

Международная научно-практическая конференция,
посвященная 90-летию образования гражданской обороны

ТРИБОЛОГИЯ И ПРОБЛЕМЫ МЧС РОССИИ

СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ

Иваново 2022

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

ТРИБОЛОГИЯ И ПРОБЛЕМЫ МЧС РОССИИ

**СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ МЕЖДУНАРОДНОЙ
НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ,
ПОСВЯЩЕННОЙ 90-ЛЕТИЮ ОБРАЗОВАНИЯ
ГРАЖДАНСКОЙ ОБОРОНЫ**

ИВАНОВО, 20-21 октября 2022 г.

TRIBOLOGY AND PROBLEMS OF THE MINISTRY OF EMERGENCY SITUATIONS OF RUSSIA

**COLLECTION OF MATERIALS
OF THE INTERNATIONAL SCIENTIFIC AND PRACTICAL CONFERENCES,
DEDICATED TO THE 90-th ANNIVERSARY OF THE FORMATION OF CIVIL DEFENSE**

IVANOVO, October 20-21, 2022

УДК 621+614.8
ББК 34.4+38.96

Т 67 **Трибология и проблемы МЧС России** : сборник материалов международной научно-практической конференции, посвященной 90-летию образования гражданской обороны, Иваново, 20-21 октября 2022 г. – Иваново : Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2022. – 187 с. ISBN 978-5-907353-64-0

В сборник включены материалы Международной научно-практической конференции «Трибология и проблемы МЧС России». В сборнике рассмотрены результаты трибологических исследований в области фундаментальной трибологии, проблемы трения, износа смазочных материалов и смазки, разработка новых износостойких материалов и упрочняющих технологий, новых методов и средств испытаний на трение и износ, современные способы повышения надежности и долговечности систем пожарной безопасности, пожарной и аварийно-спасательной техники; проблемные вопросы в области обеспечения пожарной безопасности.

The collection includes materials of the International Scientific and Practical Conference "Tribology and problems of the Ministry of Emergency Situations of Russia". The collection discusses the results of tribological research in the field of fundamental tribology, problems of friction, wear of lubricants and lubricants, the development of new wear-resistant materials and hardening technologies, new methods and means of testing for friction and wear, modern ways to improve the reliability and durability of fire safety systems, fire and rescue equipment; problematic issues in the field of ensuring fire safety.

Редакционная коллегия

канд. техн. наук, доцент **Д. Б. Самойлов** (председатель редколлегии)
канд. техн. наук, доцент **В. А. Комельков** (заместитель председателя редколлегии)
д-р техн. наук, профессор **А. Г. Наумов**
канд. техн. наук, доцент **В. Б. Бубнов**
канд. техн. наук, доцент **А. Х. Салихова**
канд. хим. наук, доцент **С. Н. Ульяева**
О. С. Чуприна

УДК 621+614.8
ББК 34.4+38.96

ISBN 978-5-907353-64-0

© Ивановская пожарно-спасательная академия
ГПС МЧС России, 2022

РАЗДЕЛ I

ТРИБОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ И ПРОБЛЕМЫ МЧС РОССИИ

УДК 614.843.27

А. А. Барановский, А. Д. Семенов

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

МЕРОПРИЯТИЯ ПО ОРГАНИЗАЦИИ И ПРОВЕДЕНИЮ СУШКИ НАПОРНЫХ ПОЖАРНЫХ РУКАВОВ ДИАМЕТРОМ БОЛЕЕ 150 ММ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАДЕЖНОСТИ

Аннотация: В работе показано, что применение комбинированного подхода по удалению влаги из напорного плоскосворачиваемого рукава диаметром более 150 мм позволяет сократить время сушки в 3 раза.

Ключевые слова: плоскосворачиваемый полимерный рукав; сушка; время сушки.

A. A. Baranovsky, A. D. Semenov

MEASURES FOR THE ORGANIZATION AND DRYING OF PRESSURE FIRE HOSES WITH A DIAMETER OF MORE THAN 150 MM TO INCREASE RELIABILITY INDICATORS

Abstracts: The paper shows that the use of a combined approach to remove moisture from a pressure flat-rotated sleeve with a diameter of more than 150 mm reduces the drying time by 3 times.

Keywords: flat-turnable polymer sleeve; drying; drying time.

Тушение пожара – сложный процесс эффективность, которого определяется сочетанием, таких факторов как: подготовленность личного состава, состояние пожарной техники, наличие водоисточников и др. В настоящее время промышленностью выпускаются пожарные автомобили, производительность насосных установок которых достигает 300 л/с, а дальность подачи несколько километров [4]. Доставка больших объёмов огнетушащих веществ на значительные расстояния позволяет организовать бесперебойную подачу на тушение пожара в безводных районах. Транспортировку огнетушащих веществ на тушение осуществляют с применением рукавных линий диаметром до 300 мм.

Таким образом, применение насосно-рукавных систем (НРС) большой производительности позволяет повысить эффективность тушения за счёт орга-

низации бесперебойной доставки огнетушащих веществ на тушение пожара в безводных районах. Однако параметры восстановления технической готовности рукавов большого диаметра после применения не регламентированы нормативными документами.

