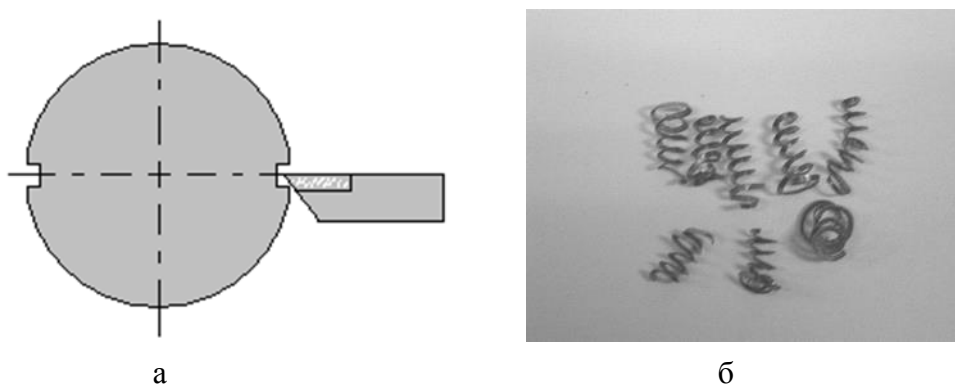


Рис. 1. а – схема проведения экспериментов определения коэффициента укорочения стружки; б – внешний вид стружек

На заготовке диаметром 61,5 мм с противоположенных сторон прорезались два продольных паза шириной 3 мм (рис.1 (а)). Таким образом, величина дуги окружности между пазами составила 93,5 мм. Коэффициент укорочения стружки вычислялся по формуле:

$$K = l_0 / l_{стр} \quad (1)$$

где l_0 – длина среза (93,5 мм), $l_{стр}$ – длина стружки.

Вид стружки приведен на (рис.1 (б)). Анализ результатов показывает, что при использовании активации полимерсодержащих СОТС коронным разрядом на низких и средних скоростях резания стали 45 однозначно снижает коэффициент укорочения стружки.

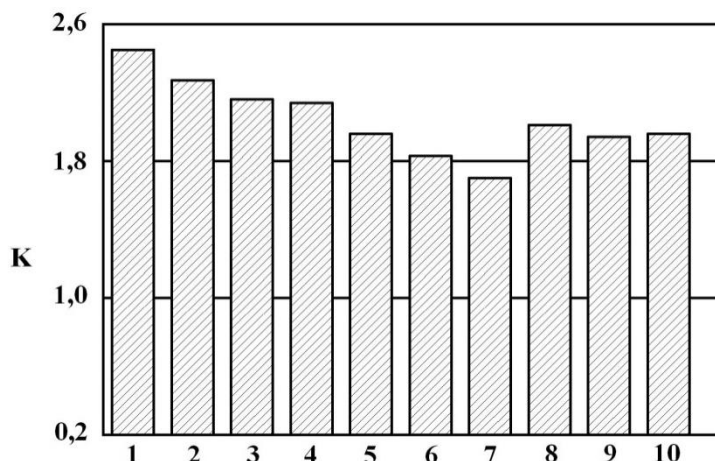


Рис. 2. Значения коэффициента укорочения стружки при точении стали 45 при $V = 30$ м/мин:
 1 – всухую; 2 – Эфтол; 3 – Эфтол+ПЭГ(полиэтиленгликоль);
 4 – Эфтол+ПВС (поливиниловый спирт); 5 – Эфтол (-)*; 6 – Эфтол+ПЭГ (-);
 7 – Эфтол+ПВС (-); 8 – Эфтол (+)*; 9 – Эфтол+ПЭГ (+); 10 – Эфтол+ПВС (+).

Таблица 1. Результаты экспериментов по определению коэффициента укорочения стружки K при точении стали 45 с различными скоростями

Виды СОТС	V , м/мин	
	45	60
Всухую	2,42	2,59
Эфтол	2,28	2,5
Эфтол (+)	2,12	2,25
Эфтол (-)	2,14	2,2
Эфтол+ПВС	2,15	2,27
Эфтол+ПЭГ	2,24	2,34
Эфтол+ПЭГ (+)	2,09	2,15
Эфтол+ПЭГ (-)	2	2
Эфтол+ПВС (+);	2,06	2,13
Эфтол+ПВС (-)	1,89	1,85

На рисунке 2, а также в таблице 1 представлены результаты определения коэффициента укорочения стружки при использовании активированных и неактивированных полимерсодержащих СОТС. Наибольшее значение коэффициента укорочения стружки при всех скоростях резания получили при резании всухую. Исследованиями установлено, что активированные коронным разрядом СОТС, содержащие присадки ВМС (высокомолекулярные соединения), позволяют снизить коэффициент усадки стружки. Так, при использовании в качестве присадки к СОТС ПВС наблюдается снижение коэффициента укорочения стружки во всем диапазоне скоростей резания.

Из полученных результатов можно сделать следующий вывод, что присадки ВМС экранируют адгезию обрабатываемого материала с инструментальным. Данные свидетельствуют о том, что СОТС с присадками полимеров, подвергнутые предварительной активации коронным разрядом, обладают лучшей смазочной способностью. Действие используемых СОТС, может быть, объяснено с позиции радикально-цепных

реакции, то есть присутствие в СОТС образовавшихся радикалов, что повышает ее эффективность, так как, благодаря своей активности, они порождают цепь окислительных реакций, что сопровождается образованием пленок и экранированием сил адгезии на контактных площадках резца и стружки [3].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ящерицын, П.И. Теория резания: учеб./ П.И. Ящерицын, Е.Э. Фельдштейн, М.А. Корниевич. – 2-е изд., испр. и доп. –Мн.: Новое знание, 2006. – 512 с.
2. Режимы резания металлов: Справочник / Ю.В. Барановский, Л.А. Брахман и др. – М.: НИИТавтопром, 1995. – 456 с.
3. Латышев В.Н., Наумов А.Г., Раднюк В.С., и др. Экспериментальные исследования трибологических явлений при резании материалов // Трение и износ. 2010. том 31, №5 С. 500-510.

УДК 621.318

М. С. Сайкин, В. С. Баженов

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

ОБЩИЕ ПОДХОДЫ К ИССЛЕДОВАНИЮ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ПАРАМЕТРОВ МАГНИТОЖИДКОСТНЫХ ГЕРМЕТИЗАТОРОВ

Ключевые слова: магнитожидкостный герметизатор, магнитная жидкость, уплотнитель, перепад давлений, момент трения.

Аннотация: Предложены общие подходы исследования эксплуатационных параметров магнитожидкостных герметизаторов, на основании которых разработаны конструкции испытательных стендов.

M. S. Saikin, V. S. Bazhenov

GENERAL APPROACHES TO RESEARCH OPERATIONAL PARAMETERS OF MAGNETIC-LIQUID SEALERS

Keywords: magnetic fluid seals, magnetic fluid, sealant, differential pressure, friction moment.

Abstract: General approaches to studying the operational parameters of magnetic fluid seals are proposed, on the basis of which the designs of test benches are developed.

При проектировании магнитожидкостных герметизаторов (МЖГ) необходимо учитывать требования к их эксплуатационным параметрам, а именно: рабочему перепаду давлений, моменту страгивания и установившемуся моменту трения [1].

Рабочий перепад давлений ΔP меньше его критического значения $\Delta P_{кр}$ на величину коэффициента запаса:

$$K_3 = \Delta P / \Delta P_{кр} \quad (1)$$

Величина коэффициента запаса зависит от конкретных условий эксплуатации, к которым относятся:

- требуемый ресурс работы;
- скорость вращения герметизируемого вала;
- температура герметизируемой среды в области контакта с магнитной жидкостью;
- физическое состояние герметизируемой среды: вакуум, газ, пар, жидкость, брызги жидкости;
- состояние среды по отношению к магнитной жидкости: нейтральная или агрессивная.

Обычно величина коэффициента запаса для МЖГ составляет $K_3 = 1,5 \div 3,0$.

При эксплуатации МЖГ с течением времени происходит снижение критического перепада давлений, а значит и коэффициента запаса по давлению. Это обусловлено изменениями, происходящими в магнитной жидкости. Они вызваны влиянием температуры, градиента магнитного поля и сдвиговыми усилиями.

Эксплуатационные характеристики МЖГ ухудшаются вследствие образования агломератов в магнитной жидкости. Они вызывает нарушение её однородности и снижение устойчивости, что является причиной нарушения герметичности и приводят к изменению фрикционных характеристик герметизатора.

При герметизации жидких сред происходит механическое взаимодействие герметизируемой среды и МЖ, что вызывает её вымывание из рабочего зазора герметизатора и, в итоге, к нарушению его герметичности.

МЖГ теряет свою работоспособность при потере герметичности и превышении момента трения выше допустимого значения:

$$\Delta P(t) \leq \Delta P_{кр}, M_{ТР}(t) \geq M_{дон} \quad (2)$$

В [2] введено понятие единичного уплотнителя, что позволяет анализировать эксплуатационные параметры и работоспособность МЖГ.

Для оценки изменения величины критического перепада давлений использовался стенд, представленный на рис. 1.

Стенд состоит из постоянного магнита 1, полюсных приставок 2, концентрически охватывающих вал 3 и сменных насадок 4 с помощью которых можно изменять геометрию уплотнителя.

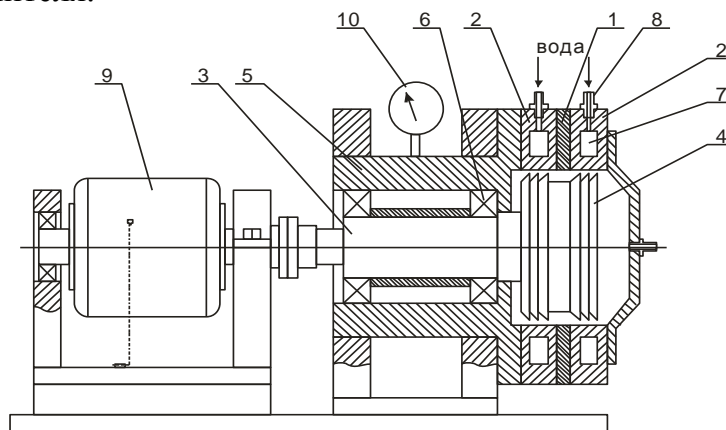


Рис. 1. Экспериментальный стенд для исследования критического перепада давлений МЖГ

Вращающийся вал 3 установлен в немагнитопроводном корпусе 5, а его вращение происходит в подшипниках 6. В стенде предусмотрено охлаждение зоны уплотнителей, которое осуществляется через каналы 7, выполненные в полюсных приставках 2. Подача охлаждающей жидкости осуществляется через штуцер 8. Электродвигатель 9 приводит вал во вращение. Перепад давлений, создаваемый внешним насосом, фиксируется манометром 10.

Методика контроля изменения перепада давлений МЖГ заключается в следующем. На стенде устанавливаются требуемые эксплуатационные параметры: скорость вращения вала, величина магнитной индукции, температура в зоне уплотнителя, которая контролируется с помощью термопары. После заправки МЖ в рабочий зазор МЖГ вал приводился во вращение с заданной скоростью.

Через требуемый промежуток времени проводится контроль критического перепада давлений. Затем МЖ удаляется и осуществляется заправка стенда новой магнитной жидкостью. Время испытаний увеличивается. Перераспределение частиц МЖ в неоднородном магнитном поле герметизатора приводит к увеличению его критического перепада давлений [3 - 5]. Затем строится зависимость $\Delta P_{кр} = f(t)$ для МЖГ. Изменение перепада давлений герметизатора в течение времени его работы свидетельствует о прекращении переходного процесса.

Для исследования моментов трения МЖГ предназначен стенд (рис.2) [5].

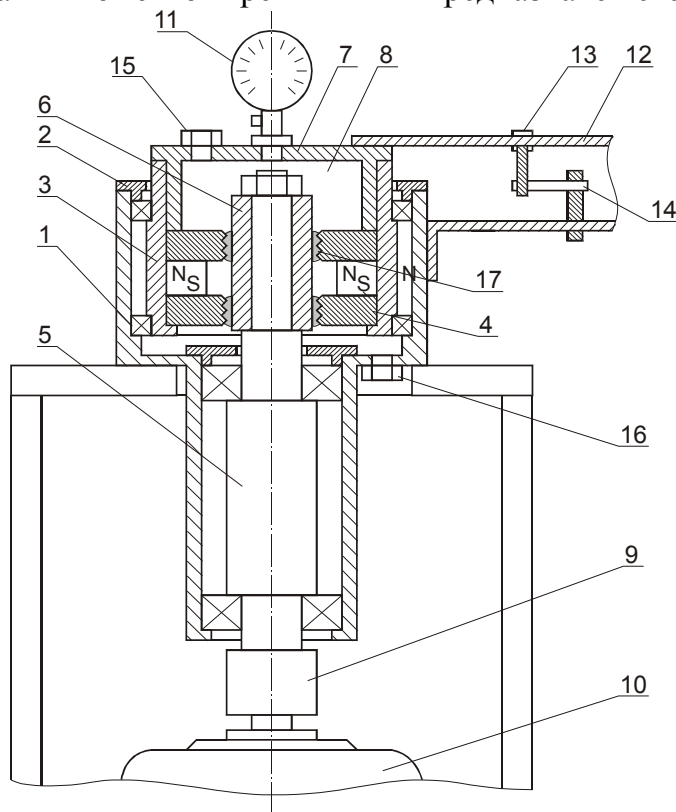


Рис. 2. Стенд для измерения моментов трения МЖГ

Внутри неподвижного корпуса 1, через подшипники 2 установлена цилиндрическая гильза 3. Полюсные приставки 4 МЖГ охватывают вал 5, на котором установлена втулка 6. Изменение наружного диаметра втулки, приводит к изменению величины рабочего зазора, что позволяет проводить измерение момента трения для различных величин рабочих зазоров. Под крышкой 7 образована полость 8, в которой находится

газ или жидкость под давлением. Вал 5 посредством муфты 9 соединён с электроприводом 10. Для контроля перепада давлений в крышке 7 закреплён манометр 11. Кронштейн 12 через поводок 13 связан с тензодатчиком 14. Погрешность измерений момента трения уменьшается за счёт наличия подшипников качения.

Для измерений момента трения МЖГ при герметизации жидких сред предусмотрены заливной 15 и сливной 16 штуцеры жидкой среды. Магнитная жидкость 17 заправляется в рабочий зазор между обращёнными друг к другу полюсными приставками 4 и сменной втулкой 6.

При измерении момента трения сжатый воздух подаётся через штуцер в герметичную полость 8. Вал 5 со сменной втулкой 6, которая контактирует с магнитной жидкостью 17, приводится во вращение электродвигателем. За счёт вязкости МЖ цилиндрическая гильза 3 вращается. Это вращение происходит до момента создания необходимой нагрузки на тензодатчике 14 посредством кронштейна 12. При дальнейшем вращении вала 5 цилиндрическая гильза 3 за счёт действия вибраций находится в режиме возвратно-вращательного движения при скорости близкой к нулю (рис.3).

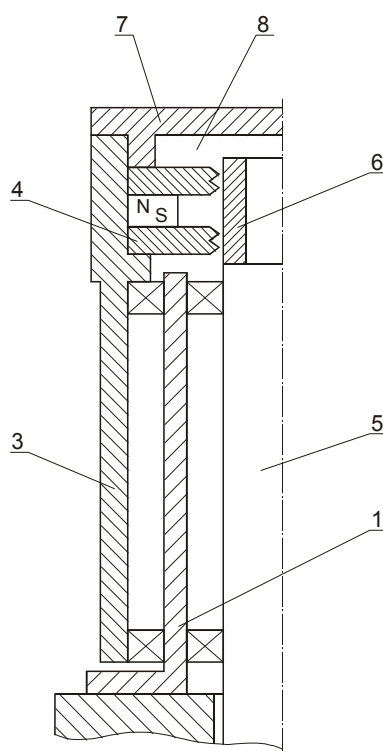


Рис. 3. Конструктивный принцип измерения момента трения

Снижение погрешности измерений момента трения обеспечивается подшипниками качения 2. Это способствует повышению точности измерений собственного момента трения МЖГ.

Представленный стенд целесообразно использовать для измерений установившегося момента трения и момента страгивания. Таким образом, созданы стенды, позволяющие подобрать рациональные параметры уплотнителя для МЖГ любой конструкции.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Орлов Д.В., Магнитные жидкости в машиностроении /Д.В. Орлов, Ю.О. Михалёв, Н.К. Мышкин [и др.]; под общ. ред. Д.В. Орлова, В.В. Подгоркова. – М.: Машиностроение, 1993. – 272 с.
2. Сайкин М.С. Разработка и анализ конструкций герметизаторов на основе магнитных наножидкостей для технологического оборудования. Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2010. Т.12. N 1-2. С.499-503.
3. Казаков Ю.Б., Сайкин М.С., Щелькалов Ю.Я. Учёт перераспределения магнитных частиц в магнитной жидкости, находящейся в неоднородном магнитном поле герметизатора. Электротехника. 2003. N12. С. 20-24.
4. Сайкин М.С. Определение границы областей различной концентрации частиц в неоднородном магнитном поле уплотнителя. В сборнике: Магнитные жидкости в ИГЭУ Труды ИГЭУ. Министерство образования и науки РФ, Академия технологических наук РФ, Верхне – Волжское отделение АТН РФ, Ивановский государственный энергетический университет. Иваново, 2004. С.71-74.
5. L.M. Arefyev, O.V. Demidenko, M.S. Saikin Assessment of magnetic fluid stability in non-homogeneous magnetic field of a single-tooth magnetic fluid sealer. Journal of Magnetism and Magnetic Materials. 2017. Т 431. P.20-23.
6. Михалёв Ю.О., Антипов А.А., Сайкин М.С., Никитин В.И. Стенд для испытаний магнитожидкостных уплотнений. Патент на изобретение. RU1617315. Заявка № 4436787 от 06.06.1988.