Обслуживание рукавов с DN свыше $\varnothing 150$ мм может проводиться как в полевых условиях, так и в условиях пожарно-спасательной части. Анализ технологического порядка эксплуатации пожарных рукавов (рис. 1) показал, что основной операцией при техническом обслуживании является сушка, от качества проведения которой будет зависеть долговечность рукава. Однако не установлены требования к обслуживанию рукавов большого диаметра после применения.

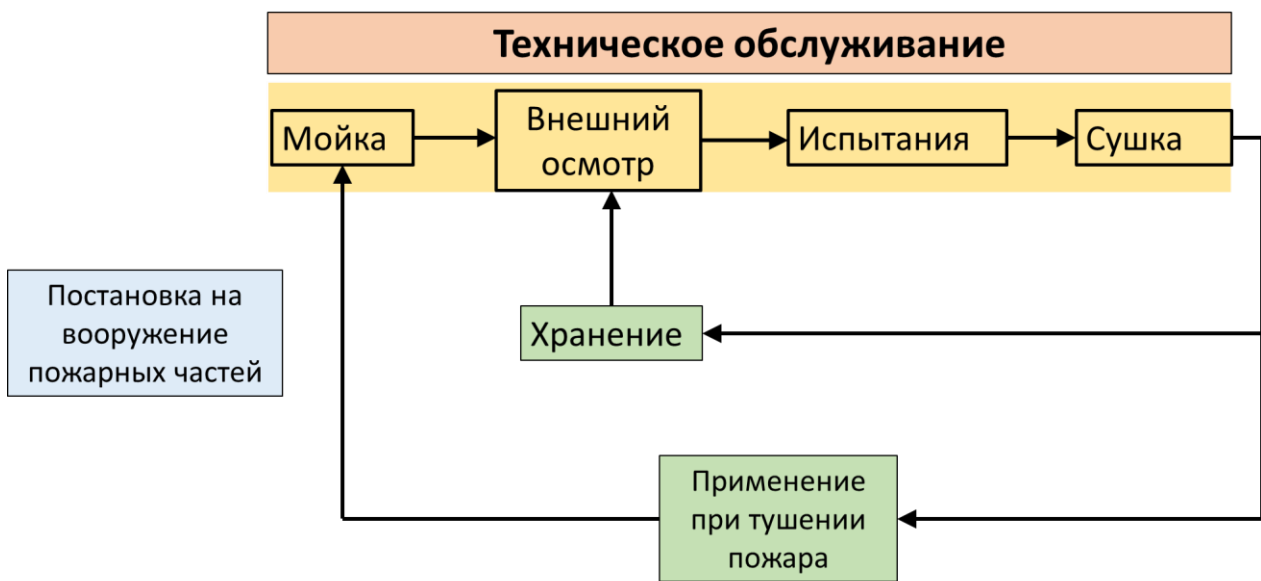


Рис. 1. Технологический порядок эксплуатации напорных рукавов диаметром более 150 мм в подразделении

Авторами [6-8] показано, что при опорожнении рукава на поверхности за счёт поверхностного натяжения, образуется жидкостная пленка. Общая масса жидкости, содержащаяся в этой плёнке, для горизонтального трубопровода определяется выражением:

$$G^3 = \rho_{ж} \delta_{г} F_{г} \quad (1)$$

где: $F_{г}$ – освобождаемая при сливе площадь поверхности горизонтальных элементов изделия; $\delta_{г}$ – толщины жидкостной пленки, образующейся на горизонтальных поверхностях, освобождаемых при сливе.

Структура жидкостной плёнки, образующейся на внутренних стенках рукава, характеризуется сложной формой, которая определяется физическими свойствами перекачиваемой жидкости и поверхности стенки. В работе [14]

предлагается проводить расчёт остаточного количества воды по толщине пленки осредненной по всей смоченной поверхности. Обычно значение толщины жидкостной пленки представляют в виде функции от скорости опускания, плотности, коэффициента динамической вязкости и коэффициента поверхностного натяжения, то есть:

$$\delta_r = f(W, \tau, g, \rho, \eta, \delta) \quad (2)$$

Выражение (2) характеризует зависимость между физическими величинами перекачиваемой жидкости, а свободную жидкость составляют гидравлические остатки после слива жидкости из рукава. В работе [8] показано, что толщина плёнки воды, при её стекании по вертикальной трубе, зависит от критерия Рейнольдса, а при небольших расходах жидкости толщина составляет 0,305 мм. Таким образом, примем среднюю толщину жидкостной плёнки на внутренней поверхности рукава 0,305 мм, что позволяет по выражению (1) определить остаточное количество влаги в рукаве длиной 100 м. Тогда масса оставшейся влаги после удаления поршнем ОПР-М в рукаве такой длины будет равна 19,2 кг. Таким образом, для обеспечения сушки внутренней поверхности рукава длиной 100 м требуется удалить 19,2 кг воды.

В связи с тем, что в полевых условиях, для перемещения очистного поршня используется сжатый воздух, то в качестве сушильного агента целесообразно использовать воздух без предварительного подогрева. Такое техническое решение позволит уменьшить энергозатраты и упростить конструкцию компрессорной установки для сушки рукавов в полевых условиях (см. табл.).

Таблица. Расчётные данные массы остаточной влаги от толщины жидкостной пленки на внутренней поверхности рукава

| Параметр | Толщина жидкостной плёнки на внутренней поверхности рукава, мм | | | |
|---|--|-------|------|------|
| | 0,305 | 0,7 | 1 | 1,5 |
| Масса остаточного содержания влаги в рукаве, кг | 19,2 | 43,96 | 62,8 | 94,2 |

Оценку эффективности предлагаемого решения, по организации сушки магистральных рукавов диаметром более 150 мм, проводили по расчёту времени сушки остаточного содержания влаги в рукаве с применением очистного поршня (рис. 2) и без него. Расчёт времени сушки рукава проводили по методике [6, 8], продолжительность сушки при постоянных условиях (по воздуху) может быть определена выражением:

$$\tau = \frac{u_H}{N} + \frac{u_{кр}}{N} \cdot 2,3 \cdot \lg\left(\frac{u_{кр}}{u_k}\right) \quad (3)$$

где: N – скорость сушки, выражаемая числом килограммов влаги (на килограмм сухого вещества), испаряемой за 1 с; $u_n, u_{кр}, u_k$ – начальное, критическое, конечное влагосодержание материала (считая на сухое вещество).

В качестве сушильного агента при расчётах использовался воздух с относительной влажностью 70 % с интервалом температур 2 – 24 °С.

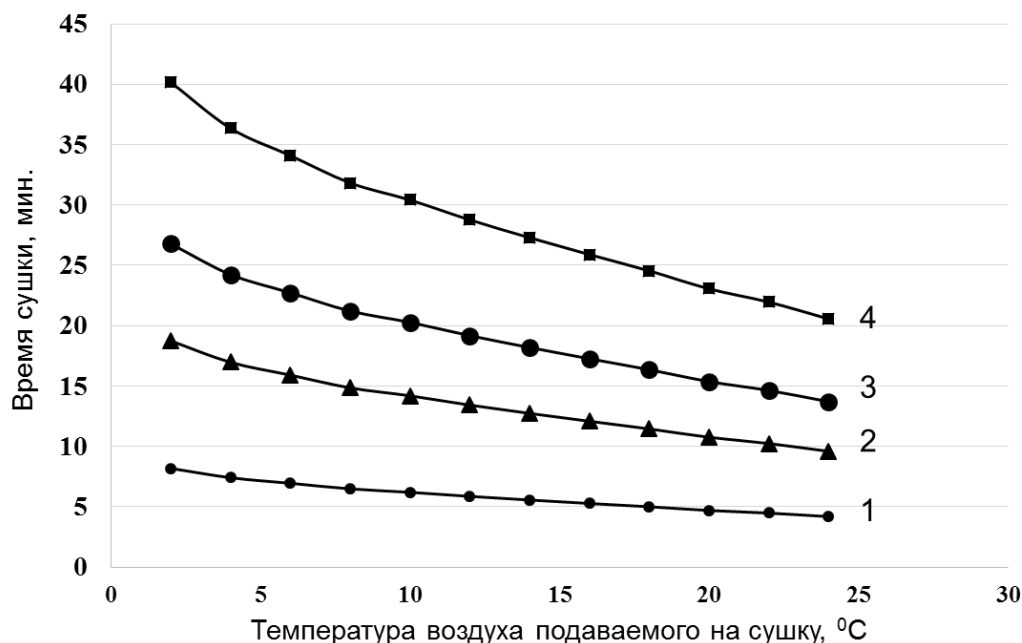


Рис. 2. Зависимость времени сушки рукава диаметром 200 мм, длиной 100 м от температуры подаваемого воздуха при влажности 70 %
 1 – зависимость времени удаления 19,2 кг воды,
 2 – зависимость времени удаления 43,96 кг воды,
 3 – зависимость времени удаления 62,8 кг воды,
 4 – зависимость времени удаления 94,2 кг воды.

Таким образом, применение в качестве сушильного агента воздуха окружающей среды позволит осуществлять осушивание плоскостворачиваемых рукавов диаметром более 150 мм, что подтверждается зависимостью, представленной на рис. 2. Время сушки, при предварительном использовании механического способа удаления влаги, уменьшается в 3 раза.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Логинов В.И. Методическое руководство по организации и порядку эксплуатации пожарных рукавов // В.И. Логинов, С.М.Ртищев, В.Н. Козырев. - М.: ВНИИПО. 2008. - 55 с.
2. Choosing hoselines for initial attack. Calif. Fire. Serv. 1990. – С.12-13. Т. 10.
3. Монахов Н.А. Общие технические требования и методы испытаний пожарных напорных рукавов / Н.А. Монахов, Ю.А. Федотов // Пожарная техника: Средства и способы пожаротушения: Сб. науч. тр. – М.: ВНИИПО, 1996. – С. 105.

4. Лебедев П.Д. Расчет и проектирование сушильных установок. -М.: Государственное энергетическое издание. 1962. - 320 с.