УДК 621.1

Д. С. Силантьев, И. И. Ведерникова

Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина

УВЕЛИЧЕНИЕ СРОКА СЛУЖБЫ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС

Ключевые слова: зубчатое колесо, зуб, твердость, закалка, микротвердость.

Аннотация: Объектом исследования являются проблемы повышения срока службы зубьев зубчатых колес, применения различных схем увеличения их микротвердости.

D. S. Silantiev, I. I. Vedernikova

INCREASING THE SERVICE LIFE OF GEARS

Keywords: gear, tooth, hardness, quenching, microhardness.

Abstract: The object of research is the problem of increasing the service life of gear teeth, the use of various schemes to increase their microhardness.

Зубчатые колеса являются сложными деталями, включающими зубья, обод, диск и ступицу. Наиболее рационально при проектировании создание деталей, которые бы были равнозначны в работоспособности, например, равнопрочные.

Недостаточная твердость, также как неоднородность твердости по профилю в области пятна контакта сокращает срок службы зубчатого колеса из-за низкой несущей способности, преждевременного износа, изгибной и контактной усталости зуба, выкрашивания и расщепления. Они могут привести даже к определенной пластической деформации зубьев.

Сквозная закалка зуба шестерни с твердостью более 60HRC также делает зуб слишком хрупким и приводит к его преждевременному разрушению. Глубина закаленного слоя должна быть не слишком большой и не слишком маленькой, для того чтобы обеспечить требуемые свойства зуба.

Существует распространенное заблуждение, что одинаковая толщина закалки по всему профилю является лучшим вариантом для всех случаев закалки зубчатого колеса. Это мнение неверно. Во многих случаях, определенное изменение толщины закаленного слоя по профилю зуба может обеспечить лучшие характеристики зубчатого колеса. Способ нагрузки колеса (случайная, прерывистая или постоянная) влияет на тип колеса, геометрию зуба и профиль закаленного слоя. Нагрузки продолжительностью до 30 минут в день считаются случайными. Нагрузки продолжительностью несколько минут в час считаются прерывистыми. Постоянные нагрузки составляют от 10 до 24 часов.

Закалка рабочей поверхности зуба использовалась со второй половины 40-ых годов для закалки зубчатых колес большого размера (модули восемь и выше). В этом случае закалке подлежит головка и рабочая поверхность зуба до переходной кривой. Это обеспечивает требуемую износостойкость, но типичным при таком варианте закалки является разрушение из-за изгибной усталостной потери прочности в районе основания и переходной кривой зуба. В области перехода от закаленного к незакаленному состоянию остаточные напряжения изменяются от сжимающих в закаленной области к растягивающим в незакаленной. Максимальные растягивающие остаточные напряжения расположены ниже конца закаленной области. Сочетание прикладываемых и остаточных растягивающих напряжений создает благоприятные условия для раннего развития трещин у основания зуба или в районе переходной кривой, особенно для тяжело нагруженных зубчатых колес.

Закалка рабочей поверхности и тела зуба имеет тот же недостаток, что и вышеупомянутый вариант – низкую нагрузочную способность – и может применяться там, где главной целью закалки является повышение износостойкости. Варианты закалки всего зуба и впадины, закалки по контуру с различной глубиной и закалки по контуру с одинаковой глубиной дают лучшие результаты в условиях комбинированных нагрузок (износ, разрывные и изгибающие напряжения).

При закалке головки зуба достигается минимальное искажение формы зубчатого колеса. Кроме этого, применение зубчатых колес, закаленных таким способом чрезвычайно ограничено, поскольку две очень важных области зуба (рабочая поверхность и переходная кривая) не закалены. Действительно, в случае неблагоприятного остаточного внутреннего напряжения изгибная усталостная прочность зубчатого колеса, закаленного этим способом, так же как способами закалки рабочей поверхности зуба и закалки рабочей поверхности и тела зуба, может быть даже на 25 % ниже, чем у вообще не закаленных ("зеленых") зубчатых колес [4]. В большинстве случаев варианты закалки по контуру с различной глубиной и закалки по контуру с одинаковой глубиной являются лучшими.

При закалке впадины (переходной кривой) максимальные изгибающие напряжения локализованы в области переходной кривой зуба; поэтому этот вариант обеспечивает хорошее упрочнение переходной кривой и основания зуба в сочетании с упрочнением поверхности, удовлетворительной глубиной закаленного слоя и сжимающими остаточными напряжениями. Основание зуба существенно усиливается. Таким образом, максимальные остаточные растягивающие напряжения смещаются из области основания зуба и переходной кривой в глубину, где остаточные растягивающие напряжения не будут суммироваться с прикладываемыми во время работы растягивающими напряжениями и вызывать изгибающие усталостные разрушения.

Вариант закалки всего зуба и впадины является одним из самых распространенных, особенно для зубчатых колес небольших размеров и цепных колес. Так как тело зуба прокалено насквозь, закалка может послужить причиной появления растрескиваний. Кроме того, существует опасность излома зубчатого колеса с прокаленными зубьями, особенно при ударных нагрузках. Сердцевина должна быть способна противостоять динамическим нагрузкам и предотвращать пластическую деформацию зубьев. Она должна также обладать некоторой растяжимостью. Именно для этих целей часто применяется низкотемпературное искусственное старение. Прочность сердцевины измеряется ее твердостью. Низкотемпературное искусственное старение понижает конечную твердость до диапазона 52 - 58HRC и придает некоторую пластичность и вязкость зубьям. Этот вариант дает хорошую износостойкость и устойчивость к выкрашиванию.

Варианты закалки по контуру с различной глубиной и закалки по контуру с одинаковой глубиной широко распространены для зубчатых колес средних размеров различного применения. При закалке по контуру с различной глубиной глубина закаленного слоя основания зуба обычно составляет 30 - 40 % от высоты зуба. Немного большая глубина закалки по делительной окружности зуба, по сравнению с глубиной в основании, выгодна для предотвращения растрескивания и выкрашивания. Очень важно закалить зубчатое колесо по периметру, включая рабочую поверхность и основание. Закалка зуба по всей рабочей поверхности приводит к повышению износостойкости зубчатого колеса. Это также приводит к появлению желательных сжимающих напряжений на поверхности зубчатого колеса. Поскольку зубья в этом случае не подвергаются сквозному прокаливанию, относительно пластичная сердцевина зуба (от 30 до 44HRC) и твердая поверхность (от 56 до 62HRC) обеспечивают хорошее сочетание требуемых прочностных свойств зуба, таких как высокая износостойкость, вязкость и изгибная прочность, что способствует увеличению долговечности зубчатого колеса.

Закалка рабочей поверхности зуба и впадины является одним из самых популярных при использовании индукционного нагрева для закалки зубчатых колес больших размеров и ведущих шестерен (то есть, зубчатых колес с наружным диаметром 300 мм и более) с крупными зубьями (модуль больше, чем восемь). Этот вариант обеспечивает хорошую комбинацию износостойкости и усталостной прочности металла, так же как и стойкость к ударным нагрузкам и износу за счет адгезионного взаимодействия (трение). Это очень важно для тяжело нагруженных зубчатых колес и ведущих шестерен, испытывающих значительные ударные нагрузки. Этот вариант рекомендуется для случаев, когда поверхностная твердость не должна быть очень высокой (обычно в диапазоне от 55 до 59HRC). Если поверхностная твердость выходит за

диапазон от 61 до 62HRC, зубчатые колеса могут быть слишком ломкими и могут разрушаться за счет изгиба зуба.

Изучив основы индукционного нагрева, был произведен эксперимент, с целью выбора оптимальной технологии упрочнения и назначения подходящих режимов закалки токами высокой частоты. Закалка проводилась при частоте тока равной 60кГц в индукторе, имеющем круглую форму. Зазор между индуктором и деталью составлял около 5-ти мм, а время выдержки первого эксперимента составляло 4 секунды.

Эксперимент проводился следующим образом: взятое в щипцы зубчатое колесо помещалось на стол, после чего включалось напряжение. Далее производилась выдержка колеса в течение 4-х секунд, после чего осуществлялась закалка в воду. Важной особенностью этого этапа являлся быстрый перенос нагретого колеса в емкость с водой, с дальнейшим интенсивным движением по определенной схеме для снятия паровой рубашки с поверхностного слоя заготовки, которая препятствовала ее полноценному охлаждению.

После проведенного эксперимента был проведен микроанализ структуры, с последующим замером твердостей упрочненного слоя. Глубина закаленного слоя составляет около 1мм. По полученным данным был построен график, представленный на рисунке 1.

Данный упрочненный слой показывает нам, что его глубина не достаточна и поэтому было предложено провести 2-й эксперимент, на котором время выдержки составляло уже 6 секунд.

Эксперимент проводился с теми же параметрами, что и первый. После чего так же был проведен микроанализ полученной структуры. Были проведены замеры микротвердости заготовки, по которым был построен график зависимости твердости от расстояния до края зуба (рис. 2).

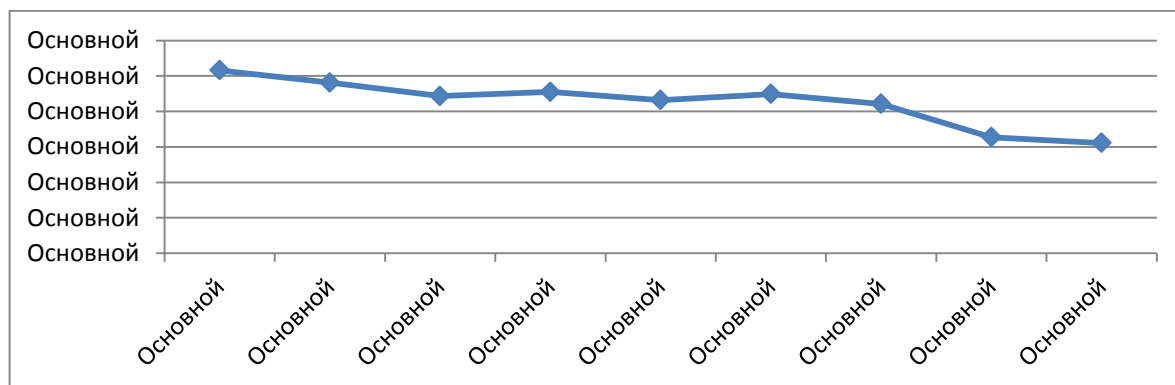


Рис. 1. Зависимость микротвердости от расстояния от края зуба, с выдержкой в 4 секунды

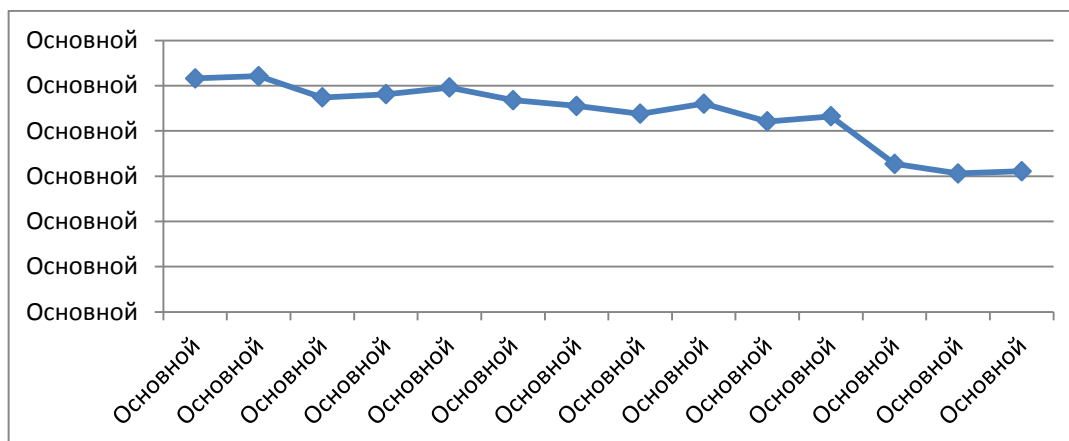


Рис. 2. Зависимость микротвердости от расстояния от края зуба, с выдержкой в 6 секунд

Судя по микроструктуре, глубина закаленного слоя на втором эксперименте составляет порядка 2-х мм. Так как этого закаленного слоя вполне достаточно для детали, использующейся в тяжело нагруженных передачах, то можно сделать вывод о том, что подбираемый нами режим ТВЧ, а в частности время, выбран верно.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Повышение износостойкости рабочих поверхностей деталей машин: монограф. Ведерникова И.И. Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина. Иваново, 2013.
2. Зубчатая термообработка индукцией. Технология Gear./ Руднев В., Ловелесс Д., Маршалл Б., Шепеляковский К., Дайер Н., Блэк М. Март 2000 г.
3. Способы упрочнения зубьев зубчатых колес. Колесникова А.Д., Ведерникова И.И. Надежность и долговечность машин и механизмов Сборник материалов X Всероссийской научно-практической конференции. 2019. С. 306-309.
4. Обработка зубчатых колес: учебн. пособие/ сост. Пегашкин В. Ф.; М-во образования и науки РФ: ФГАОУ ВО «УрФУ им. первого Президента России Б.Н. Ельцина», Нижнетагил. технол. ин-т (фил.). – Нижний Тагил: НТИ (филиал) УрФУ, 2016. – 132 с.

УДК 681.518

И. Л. Скрипник

ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

УЛУЧШЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК УЗЛА ТРЕНИЯ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ МОДИФИЦИРОВАННЫХ СМАЗОК

Ключевые слова: износ, авария, смазка, трение, температура каплепадения, вязкость, УНТ, ПЧМС, пожарная техника.

Аннотация: В статье рассматриваются причины аварий, связанных с износом узлов трения. Проводится анализ свойств депонированных пластичных смазочных материалов уг-

леродными нанотрубками (УНТ) и воздействием переменного частотно-модулированного сигнала (ПЧМС) по температуре каплепадения.

I. L. Skrypnyk

IMPROVEMENT OF CHARACTERISTICS OF A NODE WHEN USING FRICTION MODIFIED LUBRICANTS

Keywords: wear, damage, lubrication, friction, dropping temperature, viscosity, CNT, PCS, fire fighting equipment.

Abstract: The article deals with the causes of accidents related to the wear of friction units. The analysis of the properties of deposited plastic lubricants with carbon nanotubes (CNTS) and the influence of an alternating frequency-modulated signal (PCHMS) on the drop-drop temperature is carried out.

В некоторых технологических процессах: мукомольное, деревообрабатывающее, чесальное, картонно-бумажное, текстильное и других отраслях, причинами возникновения пожара является износ узлов трения, т.е. уменьшение надежных характеристик [1].

Анализ причин, связанных с этими авариями показал, что они могут возникать в следствии [2]: трения, конвейерной ленты подъемников, при заклинивании ролика на ленте; нагрева транспортной ленты от проскальзывания; трения о заторможенный барабан; перегрева подшипников; пробуксовки транспортных лент и приводных ремней из-за слабого натяжения лент ремней; отсутствие смазочной жидкости; перекоса оси барабана; перегрузки транспортера; завала транспортной ленты упавшими с ленты предметами и др.

Поэтому надо свести к минимуму последствия процесса трения. Причиной перегрева элементов узла трения является их перегрузка, механические повреждения, нарушение свойств пластичной смазки или ее отсутствие [3].

При вытекании смазки меняются режимы трения оборудования: сначала они имеют полусухое, а в дальнейшем сухое состояние, что приводит к повышению коэффициента трения. Особенно резкое повышение температуры происходит в случае попадания грязи в подшипники, что может привести к образованию задиров [4].

При нагревании свойства смазки меняются и она разжижается, что приводит к ее вытеканию. Пластичные смазки должны хорошо держаться даже на наклонных поверхностях и не сползать под действием сил тяготения [5]. Во избежание этого, режим работы подшипников задают таким, что бы его рабочая температура была на 20+30°C ниже температуры каплепадения смазки.

Температура каплепадения является одним из важных показателей свойств смазки, характеризующий её работоспособность и возможность функционирования в узлах, подверженных воздействию высоких температур. Исследования показывают, что смазки часто могут быть вполне работоспособны и при более высоких температурах. Однако температура каплепадения является наглядным показателем целостности структуры смазки и верхнего температурного предела эффективного обслуживания узлов агрегата.

Поэтому необходимо провести анализ свойств пластичных смазочных материалов, которые представляют из себя загуститель, масло и добавки, улучшающие экс-

плуатационные свойства масла. Также на их свойства влияет добавление в них наполнителей в виде углеродных нанотрубок (УНТ), которые уменьшают износ и увеличивают их срок службы [6].

УНТ имеют высокие физико-механические свойства, их присутствие в зоне трения сокращает возможность контактирования трущихся поверхностей [7]. Они принимают на себя основную нагрузку. Цилиндрическая же форма УНТ повышает несущую способность клина смазочно-охлаждающих жидкостей в зоне резания. Экспериментальными опытами ученых из Китая было доказано, что для нанотрубок характерна супергладкость, то есть почти полное отсутствие всех вариантов трения.

Были проведены исследования по нагреву смазочного материала (вазелина медицинского, пушечной смазки, солидола синтетического) и контроля температуры падения первой капли при переходе его в жидкое состояние.