5. Елфимова М.В. Вакуумно-температурная сушка пожарных рукавов / М.В. Елфимова, Г.Ф. Архипов // Вестник Санкт-Петербургского университета государственной противопожарной службы МЧС России. 2010. №4. -С. 8-13.

6. Семенов А.Д., Бубнов А.Г., Моисеев Ю.Н. Особенности сушки пожарных напорных рукавов диаметром более 150 мм / А.Д. Семенов, А.Г. Бубнов, Ю.Н. Моисеев // Современные проблемы гражданской защиты. 2021. №2 (39). -С. 88-95.

7. Балайка Б., Сикора К. Процессы теплообмена в аппаратах химической промышленности. Пер. инж. Г. М. Гольденберга / Под ред. канд. техн. наук В. А. Григорьева. -М.: Государственное научно-техническое издательство машиностроительной литературы. 1962. -351 с.

8. Павлов К. Ф., Романков П. Г., Носков А. А. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии. Учебное пособие для вузов / Под ред. чл.-корр. АН СССР П. Г. Романкова. 10-е изд., перераб. и доп. -Л.: Химия. 1987. -576 с.

УДК 614.8+621.9

В. В. Грибкова, Т. Ю. Ахматова, А. Х. Салихова

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

СНИЖЕНИЕ ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ СИСТЕМЫ ОХЛАЖДЕНИЯ НАСОСНЫХ АГРЕГАТОВ НА ОПАСНЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ОБЪЕКТАХ

Аннотация: представлены результаты исследования, связанного со снижением пожарной опасности эксплуатации насосов типа НК для товарной нефти. Предложен альтернативный способ охлаждения насоса путем замены дизельного топлива на менее пожароопасное вещество – нефтяное масло.

Ключевые слова: пожарная опасность, пожарная безопасность, насос, авария, охлаждение.

V. V. Gribkova, T. Y. Akhmatova, A. H. Salikhova

REDUCTION OF FIRE HAZARD OF THE COOLING SYSTEM OF PUMPING UNITS AT HAZARDOUS PRODUCTION FACILITIES

Abstract: the results of a study related to the reduction of the fire hazard of the operation of pumps of the NK type for commercial oil are presented. An alternative method of cooling the pump is proposed by replacing diesel fuel with a less flammable substance – petroleum oil.

Keywords: fire hazard, fire safety, pump, accident, cooling.

Согласно статистическим данным достаточно большое количество аврийных ситуаций с последующим пожаром происходит на объектах хранения нефти и нефтепродуктов, на расходных складах горючесмазочных материалов. По данным МЧС России и Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору основными причинами аварий и инцидентов являются износ оборудования и низкий уровень подготовленности обслуживающего персонала.

По информации Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору выявлено, что наибольшая доля аврийных случаев связана с нарушениями при эксплуатации опасных объектов, с нарушениями при проведении пуско-наладочных работ, работ по остановке производства, ремонтных работ, в том числе при выполнении огневых, газоопасных, монтажных и электромонтажных работ. Износ оборудования также является одним из значительных факторов опасности, влияющих на состояние промышленной безопасности опасных производственных объектов, возникновения отказов, разгерметизации технических устройств, приводящих к авариям, сопровождающимся взрывами и разрушениями [1].

На диаграмме рис. обобщены результаты изучения технических и организационных причин аварий, происшедших за период с 2017-2020 г.г. [2].

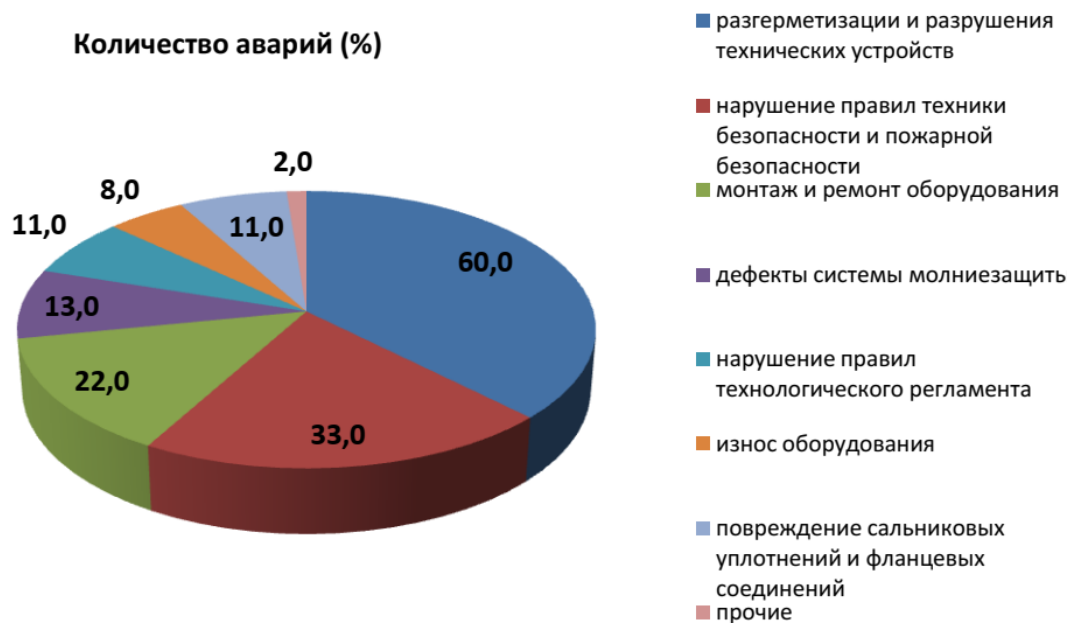


Рисунок. Распределение по причинам аварий, сопровождающихся пожаром или взрывом

Таким образом, мы приходим к выводу, что для обеспечения пожарной безопасности различных технологических процессов важно знать принципы и особенности работы технологического оборудования со взрывопожароопасными технологическими средами. Целью нашего исследования является характе-