Для модификации термопластичных смазочных материалов использовались УНТ. Необходимо, чтобы они равномерно распределились по всему объему, а их размер стремился к 10 нм. Для достижения подобного эффекта, во время депонирования смазочные материалы подвергались термическому и ультразвуковому воздействию в ультразвуковой пушке или ванне в течении двух часов [8]. Это приводит к повышению ее качественных характеристик.

Также смазочные материалы исследовались с использованием электрофизического метода на основе воздействия переменного частотно-модулированного сигнала (ПЧМС) с УНТ и без них, в течении 15 минут [9]. С помощью специальной установки определяли свойства модифицированных смазочных материалов - показания температуры каплепадения для исследуемых веществ.

В результате проведенных исследований можно сделать следующие выводы:

5. Депонирование в смазочный материал УНТ увеличивает температуру каплепадения. Дальнейшее воздействие на него ПЧМС ведет к повышению данной характеристики, означающей большее время сохранения смазочным материалом своих свойств в узле трения.

6. Температура каплепадения непосредственно связана с другой характеристикой смазочных масел – вязкостью, характеризующей силу сопротивления масляной пленки разрыву. Поэтому под конкретный тип пожарного автомобиля подбирается свой смазочный материал [10].

7. Депонирование УНТ в смазочный материал приводит к более интенсивному ее нагреву, вследствие того, что теплопроводность углеродных наноструктур выше, чем у исходного материала. Это свойство позволяет выводить узлы трения на требуемый, нормальный режим работы за меньший промежуток времени.

8. Особенно актуальное значение повышение скорости нагрева модифицированного смазочного материала УНТ имеет в системах жизнеобеспечения, для повышения живучести электрооборудования в условиях аварии и неисправности [11,12].

9. Дальнейшее исследование модифицированных смазочных материалов УНТ и воздействием на них ПЧМС целесообразно проводить по следующим направлениям [13]: разработка базы данных рамановских спектров наиболее используемых узлов, блоков, применяемых в изделиях пожарной техники; разработка экспресс-методики оценки аварийных ситуаций узлов трения (экспертных мероприятий) в результате сравнения рамановских спектров аварийных блоков с базой данных изделий, функционирующих в нормальных условиях эксплуатации; разработка рекомендаций по применению модифицированных смазочных материалов в изделиях пожарной техники и

действиям экспертов по оценке и принятию решений при анализе пожаров узлов, применяющих данные смазки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. И.Л. Скрипник, С.В. Воронин. Способ расчета показателя надежности образца пожарной техники // Надежность и долговечность машин и механизмов: сборник материалов VIII Всероссийской научно-практической конференции, Иваново, 13 апреля 2017 г. - Иваново: Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2017. – С. 215-218.
2. А.В. Иванов, И.Л. Скрипник, С.В. Воронин. Исследование процессов электризации при обращении с модифицированными наножидкостями и лакокрасочными материалами // Научно-аналитический журнал. Проблемы управления рисками в техносфере, № 3 (47)-2018, с. 110-119.
3. Мазуренко К.С., Каверзнева Т.Т., Салкуцан В.И., Скрипник И.Л. Мониторинг производственного шума на рабочем месте токаря токарно-винторезного станка // Неделя науки СПбПУ : материалы научной конференции с международным участием. Высшая школа техносферной безопасности. – СПб. : Изд-во Политехн. ун-та, 2017. – 204 с. (с. 44–47).
4. Савельев Д.В., Скрипник И.Л. Технические решения в двигателе внутреннего сгорания, улучшающие экологическую обстановку// Периодический теоретический и научно-практический журнал. Вестник Международной академии наук экологии и безопасности жизнедеятельности. Том 23, № 4 – 2018. с. 38-43.
5. Иванов А.В., Скрипник И.Л., Дементьев Ф.А., Ловчиков В.А. Исследование модифицированных полимерных композиций для улучшения их свойств // Научный электронный журнал. Вестник Уральского института государственной противопожарной службы МЧС России. 2019. № 1 (22), с.89-97.
6. Иванов А.В., Скрипник И.Л., Сорокин А.Ю., Савенкова А.Е. Научно-методические основы управления электростатическими свойствами жидких углеводородов для обеспечения пожарной безопасности предприятий нефтегазового комплекса // Научный электронный журнал. Вестник Уральского института государственной противопожарной службы МЧС России. 2018/№ 2 (19), с.98-109.
7. Сорокин А.Ю., Иванов А.В., Скрипник И.Л., Симонова М.А. Нейросетевое моделирование условий обеспечения электростатической искробезопасности процессов транспортировки модифицированных углеводородных жидкостей на основе экспериментальных данных // Научный электронный журнал. Вестник Уральского института государственной противопожарной службы МЧС России. 2018/№ 1(18), с.63-76.
8. А.В. Иванов, И.Л. Скрипник, С.В. Воронин. Уменьшение процесса коррозии металла при воздействии переменного частотно-модулированного сигнала // Научно-аналитический журнал. Проблемы управления рисками в техносфере, № 1 (49)-2019, с. 14-24.
9. Д.С. Азимов, И.Л. Скрипник, Б.В. Пекаревский, А.В. Иванов. Физико-химические свойства и коллоидные особенности электрофизически модифицированной воды и акрилового гидрогеля при использовании их огнетушащих и ранозаживляющих возможностей // Известия Санкт-Петербургского технологического института (технического университета). 2018. № 47 (73), С. 57-61.
10. Савельев Д.В., Скрипник И.Л. Вопросы контроля параметров двигателя внутреннего сгорания // Фундаментальные и прикладные разработки в области технических и физико-математических наук // Сборник научных статей по итогам работы пятого международного круглого стола. 29 сентября 2018 г. – Казань: ООО “Конверт”, – 2018. с. 22-24.

11. Скрипник И.Л., Воронин С.В. Технические решения задачи согласования критериев безопасности в электрических сетях // Научно-аналитический журнал. Проблемы управления рисками в техносфере, № 2 (42)-2017, с. 110-117.

12. Скрипник И. Л., Воронин С. В., Каверзнева Т. Т., Сенченко В. А. Анализ рисков поражения людей электрическим током и возникновения пожара в различных схемах электроснабжения здания // Охрана труда и техника безопасности на промышленных предприятиях. 2017. № 4 (166). С. 35-44.

13. Мынзул Р.А., Иванов А.В., Скрипник И.Л. Применение метода КР-спектроскопии при исследовании свойств термопластичных смазок с регулируемым наноструктурами // Научно-аналитический журнал «Природные и техногенные риски (физико-математические и прикладные аспекты)». № 2 (10) 2014. – с. 57-63.

УДК 621.3

Е. В. Соловьева, В. А. Полетаев

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

ОБРАБОТКА МЕТАЛЛОВ МЕТОДОМ ПОВЕРХНОСТНОГО ПЛАСТИЧЕСКОГО ДЕФОРМИРОВАНИЯ

Ключевые слова: шероховатость, смазочно-охлаждающее технологическое средство, состав, компоненты, поверхностный слой.

Аннотация: Одним из наиболее эффективных способов повышения эффективности поверхностного пластического деформирования металлов является применение смазочно-охлаждающих технологических средств, позволяющее повысить стойкость инструментов, точность и качество обрабатываемых поверхностей.

E. V. Solovyova, V. A. Poletaev

METAL PROCESSING BY METHOD SURFACE PLASTIC DEFORMATION

Keywords: roughness, cutting lubricant, composition, components, surface layer.

Abstract: One of the most effective ways to increase the efficiency of surface plastic deformation of metals is the use of cutting lubricants, which allows to increase the durability of tools, the accuracy and quality of the processed surfaces.

В настоящее время в отечественном машиностроении происходит технологическая модернизация, направленная на повышение эффективности производства и конкурентоспособности выпускаемой продукции. Модернизация производства обеспечивается преимущественно за счет приобретения импортного оборудования и инструмента и, в меньшей степени, путем внедрения технологических процессов, созданных в нашей стране. Для энергетического машиностроения, ключевой проблемой внедрения новой технологии становятся требования к ее надежности и стабильности, в безусловном выполнении всех необходимых требований к точности и качеству производства деталей при их непрерывном изготовлении в течение нескольких лет. Надеж-

ность работы машин непосредственно связана с качеством поверхностного слоя деталей, которое характеризуется геометрическими и физико-механическими параметрами. При эксплуатации, детали машин контактируют друг с другом или с окружающей средой. От качества поверхностного слоя деталей зависят их эксплуатационные свойства. В связи с интенсификацией эксплуатационных процессов, увеличением скоростей перемещения рабочих органов, повышением температур и давлений роль качества поверхности значительно возрастает. Связь характеристик качества поверхностного слоя с эксплуатационными свойствами деталей свидетельствуют о том, что оптимальная (с точки зрения повышения эксплуатационных свойств деталей) поверхность должна быть достаточно твердой, должна иметь сжимающие остаточные напряжения, мелкодисперсную структуру, сглаженную форму микронеровностей с большой площадью опорной поверхности. С помощью широко применяемых методов окончательной обработки (шлифование, хонингование, доводка) создается необходимая форма деталей с заданной точностью, но часто не обеспечивается оптимальное качество поверхностного слоя. Оно может достигаться поверхностным пластическим деформированием (ППД), при котором стружка не образуется, а происходит тонкое пластическое деформирование поверхностного слоя. В результате упрочняется поверхностный слой, повышается износостойкость, стойкость к коррозионным воздействиям и т. д. [1-3].

Во многих случаях применением ППД удается повысить запасы прочности деталей работающих при переменных нагрузках, в 1,5 – 3 раза и увеличить срок службы деталей в десятки раз. Обработка алмазным выглаживанием является одним из наиболее простых и эффективных методов обработки деталей машин ППД. Алмазное выглаживание повышает усталостную прочность, контактную выносливость и износостойкость деталей и тем самым увеличивает долговечность машин и оборудования. В результате поверхностного деформирования изменяются микроструктура и физико-механические свойства верхнего слоя металла: повышается его твердость и прочность, возникают благоприятные сжимающие остаточные напряжения. Шероховатость поверхности становится ниже. После сглаживания неровностей алмазным наконечником поверхность может приобретать зеркальный блеск. Отделочно-упрочняющая обработка алмазным выглаживанием в настоящее время получает все более широкое распространение в машиностроении и промышленности [4-6].

Технология упрочнения алмазным выглаживанием включает следующие этапы:

– токарная обработка (точение) при режимах: $n = 800$ об/мин, $S = 0,15$ мм/об;

– алмазное выглаживание выглаживателем [7] при режимах: $n = 200$ об/мин, $S = 0,015$ мм/об, сила выглаживания – 200 Н.

При обработке металлов резанием и отделочно-упрочняющей обработке поверхностей деталей из сталей и цветных металлов резанием и методами поверхностно-пластического деформирования (ППД) применяют смазочно-охлаждающие жидкости (СОЖ): водные эмульсии из эмульсолов или растворы неорганических электролитов и поверхностно-активных веществ. Примерами таких продуктов могут служить эмульсолы Э, ЭГТ, НГЛ-205, Укринол-1, ЭМУС и др., состоящие из нефтяных, смоляных (канифольных), жирных сульфокислот в виде солей с едким натрием (калием), минерального масла и стабилизатора - спирта и воды.

Недостатками таких составов смазочно-охлаждающих жидкостей (СОЖ) являются наличие неудовлетворительных смазочных свойств и трудность вопросов регенерации

и утилизации отработанных растворов,. Кроме того, имеется необходимость осуществления подачи СОЖ поливом в зону контакта инструмента и детали, что значительно повышает расход СОЖ при постоянной ее подаче в зону обработки и снижает эффективность использования самого раствора СОЖ (недостаточные стойкость инструментов и величина шероховатости R_a).

Для устранения этих недостатков разработан составы СОЖ [8-10].

На рис.1. показаны фотографии обработки деталей из сталей 40Х , 12Х18Н10Т и дюралюминия Д16 точением (а) и последовательно точением и алмазным выглаживанием (б) на токарном станке с применением состава СОЖ[10].

На рис. 2 представлены профилограммы изменения шероховатости R_a после обработки деталей из сталей 40Х , 12Х18Н10Т и дюралюминия Д16 точением (а) и последовательно точением и алмазным выглаживанием (б) на токарном станке с применением состава СОЖ[10].

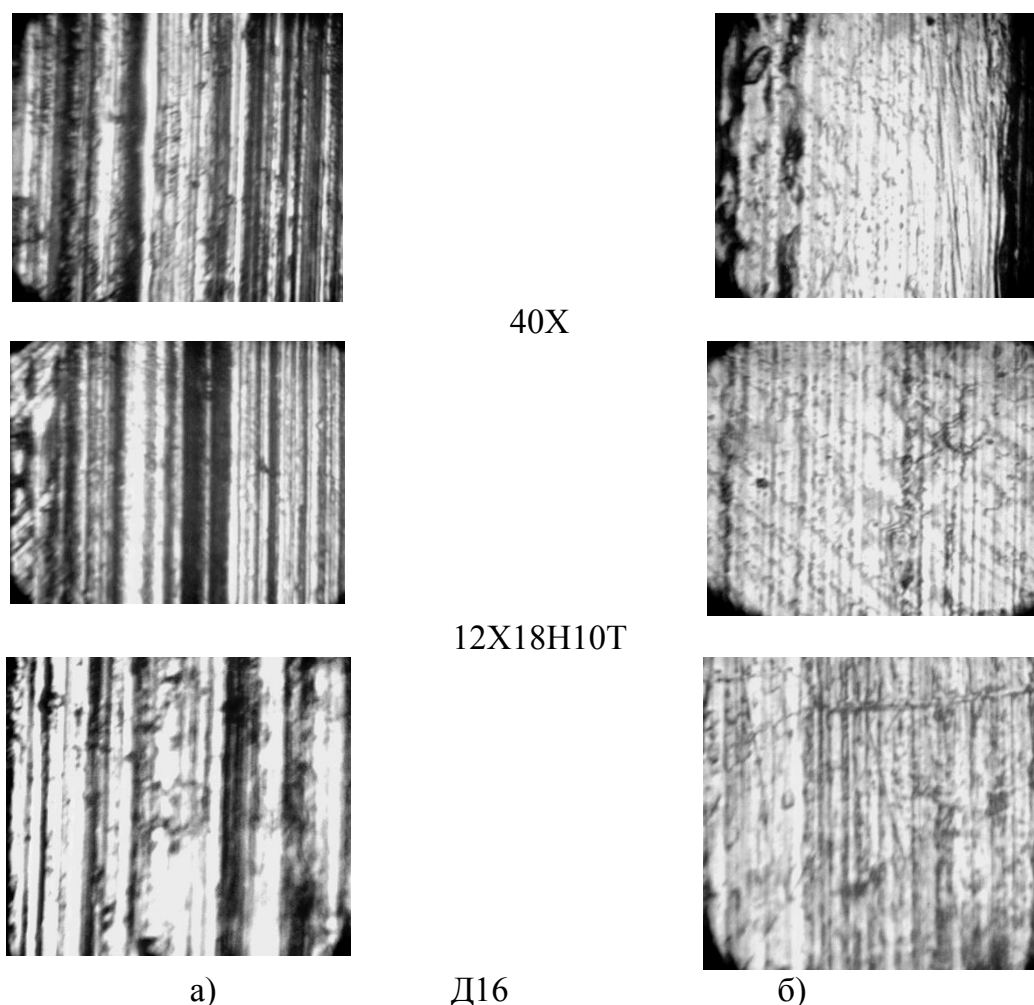


Рис. 1. Фотографии обработки деталей из сталей 40Х , 12Х18Н10Т и дюралюминия Д16 точением (а) и последовательно точением и алмазным выглаживанием (б) на токарном станке с применением состава СОЖ[10] (увелич. x1000)

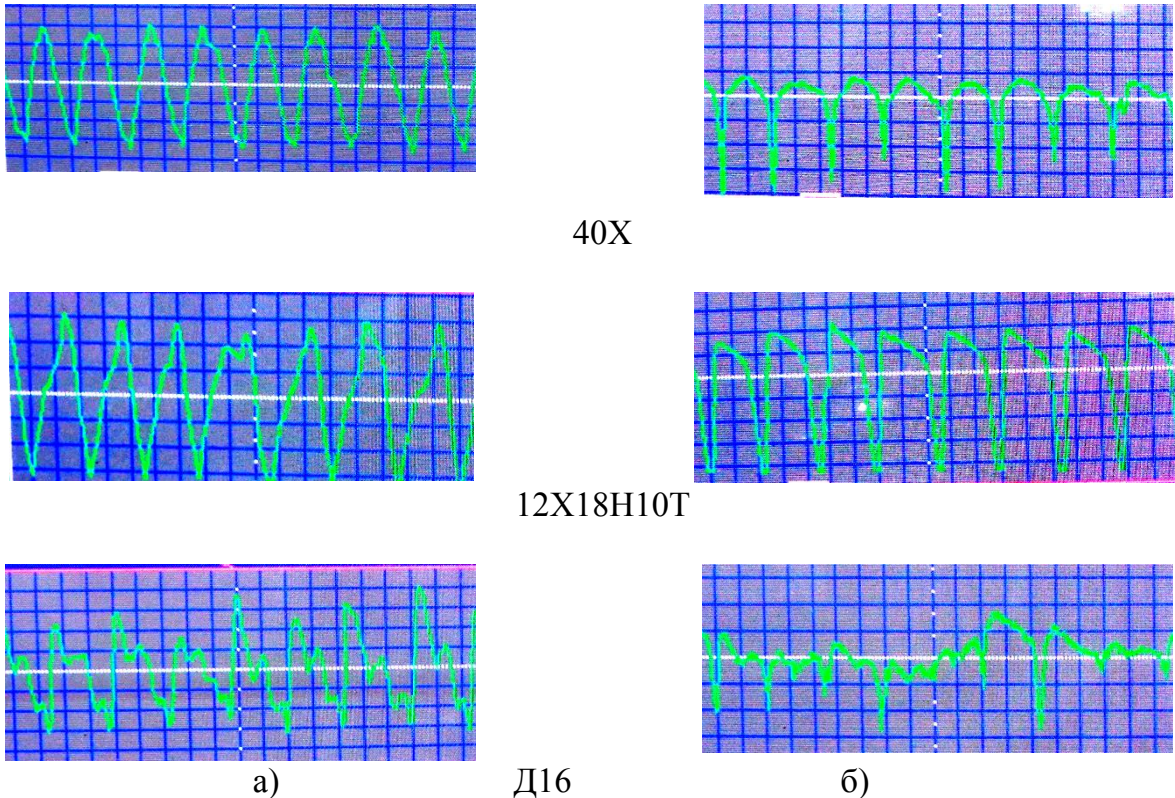


Рис. 2 Изменение шероховатости R_a после обработки деталей из сталей 40X , 12X18H10T и дюралюминия Д16 точением (а) и последовательно точением и алмазным выглаживанием (б) на токарном станке с применением состава СОТС [10]