ристика пожарной опасности эксплуатации насосных станций, а точнее, насосных агрегатов для перекачки нефтепродуктов на примере участка перекачки товарной нефти нефтеперерабатывающего предприятия.

Нефтяные насосы типа НК – это оборудование центробежного, горизонтального, консольного, одноступенчатого типа, рассчитанным на длительную эксплуатацию в экстремальных условиях. Предназначаются они для эффективного перекачивания нефти и разных нефтепродуктов, имеющих положительную температуру не выше +200 °С. Данное оборудование спроектировано для безопасной работы во взрывоопасных зонах и производствах, в условиях присутствия взрывоопасных воздушных смесей. Насосы НК рассчитаны на работу под давлением 68 МПа.

Корпус оборудования, патрубки, кронштейны, рабочее колесо выполнены из чугуна, устойчивого к действию агрессивных веществ и очень прочного в сравнении со сплавами стали или алюминия. Имеют двойное сальниковое или двойное торцовое уплотнение. Проточная часть изготавливается из серого чугуна. Иницирующим аварийю событием на насосном оборудовании принимают разгерметизацию с последующим истечением жидкости или двухфазной среды. Частота реализации данной аварийной ситуации, например, при диаметре отверстия 5мм составляет $4,3 \times 10^{-3}$.

В соответствии с требованиями ст. 49 Федерального закона от 22.07.2008 г. № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» в целях предотвращения пожара необходимо исключать условия образования горючей среды [3]. В помещении насосной станции горючую среду могут образовывать товарная нефть и дизельное топливо, которое используется для охлаждения насосов. Нами предлагаются решения, направленные на снижение пожарной опасности процесса охлаждения торцевых уплотнений насосов, где используется дизельное топливо.

Для перекачки нефти в сырьевой насосной станции установлены насосы НК-560/335 и НК-560/300 с торцевыми уплотнениями. При вращении уплотнения поверхности трения находятся в контакте. Таким образом, выделяется тепло, и если это тепло не отводится, то температура в камере уплотнения может увеличиться и стать причиной выхода из строя уплотнения. В случае недостаточной смазки выделяемая теплота может составлять до 100 Вт/см².

Повреждение торцевого уплотнения насоса приводит к утечке перекачиваемой жидкости (в нашем случае нефти). Одной из причин является разрушение вследствие повышения температуры нагрева контактных поверхностей.

В качестве охлаждающего агента для торцевых уплотнений используется дизельное топливо. Расход жидкости на охлаждение составляет 0,8 м³/ч. Дизельное топливо помимо своей основной задачи - производства энергии при сгорании - выполняет также еще две важные функции - охлаждение и смазка. Теплоемкость - способность материала аккумулировать тепловую энергию. Удельная теплоёмкость - это количество тепла, которое необходимо передать 1 кг данного материала, чтобы повысить его температуру на 1 °С.

Теплоемкость воды принята за единицу и равна – 1.0 ккал/кг · °С.

Теплоемкость дизельного топлива равна – (0.4 ÷ 0.5) ккал/кг · °С.

Таким образом, дизельное топливо быстро поглощает тепло. Этими свойствами и определялся выбор хладагента в технологическом регламенте производства. Но, в то же время, дизельное топливо является легковопламеняющейся жидкостью с $T_{всп}=35^{\circ}\text{C}$. Опасными факторами использования этого вещества является возможность образования взрывоопасных концентрации внутри насоса и в помещении при разгерметизации системы подачи дизельного топлива на охлаждение [4].

В работе предлагается альтернативное решение охлаждения насосов без использования дизельного топлива. В целях снижения пожарной опасности предлагается заменить дизельное топливо на нефтяное масло, которое также является продуктом нефтепереработки и поступает с цеха селективной очистки масел.

Нефтяные масла — очищенная фракция нефти, получаемая при перегонке, кипящая при температуре от 300 °С до 400 °С. Оно имеет сложный углеводородный состав (также как и дизельное топливо) со средним весом молекул 220–340 а.е., и содержит следующие основные компоненты: парафины — 10–15 %; нафтены или циклопарафины — 60–70 %; ароматические углеводороды — 15–20 %; асфальто-смолистые вещества — 1–2 %; сернистые соединения < 1 %; азотистые соединения < 0,8 %; нафтенновые кислоты < 0,02 %.