Величина шероховатости R_a после обработки алмазным выглаживанием поверхностей деталей из сталей 40X , 12X18H10T дюралюминия Д16 с применением предлагаемого состава смазочно-охлаждающего технологического средства (СОТС) уменьшается. Это свидетельство того, что СОТС в виде пасты имеет улучшенные смазочные свойства и за счет этого активнее проникает в зону контакта инструмент – обрабатываемое изделие и удерживается там во время обработки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Полетаев В.А., Пучков П.В., Повышение качества поверхностей трения деталей электронасосов. Заводская лаборатория. Диагностика материалов, –2015. Т81. № 9, С.74 –76.
2. Голяс А.А., Полетаев В.А., Совершенствование процессов механической обработки в энергетическом машиностроении за счет внедрения процесса алмазного выглаживания. Электромеханотроника и управление "Энергия-2016": одиннадцатая международная научно-техническая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых, г. Иваново, 5-7 апреля 2016 года: материалы конференции. Иваново: ИГЭУ. 2016. Т.4. С.122 – 124.
3. Полетаев В.А., Воробьев В.Ф., Орлов А.С., Такендо, Д, Формирование поверхностного слоя при упрочняющей обработке. «Состояние и перспективы электротехнологии (X Бенардосовские чтения) Тезисы докладов Международной научно-технической конференция. 2001, С. 210.
4. Полетаев, В.А., Самок Г.С. Повышение долговечности деталей агрегатов электронасосных центробежных скважинных для воды комбинированным упрочнением. ГОУ ВПО Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина, – 2008.

5. Самок Г.С., Королькова Г.С., Влияние метода упрочняющей обработки на качество поверхностного слоя деталей электронасосов. Вестник ИГЭУ, 2011, №1, С. 57–62.

6. Полетаев В.А., Шпенькова Е.В., Голяс А.А., Исследование механических характеристик поверхностного слоя деталей электронасосов, упрочненных алмазным выглаживанием. Сборка в машиностроении, приборостроении. 2017, № 7, С.311 – 317.

7. Патент на полезную модель RU №171188 Устройство для комбинированной обработки точением и поверхностным пластическим деформированием. Полетаев В.А., Голяс А.А.. Заявка №2016128166 от 11.07. 2016. Оpubл. в Б.И. №15 от 23.05. 2017.

8. Патент на изобретение RU №2674162. Смазочно-охлаждающее технологическое средство для обработки металлов резанием и процессов поверхностного деформирования. Полетаев В.А., Ведерникова И.И., Голяс А.А., Шпенькова Е.В., Степанова Т.Ю. Заявка №2674162 от 16.11. 2017. Оpubл. в Б.И. №34 от 05.12. 2018.

9. Патент на изобретение RU №2660909. Смазочно-охлаждающее технологическое средство (СОТС) для процессов поверхностного деформирования. Полетаев В.А., Ведерникова И.И., Голяс А.А., Шпенькова Е.В., Степанова Т.Ю.. Заявка №2017116926 от 17.05. 2017. Оpubл. в Б.И. №20 от 11.07. 2018.

10. Патент на изобретение RU №2674162. Смазочно-охлаждающее технологическое средство для обработки металлов резанием и процессов поверхностного деформирования. Полетаев В.А., Ведерникова И.И., Голяс А.А., Шпенькова Е.В., Степанова Т.Ю. Заявка №2674162 от 16.11. 2017. Оpubл. в Б.И. №34 от 05.12. 2018.

УДК 621.891.2

Т. Ю. Степанова, Е. Ю. Куваева

ФГБОУ ВО Ивановский государственный химико-технологический университет

ВЛИЯНИЕ ПРИСАДКИ НА ОБЪЕМНЫЕ СВОЙСТВА МАСЛА И-50

Ключевые слова: присадка, структура масла, вязкость, ассоциаты, объемные свойства.

Аннотация: Исследовано влияние присадки на объемные свойства индустриального масла И-50. Установлено, что введенная в масло присадка изменяет вязкость масла в пределах норматива установленного ГОСТ.

T. Yu. Stepanova, E. Yu. Kuvayeva

INFLUENCE OF THE ADDITIVE ON THE VOLUME PROPERTIES OF I-50 OIL

Keywords: additive, oil structure, viscosity, associates, bulk properties.

Abstract: The effect of the additive on the bulk properties of the I-50 industrial oil is investigated. It is established that the additive introduced into the oil changes the viscosity of the oil within the standard established by GOST.

В процессе нагревания жидких нефтепродуктов при определенных температурах наблюдается скачкообразное изменение их физико-химических свойств, то есть имеют место структурные переходы.

При работе смазочных масел в узлах трения происходит их значительный разогрев, поэтому необходимо выяснить, какое влияние структурные переходы могут оказать на свойства масел.

Для проведения исследований было выбрано базовое индустриальное масло И-50 с кинематической вязкостью при 40⁰С 91 сСт. Указанное масло используется, в частности, в качестве смазочного материала для цилиндрических редукторов сушильных агрегатов [1].

Об изменении структуры масла судили по данным определения динамической вязкости η в диапазоне температуры 25-100⁰С. Результаты измерений представлены в виде зависимости $\lg\eta=f(T^{-1})$, по которой находили температуры структурных переходов в масле.

Для всех масел приведенная зависимость имеет криволинейный характер. Отклонение её от линейного закона объясняется влиянием температуры на величину свободной энергии активации вязкого течения в связи с дополнительной затратой энергии, вызванной разрушением структурных связей в жидкости.

Зависимость $\lg\eta=f(T^{-1})$ (рис. 1) для масла в узких диапазонах температур может быть линейной и поэтому всю зависимость в широком диапазоне температур можно представить в виде ломаной линии. В связи с этим предполагается, что каждый линейный участок соответствует определенному структурному состоянию, а температура, при которой наблюдается излом, адекватна температуре структурного перехода.

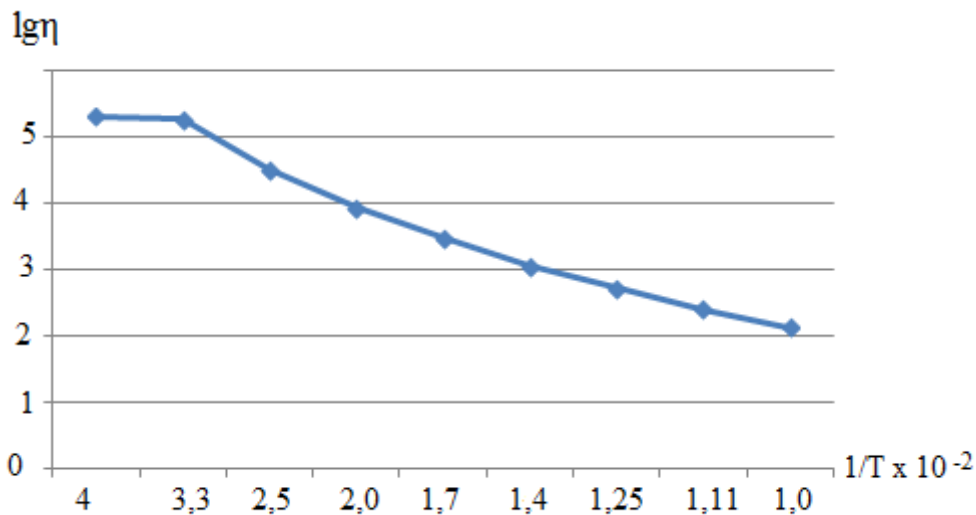


Рис. 1. Зависимость величины $\lg\eta$ от обратной температуры T^{-1} для масла И-50

Необходимо отметить, что при работе в редукторе без внешнего нагрева масла его температура в кратере редуктора поднимается выше комнатной и достигает 40⁰С. Поэтому нанесение первой точки температурных зависимостей при 25⁰С является условным.

При температурах структурных переходов, найденных с помощью вискозиметрического метода, наблюдается особое взаимодействие масла с поверхностью стали, из которой изготовлены колеса редукторной передачи, и сказывается на поверхностных и противоизносных свойствах масла.

Под структурой масла следует понимать наличие ассоциатов и комплексных соединений, входящих в масло. Поскольку масло относится к сильно ассоциирован-

ным жидкостям, то естественно считать, что процессы физической и химической адсорбции на поверхностях металлов, граничащих с маслом, должны зависеть от того, какие компоненты его находятся в ассоциированном и неассоциированном состоянии при данной температуре. На этом этапе исследований можно констатировать, что существует определенная связь между изменением свойств масел в объеме.

Изменение структуры нефтяных масел возможно не только под влиянием температуры, но и в присутствии специальных веществ – присадок, вводимых в масла для придания им заданных функциональных свойств. В данном случае изучалось влияние сложных эфиров на основе полиэтиленгликоля. Выбор этой присадки для исследования обусловлен тем, что она оказывает влияние на изменение объемных свойств масла. В качестве примера на рис. 2 показано изменение при 25⁰С вязкости масла И-50, загущаемого сложными эфирами на основе полиэтиленгликоля, в зависимости от концентрации последнего.

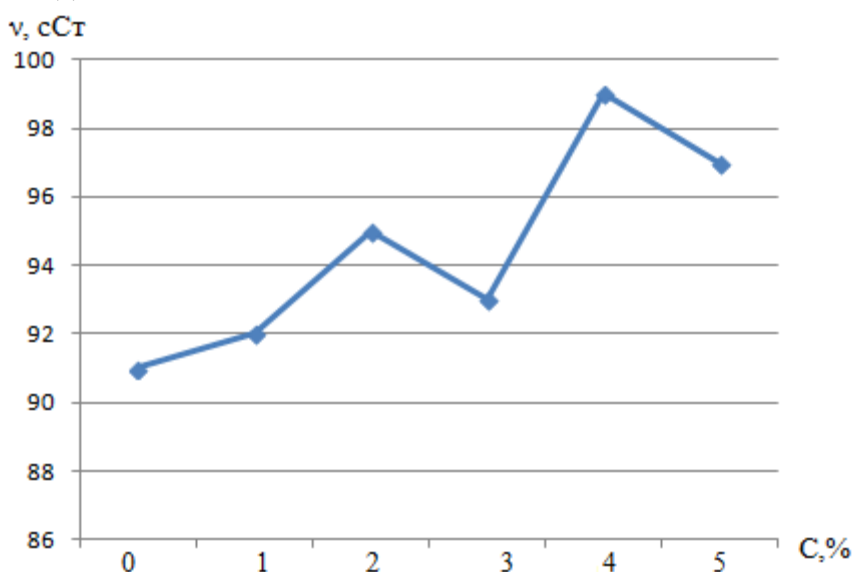


Рис. 2. Влияние концентрации присадки C на кинематическую вязкость ν масла И-50 при 25⁰С

Известно, что загущающая способность полимеров зависит от конформации макромолекул и ассоциации их в растворителе [2]. При этом межмолекулярное взаимодействие полимера и растворителя оказывает определяющее влияние на ассоциацию и конформацию макромолекул. В индивидуальных низкомолекулярных жидкостях изменение вязкости растворов полимеров, в зависимости от их концентрации имеет монотонный характер. Наблюдаемая на рис. 2 периодичность изменения вязкости раствора полимера в масле свидетельствует о сложности механизма загущающего действия полимера в тонкой многокомпонентной системе, какой является нефтяное масло И-50.

Поскольку вязкость жидкостей является функцией межмолекулярного взаимодействия, то результаты исследований, приведенные на рис. 2 еще раз подтверждают существование связи между объемными и поверхностными свойствами смазочных масел.

Таким образом, объемные свойства масла И-50 связаны со структурными переходами и наличием в них молекулярных ассоциатов. Присадка изменяет свойства индустриального масла И-50 в результате влияния на его объемную структуру.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Журавлев, А.А. Исследование зависимости вязкости моторного масла от температуры / А.А. Журавлев, Н.П. Савин, Н.О. Филатова // Научно-методический электронный журнал «Концепт». – 2016. – Т. 12. – С. 82-86.
2. Тагер, А.А. Физикохимия полимеров. – М.: Химия, 1978. – 544 с.

УДК 620.178.1

В. В. Терентьев, Ю. М. Максимовский, Т. А. Жукова, Т. Д. Максимовская, К. А. Лаптев

ФГБОУ ВО Ивановская ГСХА

УПРОЧНЕНИЕ СТАЛЬНОЙ ПОВЕРХНОСТИ МЕТОДОМ ХОЛОДНОЙ ГАЗОДИНАМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ

Ключевые слова: упрочнение, пластическая деформация, шероховатость, твердость, холодная газодинамическая обработка.

Аннотация: Представлены результаты экспериментальных исследований образцов из высокоуглеродистой легированной стали 65Г после упрочнения их методом холодной газодинамической обработки. Отмечено повышение твердости на 18,5%, снижения интенсивности абразивного изнашивания на 20-30%.

V. V. Terentyev, Yu. M. Maksimovsky, T. A. Zhukova, T. D. Maksimovskaya, K. A. Laptev

STRENGTHENING OF STEEL SURFACE BY COLD GAS-DYNAMIC PROCESSING

Keywords: hardening, plastic deformation, roughness, hardness, cold gas dynamic processing.

Abstract: Are presented the results of experimental studies of samples made of high-carbon alloy steel 65G after their hardening by cold gas-dynamic processing. There was an increase in hardness by 18.5%, and a decrease in the intensity of abrasive wear by 20-30%.

Ресурс деталей машин в условиях трения и изнашивания во многом определяется характеристиками поверхностного слоя. Это связано с тем, что именно поверхностный слой наиболее интенсивно подвергается действию внешних факторов и разрушение детали начинается с разрушения поверхностного слоя. Повышение ресурса и долговечности машины является важной проблемой на современном этапе. Данная проблема в настоящее время производителями техники с успехом решается за счет применения износостойких конструкционных материалов. Однако применение износостойких материалов, обладающих высокими прочностными характеристиками, неизбежно приводит к удорожанию конструкции машины.

Поэтому эффективным методом повышения долговечности машин является упрочнение поверхности различными методами. Одним из перспективных методом

повышения твердости поверхностного слоя является электроискровое легирование. Авторами [1, 2] отмечается эффективность применения твердых сплавов для повышения твердости как коррозионно-стойких, так и низкоуглеродистых сталей.

Также одним из перспективных методов получения поверхностного слоя деталей с заданными характеристиками является холодное газодинамическое напыление.

Данный метод заключается в нанесении на поверхность детали различных мягких металлов, частицы которых предварительно разгоняются потоком воздуха до сверхзвуковых скоростей.

Для метода холодного газодинамического напыления характерна высокоскоростная деформация напыляемых частиц при ударе, приводящая к образованию адгезионно-когезионных связей между основой и покрытием [4].

Однако, как показывают исследования, в случае применения для напыления твердых материалов, их высокоскоростная деформация не происходит, вследствие высоких прочностных характеристик самих порошков.

Целью данного исследования являлось определение твердости поверхности легированной стали после их холодной газодинамической обработки.

Для исследований использовались образцы из износостойкой стали 65Г. Обработка производилась при помощи оригинальной установки, представленной в [3].

В качестве материала для обработки использовался порошок Al_2O_3 . Давление воздуха на входе в установку составляло 0,7-0,8МПа.

Твердость поверхности до и после обработки определялась прибором ТПП-2 алмазной пирамидой по ГОСТ 2999-75 «Металлы и сплавы. Метод измерения твердости по Виккерсу».

Результаты определения твердости поверхности представлены на рисунке 1.

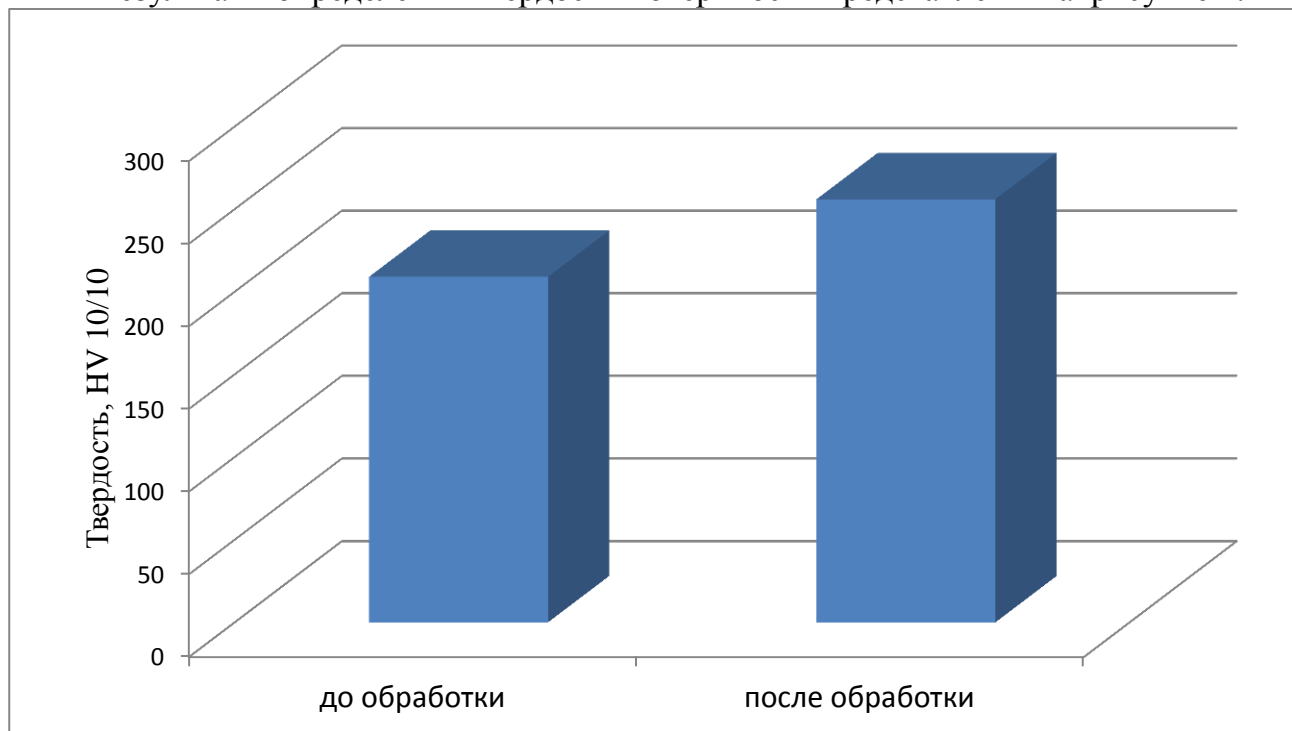


Рис. 1. Результаты определения твердости поверхности образцов до и после обработки

Как показали проведенные исследования, после холодной газодинамической обработки повышается твердость поверхности образцов на 18,5%.

Это связано с тем, что частицы оксида алюминия, являющимися тугоплавкими и обладающими высокими прочностными характеристиками, двигаясь со сверхзвуковой скоростью, получают высокую кинетическую энергию и, ударяясь о поверхность образца, приводят к пластической деформации поверхностного слоя последнего. При этом поверхностная деформация приводит к повышению плотности дислокации в упрочненном слое и измельчению субструктуры.

В результате этого образуется более развитая поверхность с новым микропрофилем, т.е. изменяется шероховатость.

На рисунке 2 представлены фотографии поверхности образцов до и после обработки.

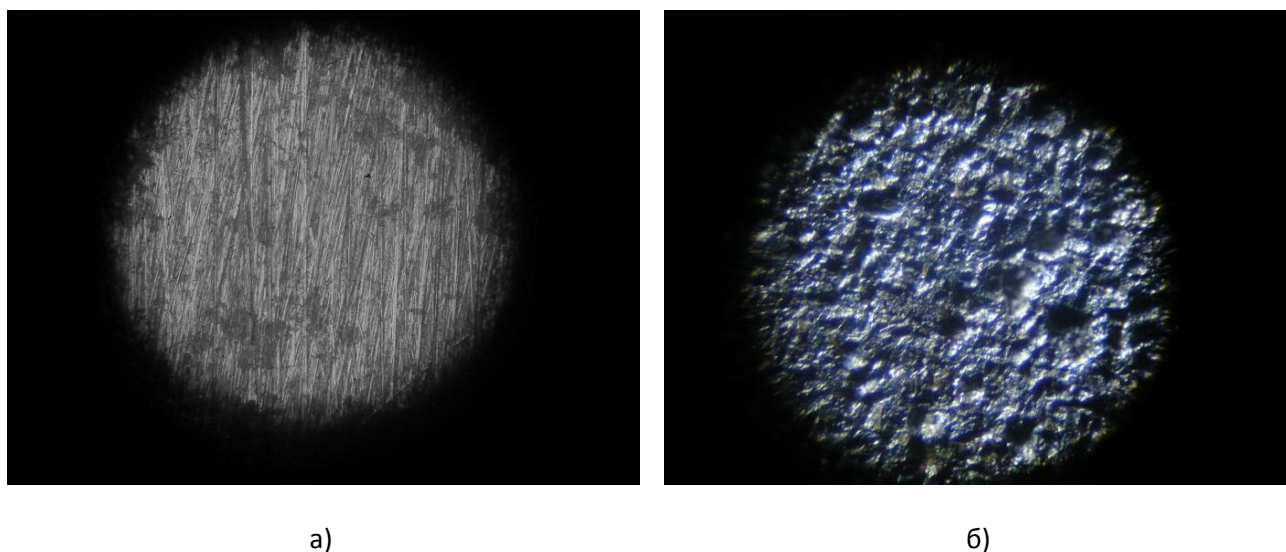


Рис. 2. Фотографии поверхности образцов до и после обработки (увеличение $\times 125$ раз):
а) до обработки, б) после обработки

На рис. 2 явно видны следы воздействия частиц Al_2O_3 на поверхность образца после холодной газодинамической обработки. При этом закрепления частиц на поверхности и образования металлокерамического слоя при исследованном режиме обработки обнаружено не было.

В процессе обработки не обнаружено и перенаклепа поверхности, сопровождающегося разрушением кристаллической решетки поверхностного слоя и приводящего к отслаиванию частиц металла на поверхности образца.

Известно, что износостойкость трущихся деталей во многом определяется прочностью их поверхностного слоя [4].

Повышенная микротвердость оказывает непосредственное влияние на снижение интенсивности изнашивания [5].

При увеличении твердости и прочности сопрягаемых тел уменьшаются глубина относительного внедрения и число контактирующих неровностей [6].

Следовательно, изменение шероховатости поверхности и повышение твердости поверхностного слоя приводят к повышению его износостойкости.

Авторами был проведен ряд исследований по определению износостойкости образцов в условиях абразивного изнашивания о незакрепленный абразив.

Результаты проведенных исследований показали, что интенсивность изнашивания образца после обработки снижается на 20-30% по сравнению с необработанным в зависимости от скорости скольжения.

Таким образом, упрочнение поверхности с помощью холодной газодинамической обработки является эффективным способом упрочнения деталей из высокоуглеродистых легированных сталей, работающих в условиях абразивного изнашивания.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. 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.

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., 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.

4. 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.

5. Терентьев В.В., Зарубин В.П., Замятина Н.И. Исследование трения и износа в маслах с нанопорошками силикатов // Ремонт, восстановление, модернизация, 2010, №5. С.31-36.

6. Терентьев В.В. Механизм трения и изнашивания плазмообработанных триботехнических композиций на основе полимеров // Ремонт, восстановление, модернизация, 2011, №2.С.31-34.

УДК 621.89.09

С. В. Фролов¹, В. В. Абразумов¹, А. В. Толчеев²

¹Академия Государственной противопожарной службы МЧС России

²МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана

ПОВЫШЕНИЕ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ ДЕТАЛЕЙ ПИЛЬНЫХ АППАРАТОВ МОТОРНОГО ИНСТРУМЕНТА

Ключевые слова: цепные моторные пилы, трение, износ, эпиламирование, фторсодержащие ПАВ.

Аннотация: В статье рассмотрены вопросы механизма износа пар трения в приводе главного движения цепных моторных пил. Предложен способ повышения износостойкости деталей пильного аппарата путем нанесения на поверхности трения покрытий на основе

фторсодержащих ПАВ. Рассмотрены возможности применения для узлов трения перспективных модифицированных смазочных композиций на основе рапсового масла. Представлены результаты экспериментальных исследований, подтверждающие эффективность предложенного способа повышения износостойкости пар трения.

V. V. Abrazumov, S. V. Frolov, A. V. Tolcheev

IMPROVEMENT OF WEAR RESISTANCE OF PARTS OF SAWING MACHINES

Keywords: chain saws, friction, wear, lubrication, fluorine-containing surfactants.

Abstract: The article considers the problem of wear of friction pairs in the mechanisms of the main movement of chain chainsaws. A method is proposed for its reduction due to the application of a coating based on fluorine-containing surfactants on the friction surface and the use of promising lubricating compositions that reduce, in addition, the environmental load on the environment. The results of experiments showing the effectiveness of this method.

Введение

Пожарные отряды, выполняющие тушение лесных пожаров, широко используют бензомоторные пилы, с помощью которых производится валка деревьев при устройстве минерализованных противопожарных полос и расчистка подъездных путей к очагам возгорания для перемещения пожарной техники. Львиная доля моторного инструмента, а также валочная техника, оснащенные цепными срезающими устройствами, эксплуатируются в лесозаготовительной отрасли.

Для снижения энергетических затрат на трение и уменьшения износа деталей пильного аппарата применяется жидкая смазка на основе нефтяного сырья, основная часть которой выбрасывается в окружающую среду и создает на нее экологическую нагрузку, потому что период биологического разложения масла достигает нескольких месяцев и в отдельных случаях лет. По скромным расчетам только в лесозаготовительной отрасли расходуется более 30 тыс. тонн масла ежегодно. Альтернативой «грязному маслу» могут быть биологически быстро разлагаемые масла на основе растительного сырья и, в частности, рапсового масла, период биологического разложения которого составляет 21 сутки. Немаловажным фактором в пользу применения таких масляных композиций является неограниченный рынок растительного сырья и его возобновляемость.

Постановка задачи

Энергоэффективность пиления древесины и надежность техники зависят прежде всего от эксплуатационных характеристик пильного аппарата. Основными особенностями работы этого механизма является динамический характер нагружения его деталей и, самое главное, невозможность обеспечения полноценной смазки трущихся поверхностей.

Многозвенная пильная цепь, состоящая из шарнирно соединенных режущих элементов, перемещается по направляющему пазу пильного полотна (шины) со скоростью до 28 м/с. При этом смазка, принудительно подаваемая масляным насосом в паз шины, при огибании цепью направляющей звездочки под действием центробежных сил выбрасывается в окружающую среду. Поверхности трения работают в условиях «масляного голодания», то есть в условиях граничного, а зачастую и сухого тре-

ния, что приводит к нагреву, интенсивному износу деталей и повышению энергопотребления пиления.

Другой, технически трудноразрешимой задачей, является подача смазки в шарнирные соединения пильной цепи типа «ось-втулка», в результате чего происходит износ деталей шарнирного соединения, цепь удлиняется, нарушаются геометрические параметры зацепления с ведущей звездочкой, что приводит к износу звездочки, неравномерности скорости движения цепи, ударам и вибрации.

Цель работы - поиск путей увеличения ресурса деталей пильного аппарата моторных пил при использовании смазочных композиций на основе рапсового масла.

Основная часть

В условиях появления новых направлений в области наноматериалов и инновационных технологий получают развитие и направления, уже доказавшие свою перспективность. Одним из возможных вариантов снижения трения и повышения износостойкости деталей является создание сверхтонких покрытий на поверхностях деталей на основе фторсодержащих поверхностно-активных веществ (ПАВ), которые уже давно используются в технике и получили название «эпиламы».

К настоящему времени разработаны более эффективные эпиламирующие составы, особенностью которых является образование сильной хемосорбционной связи с металлическими поверхностями, в результате которой на них формируется ориентированный монослой молекул, существенно изменяющий трибологические характеристики пары трения. Образовавшаяся пленка толщиной 4...10 нм существенно снижает коэффициент трения, обладает высокими антиадгезионными и антикоррозионными свойствами и повышает износостойкость контактирующих поверхностей [1,2,6]. Кроме того она обладает способностью воспринимать большие удельные нагрузки (до 300 кгс/мм²) и отличается высокой термической стойкостью (до 350 °С) [5].

Положительная роль эпилама заключается еще и в том, что он обладает способностью удерживать на поверхности смазку, тем самым исключает режим «сухого» трения.

Немаловажным достоинством выпускаемых отечественной промышленностью эпиламирующих составов является простота технологии нанесения и достаточно низкая стоимость.

Метод эпиламирования предполагает первичную обработку поверхностей деталей с использованием эпиламов, нерастворимых в маслах. Первичная обработка представляется наиболее эффективной для узлов трения «ось-втулка» пильной цепи благодаря высокой проникающей способности эпиламирующих составов в зазоры между контактирующими поверхностями, их высокой смачиваемостью, способностью эпиламов сцепляться с поверхностью и удерживать смазку.

В последние годы появились сообщения о разработке маслорастворимых эпиламирующих составов [5], которые отличаются от традиционных тем, что молекулы их представляют собой перфторированные полиэферы. Это позволяет пленкам восстанавливаться, то есть масло выполняет функцию доставки ПАВ к трущимся поверхностям. Эти эпиламы рекламируются как добавки к автомобильным маслам, задача которых образовывать в зоне трения прочные граничные пленки для снижения трения и износа. По данным исследователей оптимальная концентрация эпиламирующего состава в масле зависит от температуры и составляет от 1 до 4 % [5]. Авторами

сделан важный вывод о том, что снижение интенсивности изнашивания при граничной смазке происходит благодаря высокой прочности образующихся слоев.

Экспериментальная часть

Задачей лабораторных экспериментальных исследований является оценка влияния эпиламирующих составов на трибологические свойства поверхностей трения. Для этого использовались закаленные шарики из стали марки ШХ15 диаметром 12,6 мм с твердостью HRC62. Испытания проводились на модернизированной четырехшариковой машине трения (рисунок 1), имеющей гидравлический механизм нагружения и позволяющей измерять момент трения сопротивления нагруженному силой F шарiku с частотой вращения n .

Износ образцов оценивался измерением диаметра пятна контакта на трех шариках с помощью отсчетной оптической лупы. Исследования по оценке маслоудерживающих свойств поверхностей до и после эпиламирования проводились визуально по удерживанию капли масла, нанесенной на поверхность образца, при повороте шарика на угол 30° и выдерживании на воздухе в течение 30 минут.

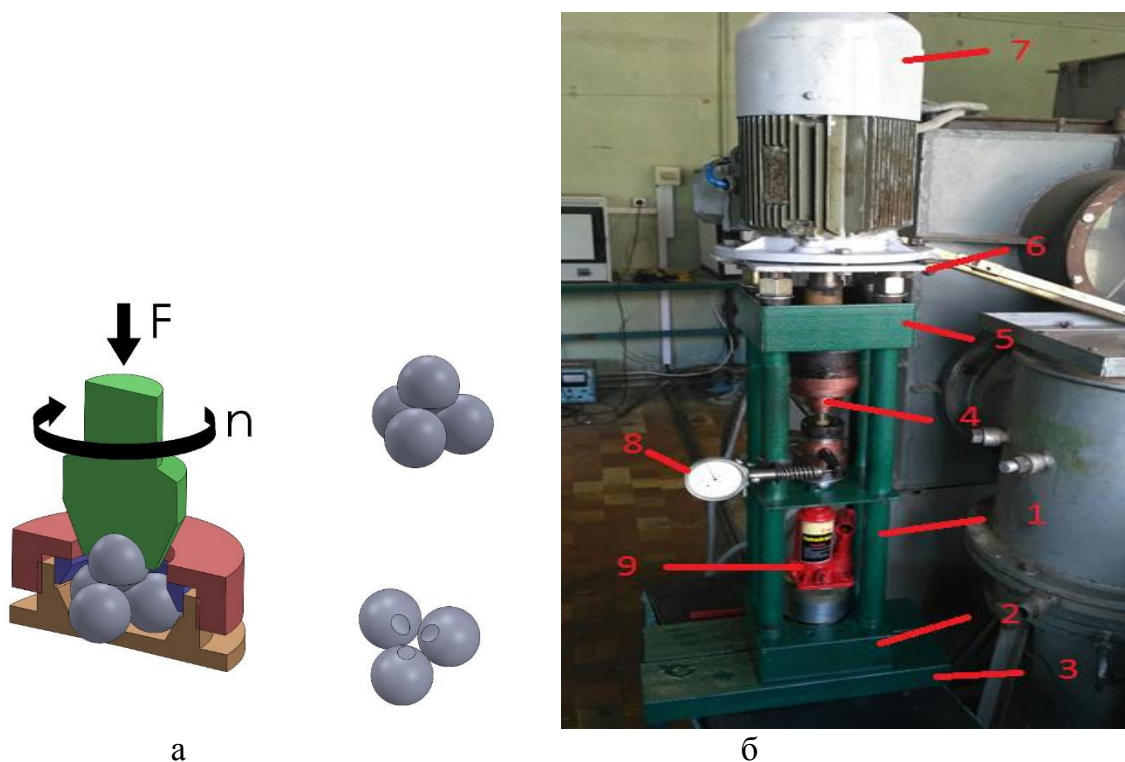


Рис. 1. Схема испытаний образцов (а) и общий вид четырехшариковой машины трения (б): 1- стойка; 2 - основание; 3 - стол; 4 - шарик; 5 - плита; 6 - кронштейн; 7-электродвигатель ;8 - индикатор; 9 - гидравлический домкрат

Для эпиламирования использовались составы 6 СФК – 180 – 05 (ТУ 6-02-1229-82) и маслорастворимый эпилам марки Полизам-20МСК (ТУ 2512-002-50903380-2001).