Основными критериями, по которым выбирался хладагент, были приняты теплоемкость (удельная теплоемкость), вязкость, показатели пожароопасности. Для того, чтобы хорошо выполнять свои дополнительные функции, как охлаждающая среда, масло должно обладать невысокой вязкостью. Сравнительный анализ приводится в табл.

Таблица. Сравнительный анализ жидкостей для охлаждения насосов

| Наименование показателя | Масло нефтяное | Дизельное топливо |
|---|--------------------------------|------------------------|
| Группа горючести | ГЖ | ЛВЖ |
| Температура вспышки | 118-127 °С | 35 °С |
| Температурные пределы распространения пламени | 118-167 °С | 35-75 °С |
| Кинематическая вязкость | 0,047-0,0490 м ² /с | 0,04 м ² /с |
| Удельная теплоемкость | 1,67...2,01 кДж/(кг °С) | 1,84 кДж/(кг °С) |

Таким образом, можно сказать, что нефтяное масло может заменить дизельное топливо по своим свойствам. При этом снижается уровень пожарной опасности эксплуатации насосного оборудования при возникновении утечки из системы подачи охлаждающей жидкости.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Официальный сайт Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору (Ростехнадзор) <http://www.gosnadzor.ru>
2. Салихова А.Х., Михалин В.Н., Шулякина Ю.С. Разработка информационной базы о причинах и местах возникновения поражающих факторов источников чрезвычайных ситуаций на технологическом оборудовании производственных объектов // Пожарная и аварийная безопасность, № 4 (23) – 2021- С. 46-52
3. Федеральный закон от 22.07.2008 г. №123 – ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности»
4. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения: Справочное издание/ А.Я. Корольченко, Д.А. Корольченко. – М.: Ассоциация «Пожнаука», 2004. – Т. 1-2.

УДК 620.16

В. В. Григорьев, Е. В. Зарубина, Д. С. Репин

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ ИССЛЕДОВАНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ТРУБОПРОВОДА

Аннотация: эксплуатационные характеристики трубопровода, особенности работы в зонах контакта с определением прочностных характеристик соединений.

Ключевые слова: трение, гидравлические сопротивления, система водоснабжения, критическое состояние системы, надежность системы водоснабжения.

V.V. Grigoriev, E.V. Zarubina, D.S. Repin

DEVELOPMENT OF A PIPELINE PERFORMANCE RESEARCH MODEL

Abstracts: operational characteristics of the pipeline, features of work in the contact zones with the determination of the strength characteristics of the joints.

Keywords: friction, hydraulic resistances, water supply system, critical condition of the system, reliability of the water supply system.

В настоящее время метод конечных элементов (МКЭ) применяется для решения широкого круга задач [1], например:

- задачи трибологии и износостойкости;
- задачи механики и прочности, в т.ч. различных пространственных оболочек;
- стационарные задачи распространения тепла, диффузии, распределения электрического поля, другие задачи теории поля;
- задачи гидромеханики, в частности, течение жидкости в пористой среде.

Непрерывная величина аппроксимируется на каждом элементе полиномом (или какой-либо другой функцией), который определяется с помощью узловых значений этой величины.

Для каждого элемента определяется свой полином, но полиномы подбираются таким образом, чтобы сохранилась непрерывность величины вдоль границ элемента. Этот полином называют ещё функцией элемента.

Искомые узловые значения $T(x)$ должны быть «отрегулированы» таким образом, чтобы обеспечивалось «наилучшее» приближение к истинному распределению температуры.

Это «регулирование» осуществляется путём минимизации некоторой величины, связанной с физической сущностью задачи.

Если рассматривается задача распространения тепла, то минимизируется функционал, связанный с уравнением теплопроводности.

Процесс минимизации в конечном итоге сводится к решению систем линейных алгебраических уравнений относительно узловых значений $T(x)$.

Преимущества МКЭ

1. Свойства материалов смежных элементов не должны быть обязательно одинаковыми. Это позволяет применять метод к телам, составленным из нескольких материалов.

2. Криволинейная область может быть аппроксимирована с помощью прямолинейных элементов или описана точно с помощью криволинейных элементов. Таким образом, методом можно пользоваться не только для областей с «хорошей» формой границы.

3. Размеры элементов могут быть переменными. Это позволяет укрупнить или измельчить сеть разбиения области на элементы, если в этом есть необходимость.

4. С помощью МКЭ не представляет труда рассмотрение граничных условий с разрывной поверхностной нагрузкой, а также смешанных граничных условий.

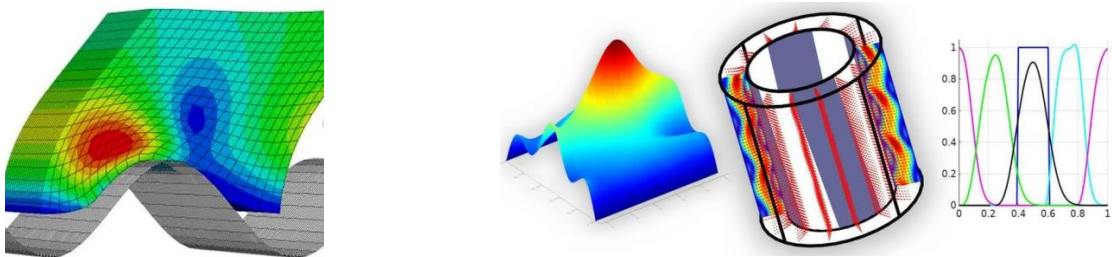


Рисунок. Взаимодействие поверхностей

Разбиение расчётной области на конечные элементы – это первый шаг в решении задачи.

Дискретизация области состоит из задания:

- числа КЭ,
- размеров КЭ,
- формы подобластей (КЭ).

(КЭ – конечные элементы, которые используются для построения дискретной модели реального тела).

С одной стороны, элементы должны быть выбраны достаточно малыми, чтобы получались приемлемые результаты. С другой стороны, применение достаточно крупных элементов сокращает вычислительную работу.

В качестве функции элемента чаще всего применяется полином. Порядок полинома зависит от числа используемых в каждом узле элемента данных о непрерывной функции.

Классификация конечных элементов может быть проведена в соответствии с порядком полиномиальных функций этих элементов.

При этом рассматриваются три следующие группы элементов: симплекс-элементы, комплекс-элементы, мультиплекс-элементы.

Симплекс-элементам соответствуют полиномы, содержащие константу и линейные члены. Число коэффициентов в таком полиноме на единицу больше размерности координатного пространства.

Комплекс-элементам соответствуют полиномиальные функции, содержащие константу, линейные члены, а также члены второго, третьего и более высокого порядка, если это необходимо. Форма комплекс-элементов может быть такой же, как и у симплекс-элементов, но комплекс-элементы имеют дополнительные граничные узлы и, кроме того, могут иметь также и внутренние узлы.

Для мультиплекс-элементов также используются полиномы, содержащие члены высокого порядка, но границы элементов при этом должны быть параллельны координатным осям, что необходимо для достижения непрерывности при переходе от одного элемента к другому. Границы симплекс- и комплекс-элементов не подвергаются такому ограничению.

Под нагрузками в ANSYS подразумевается задание всех видов краевых условий.

Например, в случае решения задачи по механике деформируемого твердого тела – это задание поля перемещений на некоторой поверхности (условия закрепления) и поля сил (локальных, поверхностных, объемных). Все нагрузки можно разделить на следующие категории:

DOF Constraints - ограничения на степени свободы.

Forces - узловые силы.

Surface Loads - поверхностные силы.

Body Loads - объемные силы.

Inertia Loads - инерционные нагрузки.

Coupled-field Loads - нагрузки в анализе смешанных полей (термоупругий анализ, аэроупругий анализ и др.).

Прикладываем нагрузки: распределенную нагрузку, действующую на поверхность трубопровода, распределенную нагрузку от сил трения, действующих на внутреннюю поверхность.

Распределенная нагрузка, действующая на корпус [1]:

$$q = 61,208 \text{ кН/м}^2,$$

где $P=65 \text{ Н}$ – усилие, $b=3,17 \text{ мм}$ – ширина.

Используем процессор решения SOLUTION для того, чтобы определить тип анализа и опции анализа, приложить нагрузки, задать начальные условия и решить задачу.

Критерий максимального напряжения по Мизесу основывается на теории Мизес-Хенки (Mises-Hencky), также известной как теория энергии формоизменения.

Для главных напряжений $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$ напряжение по Мизесу выражается как:

$$\sigma_{\text{vonMises}} = \{[(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_1 - \sigma_3)^2] / 2\}^{1/2}$$

Теория утверждает, что пластичный материал начинает повреждаться в местах, где напряжение по Мизесу становится равным предельному напряжению. В большинстве случаев, предел текучести используется в качестве предельного напряжения. Однако, программа позволяет использовать предельное растяжение или задавать свое собственное предельное напряжение. Анализ результатов моделирования показал, что при заявленных скоростях течения происходит надрыв по поверхности трубопровода не более 0,3 мм, что не производит нарушения технологического процесса. Результаты работы могут быть использованы в оценке влияния материала трубопровода и скоростного режима на деформацию трубопровода, а вследствие на изменения рабочих соединений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. <https://portal.tpu.ru/SHARED/b/BGA/bio/bachelors/Tab/МКЕ.pdf>.
2. Григорьев В. В., Зарубина Е. В., Шмелева Т. В. Исследование устройства по определению эксплуатационных характеристик трубопровода. «Актуальные вопросы совершенствования инженерных систем обеспечения пожарной безопасности объектов», посвященная 90-летию образования гражданской обороны., 2022 С. 91-96.
3. Уткин А. А., Зарубина Е. В., Шмелева Т. В. Разработка устройства для исследования эксплуатационных характеристик трубопровода. IX Всероссийская научно-практическая конференция «Актуальные вопросы совершенствования инженерных систем обеспечения пожарной безопасности объектов», посвященная 90-летию образования гражданской обороны, 2022. С. 420-424.