Первичное эпиламирование проводилось по следующей технологии [3]:

- очистка образцов в моющей среде, состоящей из компонентов: тринатрий-фосфат - 150 г, каустическая сода -15 г, дистиллированная вода -1 л;
- промывка образцов в дистиллированной воде (10-15 минут);
- обезжиривание в спирте;

- окунание в эпиламирующий состав (10 минут);
- сушка на воздухе (30 мин);
- термофиксация (выдержка при температуре 120 °С в течении 1,0 часа в сушильном шкафу).

Результаты исследований.

Наиболее интенсивный износ образцов происходит на начальном этапе испытаний, потому что давление в зоне контакта максимально, а по мере увеличения площади контакта шариков интенсивность изнашивания снижается.

Влияние концентрации эпиламирующего состава в рапсовом масле на интенсивность изнашивания представлена на рисунке 2.

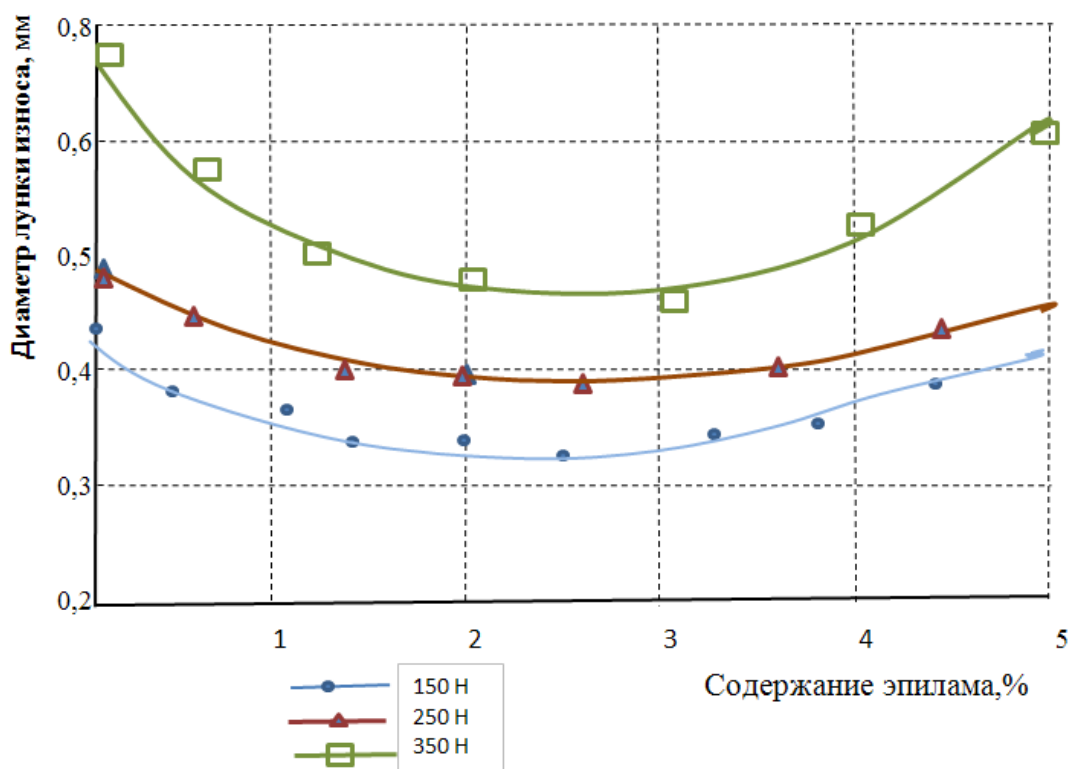


Рис. 2. Влияние концентрации эпилама на износостойкость образцов

Заключение

Эпиламирование повышает износостойкость деталей пар трения. Поэтому применение данной технологии является перспективным для деталей пыльного аппарата и требует дальнейших натурных исследований.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гарбар И. И., Кисель А. С., Рябинин Н. А., Сапгир Е. В. Природа и механизм действия эпиламов при трении. Ч. 1. Влияние эпиламирования на структуру и поверхностную энергию металла // Трение и износ. - 1990 (11), № 5, С.782-800
2. Гарбар И. И., Кисель А. С., Рябинин Н. А., Сапгир Е. В. Природа и механизм действия эпиламов при трении. Ч. 2. Триботехнические характеристики эпиламированных материалов // Трение и износ. - 1990 (11), № 6, С. 987-995
3. Вохидов А. С., Добровольский Л.О. Настоящее и будущее эпиламирования /Новый оборонный заказ. Стратегии. №4 (10), Санкт-Петербург, 2010

4. Вохидов А.С., Добровольский Л.О. Эпиламирование: эффективный метод создания нанополенок. // Наноиндустрия, №4, 2012, С. 32-35

5. Жаринов С. П. Фторсодержащие ПАВ как противоизносные покрытия и компоненты смазочных материалов // Трение и износ. — 1999 (20), № 1, С.95-102

6. Исакович В.С., Струк В.А. и др. Влияние гидрофобных хемосорбируемых слоев на триботехнические характеристики пары металл-металл и полимер-металл. // Трение и износ. 1992. - Т. 13. - №2. - С. 306-310

УДК 614.842.6

Р. И. Харламов, В. А. Годлевский, Р. М. Шипилов

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

К ВОПРОСУ ВЫБОРА ТРАНСМИССИОННОГО МАСЛА ДЛЯ УЗЛОВ ПОЖАРНОЙ ТЕХНИКИ

Ключевые слова: трансмиссия пожарных автомобилей, трансмиссионное масло, смазка, присадка.

Аннотация: В работе представлен анализ современных трансмиссионных масел, используемых в узлах пожарной техники. Обозначены достоинства и недостатки.

R. I. Kharlamov, V. A. Godlevsky, R. M. Shipilov

THE WITHDRAWAL OF WATER FROM FIRE HYDRANTS IN LOW TEMPERATURES

Keywords: transmission of fire-fighting vehicles, gear oil, lubricant, additive.

Abstract: The paper presents an analysis of modern transmission oils used in fire engineering units. Advantages and disadvantages are indicated.

Трансмиссионные масла используются для смазывания агрегатов трансмиссий, т. е. механических и гидромеханических передач машин различного назначения. Механические передачи, смазываемые трансмиссионными маслами – это коробки передач, раздаточные коробки, ведущие мосты автомобилей, и т. д. – т. е. зубчатые (цилиндрические прямозубые и косозубые шестерни, конические зубчатые передачи), гипоидные, спирально-конические зубчатые передачи. В гидромеханических трансмиссиях трансмиссионные масла являются рабочим телом, передающим крутящий момент с двигателя на исполнительный агрегат.

Условия работы агрегатов трансмиссий пожарного автомобиля достаточно напряженные. Удельные нагрузки в зацеплении обычно составляют 0,5...1,5 ГПа, но подчас повышаются до 2 ГПа. Для гипоидных передач эта величина выше, как минимум вдвое. Скорости скольжения в зубчатых передачах составляют от 1,5...3 до 9...12 м/с, а для гипоидных передач скорость скольжения достигает 15 м/с и более; для червячных редукторов – 20...25 м/с. Температуры в контакте зубьев шестерен при таких условиях достигают 150-200°С. В то же время начальная объемная температура трансмиссий, работающих на открытом воздухе, может быть очень низкой (от –10

до -60°C). В гидромеханических трансмиссиях при меньших (в 1,5...3 раза) нагрузках и практически тех же скоростях (1,5...5 м/с) вследствие высоких скоростей потоков масла от быстро вращающихся рабочих колес (скорости масла доходят до 80...100 м/с) генерируются большие температуры, а контакт потоков масла с воздухом стимулирует усиленное пенообразование.

Основные виды повреждений рабочих поверхностей агрегатов трансмиссий – заедание, износ, питтинг. Такие условия работы трансмиссий определяют требования к трансмиссионным маслам. Они должны, прежде всего, обладать достаточными противоизносными и противозадирными свойствами, иметь высокий индекс вязкости и необходимый уровень вязкости при рабочей температуре масла (для обеспечения жидкостного режима смазки), достаточно низкой температурой застывания, не оказывать коррозионного воздействия на детали узла трения, иметь хорошие защитные свойства и высокую термоокислительную способность. Масла для гидромеханических трансмиссий должны быть маловязкими, чтобы уменьшить потери на внутреннее трение при высоких скоростях потоков масла. Далее приведем ряд сравнительных характеристик имеющихся на рынке трансмиссионных смазочных материалов.

Характеристика масла ТАП-15В.

Масло ТАП-15В применяется для смазывания трансмиссий грузовых автомобилей и тяжело нагруженных цилиндрических, конических и спирально-конических передач, в которых контактные напряжения достигают 2000 МПа, а температура масла в объеме 130°C . Масло ТАП-15В - это масло из смеси высоковязкого ароматизированного продукта и дистиллятного масла. Содержит присадки, которые улучшают противозадирные и низкотемпературные свойства. Срок замены масла ТАП-15В, зависит от конструкции трансмиссии, условий эксплуатации автомобиля, и составляет 24-72 тыс. км.

Характеристика масла CASTROL SYNTRANS TRANSAXLE 75W-90.

Полностью синтетическое трансмиссионное масло 75W-90 обеспечивает лучшую защиту от износа и задиров при работе с экстремальными нагрузками, а также надежную работу синхронизаторов. Благодаря противоизносным свойствам в сочетании со стойкостью к экстремальным нагрузкам, а также дополнительной защите синхронизаторов, является оптимальным выбором для коробок передач в блоке с главными передачами. Производитель данного масла заявляет о следующих его преимуществах.

- Лучшие защитные характеристики продлевают срок службы коробки передач и улучшают ее характеристики.
- Надежное переключение передач, особенно в условиях низких температур.
- Исключительная текучесть при низкой температуре способствует защите деталей при начале движения и облегчает переключение передач.
- Снижение рабочей температуры продлевает срок службы масла и деталей, а так же повышает топливную экономичность и снижает количество вредных выбросов в атмосферу.
- Хорошая термостойкость гарантирует чистоту деталей коробки передач, продлевая срок службы трансмиссии и самого масла.

Характеристика масла ZIC G-5.

ZIC G-5 – высококачественное полусинтетическое масло для автомобильных трансмиссий, разработано для редукторов, гипоидных, спиральных, конических и червячных передач легковых автомобилей и коммерческого транспорта (автобусы, грузовики), работающих в режимах высоких нагрузок.

В ZIC G-5 используются инновационные присадки, обеспечивающие отличную стойкость масла к окислению, его высокую термическую стабильность и способность противостоять экстремальному давлению. Разработано для применения в любых климатических условиях. Рекомендовано для несинхронизированных механических коробок передач, задних мостов и дифференциалов гипоидного типа, грузовиков, автобусов и другой автомобильной техники.

Основные характеристики:

- содержит присадки экстремального давления, обеспечивающие эффективную защиту трансмиссии, минимизирует износ ее деталей в самых тяжелых условиях эксплуатации;
- обладает отличной стойкостью к окислению и высокой термической стабильностью, обеспечивает надежную работу трансмиссии даже в условиях максимально высоких температур и нагрузок, минимизирует образование отложений в местах вокруг уплотнительных соединений и продлевает срок службы трансмиссии;
- отлично сочетается с любыми эластомерными соединениями, применяемыми в механических трансмиссиях и других трансмиссионных узлах автомобиля.

Характеристика трансмиссионного масла TNK Trans Gipoid Super 75W-90.

TNK Trans Gipoid Super 75W-90 - это всесезонное полусинтетическое трансмиссионное масло высшего класса для смазывания трансмиссий легковых и грузовых автомобилей, в том числе и гипоидных передач, а также раздаточных коробок и редукторов. Масло изготавливается из высококачественных гидроочищенных минеральных и синтетических базовых масел с добавлением патентованных импортных компонентов и технологий. Не рекомендуется к применению в ручных коробках передач с синхронизаторами, изготовленными из цветных металлов.

Масло TNK Trans Gipoid Super 75W-90 имеет следующие преимущества:

- пакет импортных противозадирных присадок обеспечивает высокий уровень защиты при различных нагрузках, в том числе высокой скорости, высоком моменте, а также при ударных нагрузках
- высокий уровень защиты от износа в широком диапазоне температур - от минус 35 °С до плюс 40 °С
- снижение износа зубчатых передач и подшипников уменьшает расходы на ремонт
- разработано в полном соответствии с требованиями, предъявляемыми отечественными и зарубежными производителями гипоидных передач, как для грузовых, так и для легковых автомобилей.

Таким образом, описанные выше трансмиссионные смазочные материалы нового поколения могут быть применены в агрегатах пожарной техники, обеспечивая повышение долговечности и надежности ее элементов. Решение о замене смазочных материалов на новые должно применяться по согласованию с производителем при наличии соответствующего технико-экономического обоснования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Годлевский В.А., Усольцева Н.В. Поверхностные явления и мезоморфизм: учеб. пособие / - Иваново: ИвГУ, 2011. – 184 с.
2. Виленкин А.В. Масла для шестереночных передач. . Детали машин. Проектирование: Учеб. пособие / Л.В. Курмаз, А.Т. Скойбеда. - Мн.: УП «Технопринт», 2001. - 290 с.
3. Кламанн Д. . Основы трибологии (трение, износ, смазка)/Э.Д. Браун, Н.А. Буше, И.А. Буяновский и др./Под ред. А.В.Чичинадзе: Учебник для технических вузов. - М.: Центр «Наука и техника», 1995. - 778 с.
4. . Справочник по триботехнике /Под ред. М. Хебда, А.В. Чичинадзе. - М.: Машиностроение, в 3-х томах. - 1990.

УДК 62-23

А. В. Широухов

ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

ЗАВИСИМОСТЬ МЕХАНИЧЕСКОГО ИЗНОСА ДЕТАЛЕЙ МЕХАНИЗМОВ ОТ КАЧЕСТВА ИХ ПОВЕРХНОСТИ

Ключевые слова: шероховатость поверхности, износ, максимальное удельное давление, пластические и упругие деформации, приработка поверхности, усталостная прочность деталей, макро и микрогеометрия поверхности, наклеп, коэффициент концентрации напряжений.

Аннотация: В статье рассматривается влияние формы и шероховатостей поверхностного слоя деталей на процесс износа, коррозионную стойкость и механические характеристики поверхностного слоя материала. Рассматриваются пути повышения эксплуатационных характеристик деталей путем подбора оптимальных способов обработки поверхностей.

A. V. Shirokov

DEPENDENCE OF MECHANICAL WEAR OF PARTS DEPENDS ON THE QUALITY OF THEIR SURFACE

Keywords: surface roughness, wear, maximum specific pressure, plastic and elastic deformations, surface burn-in, fatigue strength of parts, macro and microgeometry of the surface, slope, stress concentration coefficient.

Abstract: The article considers the influence of the shape and roughness of the surface layer of parts on the process of wear, corrosion resistance and mechanical characteristics of the surface layer of the material. Ways to improve the performance of parts by selecting the optimal methods of surface treatment are considered.

Повышение эксплуатационных характеристик приводов механизмов является насущной задачей для современного машиностроения. Ограниченность в способах и методах достижения результатов делает данные задачи наиболее актуальными в

настоящее время, особенно на фоне развивающегося энергетического и ресурсного кризиса в промышленности.

Основным из эксплуатационных характеристик приводов машин и механизмов является их надежность, которая в свою очередь определяется надежностью деталей входящих в привод. Факторов, оказывающих влияние на параметр данного критерия достаточно много, но при одних и тех же конструктивных особенностях деталей критерий их надежности может быть улучшен благодаря применению оптимальной формы отдельных элементов конструкции. Данный подход к решению задачи увеличения надежности деталей достаточно хорошо изучен и освещен в конструировании [1]. Сравнительно новым направлением повышения надежности деталей является применение способов обработки поверхности с целью повышения их качества. К подобным способам относят термические, химические или механические способы обработки поверхностей.

Качество поверхности оказывает существенное влияние на эксплуатационные свойства деталей: износоустойчивость, усталостную прочность, стабильность посадок деталей (зазоры, натяги), коррозионную стойкость. Среди всех параметров, характеризующих понятие качества поверхности, наибольший интерес, с точки зрения повышения надежности детали, представляют параметры макро и микрогеометрии поверхностного слоя детали. Параметры микрогеометрии обуславливают шероховатость поверхности, а макрогеометрии являются следствием технологических отклонений при изготовлении.

Наибольший интерес, для оценки степени влияния шероховатости на износ, представляют неблагоприятные условия работы трибологических пар в приводе, такие как отсутствие смазки и максимальное удельное давления, т.е. условия работы подшипников скольжения в режиме пуска и остановки. Проведенные исследования показали [2], что в подобных режимах работы увеличение шероховатости не оказывает существенного влияния на износ, более того появилась тенденция к повышенному износу поверхностей с меньшей шероховатостью. В тоже время, по мере снижения удельных давлений, шероховатость начинает оказывать большее влияние на износ и с достижением определенных значений становится критичным фактором, определяющим степень износа. В данном случае твердость материала в расчет не бралась, а оценивались лишь геометрические характеристики поверхности.

Данный эффект вполне закономерен, так как рассматривая процесс износа во времени мы видим, что в начальный период работы в местах контакта возникают напряжения, часто превышающие напряжения предела текучести. Следствием подобных напряжений являются пластические и упругие деформации вершин поверхностного слоя материала, которые в свою очередь, и приводят к интенсивному износу в первоначальный период работы - период приработки. В некоторых случаях интенсивный первоначальный износ сопровождается схватыванием сопряженных трущихся поверхностей. Таким образом, в процессе приработки микрогеометрия поверхности, полученная в результате механической обработки, изменяется в результате механического разрушения поверхностного слоя детали. Образуется новая рабочая поверхность, геометрия которой не совпадает с изначальной технологической. По мере истирания вершин площадь контакта поверхностей увеличивается и достигает постоянной величины. После этого износ приобретает стабильное значение, а направление шероховатости приближается к направлению скольжения. Окончание приработки характеризуется наступлением постоянства скорости износа, а установившаяся при

этом шероховатость является оптимальной в течение дальнейшего изнашивания [3]. При последующих изменениях условий работы деталей привода (увеличении давления, скорости и др.) будет происходить дальнейшая приработка, обусловленная новыми параметрами работы элементов привода (удельное давление, скорость, качество и наличие смазывающей среды и т.п.). Облегчение условий работы, как правило, не сопровождается дополнительной приработкой.

В большинстве случаев направление неровностей шероховатости обуславливается траекторией движения режущего инструмента при механической обработке поверхности. Анализ подобных зависимостей показал [2], что характер отклонения формы реальной поверхности носит волнообразную форму. Увеличение шероховатости в общем случае, приводит к увеличению износа детали, при этом зависимость носит линейный характер, но шаг волны неровности не оказывает влияния на степень износа (рисунок 1).

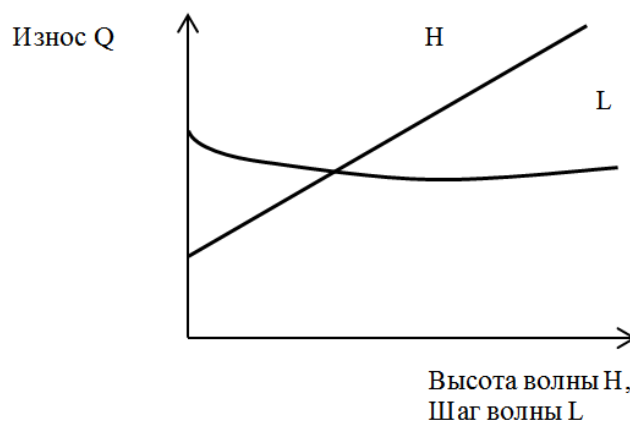


Рис. 1. Зависимость износа от геометрических параметров поверхности

Очевидно, что наиболее строго надо регламентировать высоту волны. При назначении видов обработки и шероховатости поверхностей деталей следует учитывать, что направление волн шероховатости в сочетании с видами трения по-разному влияют на показатели износа. Анализ показателей механического износа показывает, что при сухом трении износ увеличивается во всех случаях с увеличением шероховатости, но наибольший износ получается при направлении следов механической обработки, перпендикулярном направлению рабочего движения (рисунок 2). При граничном (полужидкостном) трении и малой шероховатости наибольший износ наблюдается при параллельности следов механической обработки направлению рабочего движения. С увеличением шероховатости износ увеличивается при перпендикулярном направлении следов механической обработки направлению рабочего движения. При жидкостном трении отсутствует непосредственный контакт поверхностей.

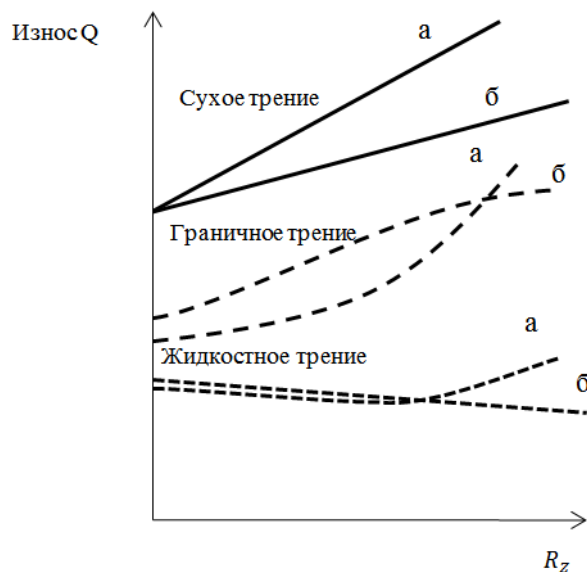


Рис. 2. Зависимость степени механического износа от направления неровностей микрогеометрии поверхности деталей при различных видах трения
 а - перпендикулярное направление следов обработки,
 б - параллельное направление следов обработки

Поэтому влияние шероховатости сказывается лишь на толщине несущего смазочного слоя. Однако при большой высоте неровностей износ увеличивается при перпендикулярности направления следов механической обработки направлению рабочего движения. Следовательно, особенно важно регламентировать направление следа обработки при сухом и граничном трении. Необходимо выбирать такой метод обработки, который дает наиболее благоприятное, с точки зрения износа, направление следа обработки.

Так, например, элементы приводов, работающие в условиях граничного трения, должны иметь направления следов обработки взаимно перпендикулярные. Валы на опорах трения, работающие при обильной смазке, должны иметь направления следов механической обработки, параллельные рабочему движению.

Таким образом, финишные отделочные операции для трущихся поверхностей следует устанавливать исходя из условий эксплуатации, а не только из удобств механической обработки.

Качество обработки поверхности также оказывает влияние на способности материала детали противостоять коррозии. Установлено, что поверхности с меньшей шероховатостью меньше подвержены коррозии. Коррозирующие вещества собираются на дне впадин неровностей поверхности, распространяются вглубь металла, разрушая гребешки шероховатости и образуя новые. Очевидно, чем меньше высота неровностей, чем медленнее будет протекать коррозия. Наклеп, в свою очередь, способствует возникновению большого числа очагов коррозии, так как при деформации образуются микронеровности и микротрещины. Коэффициент концентрации напряжений для поверхностей, обработанных резанием, составляет 1,5...2,5. Установлено, что прочность стальных деталей, обработанных резанием, по сравнению с полированными деталями в условиях знакопеременной нагрузки составляет 40...50%. Напряжения, полученные при суммировании эксплуатационных и остаточных напряжений, позволяют судить о целесообразности выбранного метода механической обработки.

Таким образом, управляя процессом резания, можно получить такое сочетание остаточных напряжений и напряжений, возникающих в процессе эксплуатации, которое благоприятно скажется износостойкости, коррозионной стойкости и усталостной прочности образца.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Широухов А.В. Влияние формы элементов деталей машин на концентрацию напряжений. [Текст] / Широухов А.В., Иванов К.С., Реснянский С.Г. // Научно-технический журнал «Технология машиностроения». г. Москва. 2019. - № 8(206).
2. Гурин Ф. В., Клепиков В. Д., Рейн В. В. Технология автотракторостроения. Второе издание, переработанное и дополненное. [Текст] / Ф. В. Гурин, В. Д. Клепиков, В. В. Рейн // Машиностроение, Москва, 1981.
3. Григорьев С.Н. Резание материалов: учебник [Текст] / С.Н. Григорьев [и др.]. – Пенза: Приволжский Дом знаний, 2012. – 356 с. ISBN978-5-8356
4. Муратов В.С., Хамин О.Н., Ковзик Н.К. Влияние технологии подготовки поверхности на износостойкость и коррозионную стойкость низколегированных сталей с ионно-плазменными покрытиями // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 3.;
URL: <http://science-education.ru/ru/article/view?id=13739> (дата обращения: 12.02.2020).
5. Добаткин, С.В. Фазовые и структурные превращения в коррозионно-стойких сталях после сдвига под давлением и нагрева / С.В. Добаткин, Л.М. Капуткина, О.В. Рыбальченко, В.С. Комлев // Металлы. – 2012. - № 5. – С. 28-37.

АВТОРСКИЙ УКАЗАТЕЛЬ

- Абразумов В. В., 450
Акопова О. В., 316
Андрюшкин А. Ю., 5
Андрюшкин А.Ю., 3
Антошина Т. Н., 127
Багажков И. В., 174, 182, 251, 330
Багдасарян Э. П., 336
Баженов В. С., 428
Баканов М. О., 50, 108, 214, 258, 263
Баранов А. Ю., 242
Баранов Д. А., 130
Белорожев О. Н., 132
Березин И. В., 339
Беренгардт М. А., 296
Бикмурзин Б. Н., 80
Блиничев В. Н., 33, 159
Блинков В. С., 56
Блинов О. В., 393
Бойков А. А., 138
Бойцова В. В., 374, 377, 380
Бородин В. С., 185, 217, 333
Бородулин С. О., 258
Булаев Д. М., 339
Буланов Д. А., 142
Буралков П. П., 144
Бурлаков А. А., 148
Бутенко М. В., 151
Быданцев А. Ю., 240
Бык Н. О., 8
Валиков П. И., 13
Васендина И. С., 222
Васильев А. В., 312, 324
Ведерникова И. И., 18, 64, 320, 342, 383, 416, 432
Власов А. М., 21
Волков А. В., 339
Волков О. Г., 300
Волкова М. Ю., 153, 156, 406
Воробьев Д. П., 185, 217, 333
Воробьев С. В., 159
Габайдулов Э. Я., 240
Гаврилова В. С., 13
Гарелина С. А., 25
Гладких А. О., 163
Гладышев К. С., 336
Гоголев Ю. Г., 346
Годлевский В. А., 336, 339, 356, 393, 455
Горохов Д. И., 169
Грименицкий П. Н., 380
Гришкин В. А., 30
Гурьев А. Т., 222
Гущина Е. А., 33
Гущина Т. В., 33
Даровской Г. В., 37
Деменкова Е. А., 222
Дмитрюк А. Ю., 268
До Тхань Тунг, 387
Долунц Г. В., 272
Дробяскин А. Н., 148
Егорова Н. Е., 172
Егорычева Е. В., 349, 352
Железнов А. Г., 356
Жукова Т. А., 447
Зарубин В. П., 204, 360, 364
Зарубина Е. В., 425
Захаров Д. Ю., 300
Захаров Е. Ю., 367
Иванов В. Е., 43, 123, 237
Каверзнева Т. Т., 40
Кадочникова Е. Н., 3, 5
Казакова М. В., 174
Калентьев В. А., 178
Калинин В. В., 247
Калинин Е. Н., 393
Калинина Т. С., 182
Караваев В. Д., 185, 333
Караваев В. Д., 217
Каржевин А. А., 307
Карпова А. В., 370
Качуро А. М., 188
Квасов М. В., 191
Керимов Ю. С., 43
Кириянов В. В., 47
Киселев Б. Р., 374, 377, 391
Киселев В. В., 105, 112, 285, 398
Ковтун В. А., 210
Ковязина О. С., 195
Кожевников С. О., 142
Козлов А. М., 159, 374
Козлов Л. Н., 425
Козловский А. Э., 380
Колобов А. Б., 199, 275
Колобов М. Ю., 380, 391
Колобова В. В., 380
Колосов В. С., 204
Колотилов А. К., 383
Конорев Д. В., 100
Копосов В. Н., 207

- Короткевич С. Г., 210
 Кравченко К. С., 336
 Кропотова Н. А., 84, 278
 Круглов Д. В., 207
 Крылов В. Т., 60
 Куваева Е. Ю., 444
 Кувшинов Г. В., 50, 108, 214
 Кузнецов В. Б., 393
 Кузнецова Н. Н., 53
 Кузьмин А. А., 217, 220
 Кузьмина Т. А., 220
 Кузьмичева М. Д., 268
 Кушляев В. Ф., 222
 Лаптев К. А., 447
 Латышенко К. П., 25
 Ле Ань Гуан, 387, 389
 Легкова И. А., 30, 144, 191
 Ложкомоев С. В., 229
 Лукиенко Л. В., 232
 Ляхова К. М., 237
 Максимовская Т. Д., 447
 Максимовский Ю. М., 447
 Мальцев А. Н., 185, 217, 240, 333
 Маркелов А. В., 316
 Марчук А. Р., 56
 Маслов А. В., 50, 108, 214
 Мельников А. А., 374, 391
 Миллер М. В., 240
 Милосердов Е. П., 169, 242
 Минеев А. С., 245
 Митронов Д. В., 393
 Моисеев Д. И., 5
 Моисеев Ю. Н., 336, 339
 Мороз Н. А., 188
 Морозкин И. С., 37
 Мурза И. М., 97
 Мусатов Р. Л., 13
 Надвидов Д. Б., 282
 Натареев С. В., 247
 Наумов А. В., 132, 251
 Нестеров Д. А., 254
 Никифоров А. Л., 47
 Никифоров Д. Н., 398
 Никишов С. Н., 258, 263
 Ниткин А. Н., 60
 Новиков В. И., 67
 Новиков Д. Е., 64
 Ноздрин М. А., 268, 272
 Огурцов Ф. Б., 199, 275
 Орешков Е. Л., 316
 Орлов А. С., 402
 Павлов Д. В., 188
 Павлюкова Н. Л., 156, 406, 412
 Палин Д. Ю., 72
 Пастухов К. В., 296
 Патикин А. А., 278
 Пахотин Н. Е., 409
 Пахотина И. Н., 409
 Печурин А. А., 282
 Подобный А. В., 307
 Покровский А. А., 130, 151, 163
 Полетаев В. А., 21, 229, 370, 402, 412, 416, 440
 Пономарев И. В., 285
 Постникова И. В., 159
 Преснов А. И., 282
 Прилуцкий Д. А., 316
 Пустовалов И. А., 76
 Пучков П. В., 8, 254, 289, 292
 Пушкарев А. Г., 421
 Раевская Л. Т., 178
 Рассохин М. А., 296, 421
 Репин Д. С., 425
 Реснянский С. Г., 188
 Решетова Е. Ю., 84
 Сайкин М. С., 87, 428
 Саландин Р. М., 289
 Салихова А. Н., 92
 Сальник А. А., 292
 Самойлов Д. Б., 195
 Самохвалов Ю. П., 132
 Сараев И. В., 97
 Сафонова Н. Л., 100
 Сахаров С. Е., 380
 Сащенко В. Н., 296
 Сви́нин Н. В., 300
 Семенов А. О., 195
 Семенова К. В., 307
 Силантьев Д. С., 432
 Скрипник И. Л., 76, 436
 Слепаков А. Н., 195
 Снегирев Д. Г., 247
 Снитько И. С., 307
 Соколов Г. П., 367
 Соловьева Е. В., 440
 Старостин Д. А., 13
 Степанов Б. В., 13
 Степанова Т. Ю., 444
 Суворов В. С., 105
 Суровегин А. В., 50, 108, 214
 Сучков К. С., 112
 Сычев Е. П., 115

- Таратанов Н. А., 292
Татаринцев В. А., 312
Телегин И. А., 316
Терентьев В. В., 316, 447
Тихонов А. И., 307
Толчеев А. В., 450
Топоров А. В., 72, 120
Уваров Е. С., 320
Ульева С. Н., 47
Федосеева В. П., 87
Федотов И. Ю., 92
Фролов С. В., 450
- Харламов Р. И., 324, 326, 455
Чистов П. В., 367
Чичадеев С. А., 263
Чу Куок Минь, 389
Чумаков Е. С., 60
Шеховцов К. В., 37
Шипилов Р. М., 455
Широухов А. В., 458
Шумнов Г. С., 123
Щельпов С. О., 330
Щукин И. В., 185, 333
Яковлева В. А., 326

СОДЕРЖАНИЕ

ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ И ДОЛГОВЕЧНОСТИ ДЕТАЛЕЙ, МЕХАНИЗМОВ, АГРЕГАТОВ, МАШИН

<i>Андрюшкин А. Ю., Кадочникова Е. Н.</i> Оценка вероятности возникновения отказа изоляционного покрытия по параметрам прочности и водопоглощения	3
<i>Андрюшкин А. Ю., Моисеев Д. И., Кадочникова Е. Н.</i> Повышение долговечности деталей с аварийными дефектами на основе технологий восстановления с применением наполненных полимерных композитов	5
<i>Бык Н. О., Пучков П. В.</i> Повышение внедорожных характеристик пожарной техники с колесным двигателем	8
<i>Валиков П. И., Степанов Б. В., Мусатов Р. Л., Клеветов Д. В., Старостин Д. А., Гаврилова В. Г.</i> Пути повышения эксплуатационных характеристик роботизированных гусеничных машин пожаротушения за счет применения современных технических решений при изготовлении гидрообъемных передач механизма поворота	13
<i>Ведерникова И. И.</i> Увеличение прочности нитепроводящих деталей	18
<i>Власов А. М., Полетаев В. А.</i> Повышение ресурса и надежности устройств с нанодисперсной магнитной жидкостью	21
<i>Гарелина С. А., Латышенко К. П.</i> Механические передачи в аварийно-спасательной технике	25
<i>Гришкин В. А., Легкова И. А.</i> Предложение по повышению эффективности сушки пожарных рукавов	30
<i>Гущина Е. А., Гущина Т. В., Блиничев В. Н.</i> Разработка и исследование энерго- и ресурсосберегающих машин для тонкого измельчения материалов	33
<i>Даровской Г. В., Шеховцов К. В., Морозкин И. С.</i> Особенности ремонта железнодорожного транспорта методом дополнительных ремонтных деталей	37
<i>Каверзнева Т. Т.</i> Безопасность монтажных работ на строительных площадках	40
<i>Керимов Ю. С., Иванов В. Е.</i> Исследование физико-механических свойств формообразующих клеевых составов	43
<i>Кириянов В. В., Ульява С. Н., Никифоров А. Л.</i> Повышение надежности электропроводок	47
<i>Кувшинов Г. В., Суровегин А. В., Баканов М. О., Маслов А. В.</i> О проблемах эксплуатации пожарной техники в условиях низких температур	50
<i>Кузнецова Н. Н.</i> Исследования проблемы возникновения автоколебаний заблокированных колес в процессе торможения автомобиля	53
<i>Марчук А. Р., Блинков В. С.</i> Надежность средств спасения при проведении аварийно-спасательных работ при обрушении зданий и сооружений	56
<i>Ниткин А. Н., Чумаков Е. С., Крылов В. Т.</i> Пути повышения надежности машин	60
<i>Новиков Д. Е., Ведерникова И. И.</i> Влияние термической обработки на хладостойкость сталей	64
<i>Новиков В. И.</i> Повышение надежности передающего устройства сверхвысокого давления, применяемого при струйной цементации грунтов	67

<i>Палин Д. Ю., Топоров А. В.</i> Перспективы применения магнитожидкостных уплотнений с эластомерным материалом для герметизации валов пожарных насосов	72
<i>Пустовалов И. А., Скрипник И. Л.</i> Влияние агрессивных факторов окружающей среды на надежность металлических конструкций с нанесенным на них тонкослойным вспучивающимся огнезащитным покрытием	76
<i>Пучков П. В., Бикмурзин Ю. Н.</i> Поиск рациональной конструкции устройства для восстановления работоспособности рукавных линий на пожаре	80
<i>Решетова Е. Ю., Кропотова Н. А.</i> Надежность работоспособности механических систем как показатель охраны труда	84
<i>Сайкин М. С., Федосеева В. П.</i> Разработка и анализ конструкций магнитожидкостных датчиков вибраций.....	87
<i>Салихова А. Х., Федотов И. Ю.</i> Повышение надежности эксплуатации оборудования газораспределительных пунктов производственных объектов.....	92
<i>Сараев И. В. , Мурза И. М.</i> Устройство для проведения оперативного ремонта напорных пожарных рукавов на пожаре	97
<i>Сафонова Н. Л., Конорев Д. В.</i> Классификация отказов технического состояния авиационной техники.....	100
<i>Суворов В. С., Киселев В. В.</i> Повышение надежности металлоконструкций при высоких температурах за счет нанесения огнестойкого покрытия.....	105
<i>Суровегин А. В., Кувшинов К. В., Баканов М. О., Маслов А. В.</i> Технологические методы повышения надежности.....	108
<i>Сучков К. С., Киселев В. В.</i> Оценка надежности деревянных конструкций, находящихся под действием различных внешних факторов	112
<i>Сычев Е. П., Кропотова Н. А.</i> Методика повышения надежности деталей машин	115
<i>Топоров А. В.</i> Анализ статистики отказов уплотнительных устройств пожарных насосов ..	120
<i>Шумнов Г. С., Иванов В. Е.</i> Анализ конструкций радиаторов, используемых в пожарных автомобилях.....	123

АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ РАСЧЕТА И КОНСТРУИРОВАНИЯ МАШИН И МЕХАНИЗМОВ. МОДЕЛИРОВАНИЕ, УПРАВЛЕНИЕ, АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ МЕХАНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

<i>Антошина Т. Н.</i> Моделирование и проектирование 3-х мерных моделей окружающей среды применяемых в интерактивных информационных системах при ликвидации ЧС на потенциально опасных объектах	127
<i>Баранов Д. А., Покровский А. А.</i> Разработка стенда для ремонта двигателей пожарных автомобилей.....	130
<i>Белорожьев О. Н., Самохвалов Ю. П., Наумов А. В.</i> Современные подходы к определению основных параметров развития пожара.....	132
<i>Бойков А. А.</i> О несвязанных системах геометрического моделирования и машинной графики 2-го рода в контексте возможностей современных САПР	138
<i>Буланов Д. А., Кожевников С. О.</i> Концепция построения балансирующего двухколесного робота	142
<i>Буралков П. П., Легкова И. А.</i> Применение систем автоматизированного проектирования для обеспечения надежности различных конструкций.....	144

Бурлаков А. А., Дробяскин А. Н. Анализ достоверности результатов технического диагностирования	148
Бутенко М. В., Покровский А. А. Эксплуатационные показатели прицепного пожарного модуля	151
Волкова М. Ю. Актуальные проблемы расчета и конструирования безопасного оборудования офисных систем.....	153
Волкова М. Ю., Павлюкова Н. Л. Использование средств компьютерной инженерии при конструировании адаптационного тренажера.....	156
Воробьев С. В., Козлов А. М., Постникова И. В., Блиничев В. Н. Определение скорости и концентрации частиц твердой фазы в турбулентной струе газа, истекающей в псевдооживленный слой в противоточном струйном измельчителе.....	159
Гладких А. О., Покровский А. А. Устройство для измерения давления в водопроводной сети пожарных гидрантов.....	163
Горохов Д. И., Милосердов Е. П. Аппроксимация поверхности сферы выпуклыми многогранниками	169
Егорова Н. Е. К вопросу о применении чувствительного интерфейса в обучающих программах	172
Казакова М. В., Багажков И. В. Аварии на химически опасных объектах и их возможные последствия.....	174
Калентьев В. А., Раевская Л. Т. Активные методы обучения с элементами научного исследования и моделирования	178
Калинина Т. С., Багажков И. В. Анализ ведения радиационной разведки при проведении аварийно-спасательных работ на объектах аэс в российской федерации	182
Караваяев В. Д., Воробьев Д. П., Бородин В. С., Щукин И. В., Мальцев А. Н. К вопросу тушения пожаров на объектах энергетики	185
Качуро А. М., Реснянский С. Г., Павлов Д. В., Мороз Н. А. Выбор рационального варианта построения модели функционирования узлов и деталей пожарно-спасательной техники....	188
Квасов М. В., Легкова И. А. Перспективы совершенствования робототехнического комплекса.....	191
Ковязина О. С., Слепаков А. Н., Самойлов Д. Б., Семенов А. О. Статистика пожаров на объектах нефтегазовой отрасли в 2018-2019 годах в России и за рубежом.....	195
Колобов А. Б., Огурцов Ф. Б. Анализ результатов и опыт реализации вибромониторинга роторных машин	199
Колосов В. С., Зарубин В. П. Разработка устройства с электроприводом для скатки пожарных рукавов.....	204
Копосов В. Н., Круглов Д. В. Оптимизация компоновок автоматизированных складов гибких производственных систем	207
Короткевич С. Г., Ковтун В. А. 3D компьютерное моделирование напряженного состояния угловых сварных соединений стенок цистерны пожарного автомобиля при движении.....	210
Кувшинов Г. В., Суровегин А. В., Баканов М. О., Маслов А. В. Актуальность некоторых способов тушения пожаров.....	214
Кузьмин А. А., Караваяев В. Д., Воробьев Д. П., Бородин В. С., Мальцев А. Н. Основные проблемы при тушении пожаров в театральнo-зрелищных учреждениях	217

<i>Кузьмин А. А., Кузьмина Т. А., Кузьмин А. А.</i> Методика определения неподвижных сечений для расчета валов на жесткость при кручении.....	220
<i>Кушляев В. Ф., Гурьев А. Т., Деменкова Е. А., Васендина И. С.</i> Структурное моделирование процессов жизненного цикла транспортно-технологических машин для чрезвычайных ситуаций.....	222
<i>Ложкомоев С. В., Полетаев В. А.</i> Измерение воздушного зазора ротор-статор генераторов.....	229
<i>Лукиенко Л. В.</i> Выбор системы подачи на забой машин для бестраншейной прокладки труб.....	232
<i>Ляхова К. М., Иванов В. Е.</i> Разработка спортивного электронного хронометра на базе контроллера Arduino.....	237
<i>Миллер В. М., Мальцев А. Н., Быданцев А. Ю., Габайдулов Э. Я.</i> Организация тушения пожаров в культурно-зрелищных учреждениях	240
<i>Милосердов Е. П., Баранов А. Ю.</i> Разбиение сферы на равномерные участки.....	242
<i>Минеев А. С.</i> Привод главного движения многоцелевого станка.....	245
<i>Натареев С. В., Калинин В. В., Снегирев С. Н.</i> Методика расчета процесса ионного обмена в емкостном аппарате непрерывного действия.....	247
<i>Наумов А. В., Багажков И. В.</i> Вопросы огнезащиты декоративного отделочного материала в зданиях с массовым пребыванием людей.....	251
<i>Нестеров Д. А., Пучков П. В.</i> Разработка конструкции приспособления для подъема пожарных рукавов в башенную сушилку.....	254
<i>Никишов С. Н., Баканов М. О., Бородулин С. О.</i> Исследование расхода воздуха спасательных устройств дыхательных аппаратов на сжатом воздухе при различных условиях работы	258
<i>Никишов С. Н., Баканов М. О., Чичадаев С. А.</i> Разработка критериев оценки выполнения норматива по ГДЗС для девушек. вязка двойной спасательной петли с надеванием на спасаемого	263
<i>Ноздрин М. А., Дмитриук А. Ю., Кузьмичева М. Д.</i> Преемственность преподавания и научных исследований на кафедре механики ИГЭУ (к столетию кафедры).....	268
<i>Ноздрин М. А., Долунц Г. В.</i> Авиамодель беспилотного аппарата для мониторинга местности.....	272
<i>Огурцов Ф. Б., Колобов А. Б.</i> Балансировка асинхронных электродвигателей с учетом электромагнитных сил.....	275
<i>Патикин А. А., Кропотова Н. А.</i> Проектирование ножничного подъемника для осуществления ремонтных работ пожарной техники	278
<i>Печурин А. А., Преснов А. И., Надвидов Д. Б.</i> Применение подъемного оборудования при техническом обслуживании и ремонте автотранспортных средств	282
<i>Пономарев И. В., Киселев В. В.</i> Анализ парка пожарной техники города Ульяновск и рекомендации по повышению ее надежности	285
<i>Пучков П. В., Саландин Р. М.</i> Роботехнический комплекс МРДМ-2	289
<i>Сальник А. А., Таратанов Н. А., Пучков П. В.</i> Проектирование и печать насадки для газоанализатора.....	292

<i>Сащенко В. Н., Беренгардт М. А., Рассохин М. А., Пастухов К. В.</i> Увеличение времени работы звена газодымощитной службы в непригодной для дыхания среде, за счет модернизации дыхательного аппарата со сжатым воздухом	296
<i>Свинин Н. В., Захаров Д. Ю., Волков О. Г.</i> Влияние размера опытного образца пневмогидравлического привода гидравлического аварийно-спасательного инструмента на функциональный баланс газодымозащитника	300
<i>Семенова К. В., Тихонов А. И., Снитко И. С, Подобный А. В., Каржевин А. А.</i> Разработка цифровых двойников силовых трансформаторов.....	307
<i>Татаринцев В. А., Васильев А. В.</i> Проектирование технических систем на основе модельно-ориентированного подхода	312
<i>Терентьев В. В., Телегин И. А., Маркелов А. В., Орешков Е. Л., Аконова О. Б.</i> Влияние введения ундецилата меди на трибологические характеристики очищенного отработанного масла.....	316
<i>Уваров Е.С., Ведерникова И. И.</i> Вопросы сварки адаптеров ковша экскаватора	320
<i>Харламов Р. И., Васильев А. В.</i> Способ крепления пожарного рукава на соединительной головке	324
<i>Харламов Р. И., Яковлева В. А.</i> Забор воды из пожарных гидрантов в условиях низких температур	326
<i>Щельнов С. О., Багажко И. В.</i> Спасательное снаряжение, используемое для проведения аварийно-спасательных работ в зданиях повышенной этажности	330
<i>Шукин И. В., Караваяев В. Д., Воробьев Д. П., Бородин В. С., Мальцев А. Н.</i> применение комбинированного водяного пожарного ствола СРП-50р для тушения пожаров в торгово-развлекательных центрах	333

ПРОБЛЕМЫ ИЗНОСА В МАШИНАХ И МЕХАНИЗМАХ

<i>Багдасарян Э. П., Кравченко К. С., Гладышев К. С., Годлевский В. А., Моисеев Ю. Н.</i> Перспектива использования присадок гидросиликата магния в узлах трения пожарной техники.....	336
<i>Булаев Д. М., Березин И. В., Волков А. В., Годлевский В. А., Моисеев Ю. Н.</i> Оценка смазочной эффективности СОТС с помощью адсорбционной модели.....	339
<i>Ведерникова И. И.</i> Применение лазерного излучения для увеличения прочности деталей .	342
<i>Гоголев Ю. Г.</i> Разработка установки синтеза хлористого аммония в псевдооживленном слое	346
<i>Егорычева Е. В.</i> Развитие процессов упрочения–разупрочнения в инструменте в процессе резания	349
<i>Егорычева Е. В.</i> К вопросу влияния предварительного упрочнения на работоспособность инструмента.....	352
<i>Железнов А.Г., Годлевский В. А.</i> Анализ вероятностной модели формирования граничного полимолекулярного физически адсорбированного смазочного слоя	356
<i>Зарубин В. П.</i> Предложения по разработке устройства для определения триботехнических характеристик смазочных материалов.....	360
<i>Зарубин В. П.</i> Предложения по улучшению качества проведения смазочных работ при техническом обслуживании пожарной техники	364
<i>Захаров Е. Ю., Соколов Г. П., Чистов П. В.</i> Износ кривошипно-шатунного механизма	367

<i>Карпова А. В., Полетаев В. А.</i> Повышение качества обработки при сверлении глубоких отверстий в деталях из руднообрабатываемых материалов	370
<i>Киселев Б. Р., Мельников А. А., Бойцова В. В., Козлов А. М.</i> Стенд для испытания масел и смазочных материалов в зубчатых цилиндрических передачах	374
<i>Киселев Б. Р., Бойцова В. В.</i> Определение работоспособности смазочного материала по комплексным критериям	377
<i>Колобов М. Ю., Козловский А. Э., Сахаров С. Е., Бойцова В. В., Грименицкий П. Н., Колобова В. В.</i> Повышение эффективности процесса измельчения в дезинтеграторе	380
<i>Колотилов А.К., Ведерникова И. И.</i> Вопросы увеличения точности обработки на металлорежущих станках	383
<i>Ле Ань Туан, До Тхань Тунг</i> Методы обеспечения безопасности для высоковольтных линий и трансформаторных станций в лесу Вьетнама	387
<i>Ле Ань Туан, Чу Куок Минь</i> Система исследования процесса горения типических деревьев Вьетнама	389
<i>Мельников А. А., Колобов М. Ю., Киселев Б. Р.</i> Способ получения смазочной композиции	391
<i>Митронов Д. В., Блинов О. В., Годлевский В. А., Калинин Е. Н., Кузнецов В. Б.</i> Исследования трибологических свойств поверхностей текстильных материалов	393
<i>Никифоров Д. Н., Киселев В. В.</i> Исследование триботехнических показателей тормозных жидкостей для пожарных автомобилей	398
<i>Орлов А. С., Полетаев В. А.</i> Применение импульсной магнитной обработки для упрочнения деталей	402
<i>Павлюкова Н. Л., Волкова М. Ю.</i> Технологические основы обработки деталей из медных сплавов при магнитно-абразивном полировании	406
<i>Пахотин Н. Е., Пахотина И. Н.</i> Анализ существующих способов регенерации отработанных масел	409
<i>Полетаев В. А., Павлюкова Н. Л.</i> Исследование качества обработки поверхностей деталей методом магнитной галтовки	412
<i>Полетаев В. А., Ведерникова И. И.</i> Повышение эффективности работы электронасосов	416
<i>Рассохин М. А., Пушкарев А. Г.</i> Оценка интенсивности изнашивания деталей двигателя внутреннего сгорания по изменению концентрации продуктов износа в моторном масле	421
<i>Репин Д. С., Зарубина Е. В., Козлов Л. Н.</i> Изучение влияния активированных полимерсодержащих СОТС на коэффициент укорочения стружки	425
<i>Ссайкин М. С., Баженов В. С.</i> Общие подходы к исследованию эксплуатационных параметров магнитожидкостных герметизаторов	428
<i>Силантьев Д. С., Ведерникова И. И.</i> Увеличение срока службы зубчатых колес	432
<i>Скрипник И. Л.</i> Улучшение характеристик узла трения при использовании модифицированных смазок	436
<i>Соловьева Е. В., Полетаев В. А.</i> Обработка металлов методом поверхностного пластического деформирования	440
<i>Степанова Т. Ю., Куваева Е. Ю.</i> Влияние присадки на объемные свойства масла И-50	444
<i>Терентьев В. В., Максимовский Ю. М., Жукова Т. А., Максимовская М. Д., Лантев К. А.</i> Упрочнение стальной поверхности методом холодной газодинамической обработки	447

Фролов С. В., Абраумов В. В., Толчеев А. В. Повышение износостойкости деталей пыльных аппаратов моторного инструмента.....	450
Харламов Р. И., Годлевский В. А., Шипилов Р. М. К вопросу выбора трансмиссионного масла для узлов пожарной техники.....	455
Широухов А. В. Зависимость механического износа деталей механизмов от качества их поверхности	458
АВТОРСКИЙ УКАЗАТЕЛЬ	463

НАДЕЖНОСТЬ И ДОЛГОВЕЧНОСТЬ МАШИН И МЕХАНИЗМОВ

**СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ XI ВСЕРОССИЙСКОЙ
НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ
ИВАНОВО, 16 АПРЕЛЯ 2020 г.**

**Посвящается 30-й годовщине МЧС России и 75-й годовщине
Победы в Великой Отечественной войне 1941-1945 годов**

Текстовое электронное издание

Издается в авторской редакции

Подготовлено к изданию 11.04.2020 г.
Формат 60×84 1/8. Усл. печ. л. 29,6. Уч.-изд. л. 27,5.

Отделение организации научных исследований
научно-технического отдела
Ивановской пожарно-спасательной академии ГПС МЧС России
153040, г. Иваново, пр. Строителей, 33

ISBN 978-5-6042853-4-3