УДК 620.178.192

С. А. Гузенков

ФГБВОУ ВО «Академия гражданской защиты МЧС России»

ОСНОВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ КОРРОЗИОННОГО ИЗНОСА МЕТАЛЛИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ

Аннотация: Рассмотрено явление коррозионного износа металлических сплавов. Уделено внимание анодной и катодной реакциям коррозионного процесса. Отмечена роль продуктов коррозии на поверхности металла и водорода в металле и изменения агрессивности среды в ходе испытаний. Подчёркнута необходимость разработки новых методов испытания на коррозионный износ.

Ключевые слова: коррозия, металлические сплавы, наводороживание, методы испытаний, агрессивность среды, защита от коррозионного износа, анодные и катодные реакции коррозионного процесса

S. A. Guzenkov

THE MAIN FEATURES OF CORROSION WEAR OF METAL MATERIALS

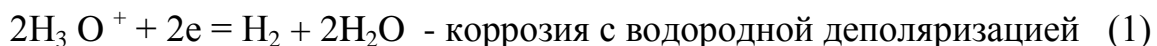
Abstract: The phenomenon of corrosive wear of metal alloys is considered. Attention is paid to the anodic and cathodic reactions of the corrosion process. The role of corrosion products on the metal surface and hydrogen in the metal and changes in the aggressiveness of the medium during testing are noted. The need to develop new methods of testing for corrosive wear is emphasized.

Keywords: corrosion, metal alloys, hydrogenation, test methods, aggressiveness of the environment, protection against corrosive wear, anodic and cathodic reactions of the corrosion process

Коррозионный износ представляет процесс разрушения металлических материалов под влиянием коррозии и износа, происходящего при скольжении одного из материалов по поверхности другого. При отсутствии одной из составляющей механизмы процессов различны и являются предметом самостоятельного изучения коррозионной стойкости и трибологии - науки о взаимодействующих поверхностях при их относительном перемещении [1, 3, 7, 10]. Нередко вместо термина «коррозионный износ» используют «коррозионно-механический износ» подчёркивая, что потери массы исследуемого образца от коррозии измеряются при воздействии механической нагрузки.

Коррозионный износ реализуется под действием раствора электролита, контактирующего с парой «металл-металл» или «металл-полимерный материал» и определяется природой исследуемого сплава (фактора, называемого внутренним) и параметрами коррозионной среды [4].

Коррозионная среда определяет механизм коррозии, который идентифицируют по катодной реакции коррозионного процесса



В том и другом случае анодная реакция одинакова и заключается в растворении металлического сплава



Катодная и анодная реакции являются сопряжёнными, и торможение одной из них вызывает торможение другой. Протекание всех реакций оказывает влияние, как на испытываемый металл, так и коррозионную среду.

Выделение водорода не исчерпывается его переходом в газообразное состояние: параллельно с таким переходом происходит диффузия в объём металлического сплава - явление называемое наводороживанием.

В общем случае, наводороживание вызывает ухудшение механических характеристик.

Наводороживание металлических сплавов представляет серьезное препятствие для их успешного применения в различных отраслях промышленности. Кроме коррозии источником наводороживания служат технологические среды нефтегазовой промышленности, среды нанесения гальванических покрытий и др. Обладая наименьшим радиусом из всех атомов элементов (приблизительно 0,8 нм и высокой подвижностью $D_{\text{H}}=10^{-8} \text{ м}^2/\text{с}$), водород в виде катионов H^+ проникает в сталь и имеет тенденцию осаждаться в порах металла, молизоваться и создавать в них высокое давление, которое может достигать 10^4 атм. Такое давление вызывает рост и слияние микропор с последующим образованием микротрещин. Считают также, что водород накапливается на границах зерен, нарушая когезионную связь между ними. Возникающие микродеформации в результате такого взаимодействия водорода увеличивают диффузионную подвижность и растворимость водорода. При достижении некоторой критической концентрации водорода и развития микродеформаций, которые возникают на некотором расстоянии от пор с высоким содержанием водорода (область максимальных трехосных растягивающих напряжений), происходит возникновение локальных микронапряжений.

Сочетание рассмотренных факторов приводит к возникновению микротрещин, снижающих энергию связи между зернами. В итоге сопротивление коррозионному износу также снижается при одновременном ускорении скорости коррозии [1, 4, 7, 9].

Для защиты от водородного износа эффективны почти все методы, применяемые для снижения коррозии металла. Однако к выбору метода защиты следует относиться с осторожностью и детально изучить его влияние на

склонность металлов к наводороживанию. Например, некоторые добавки ингибиторов в коррозионную среду (тиомочевина) снижают скорость коррозии, но стимулируют наводороживание стали. Покрyтия кадмием гальваническим методом из раствора обладают «запирающим» свойством – накопленный при нанесении этого покpытия в объеме металла водород полностью не удаляется даже при термической обработке [4].

При кислородной деполяризации в процессе коррозии происходит увеличение содержания ионов OH^- в растворе, что стимулирует образование трудно-растворимых соединений на поверхности металла, проникновение которых в углубления и межзёрненное пространство производят расклинивающие действие, увеличивая износ [1].

Анодная реакция растворения металла влияет на характер коррозии, который находится в зависимости от условий испытаний.

Коррозионные поражения могут распределяться по поверхности металла равномерно или неравномерно, носить межкристаллитный характер или распространяться в виде питтингов и мелких трещин [1, 11].

Установлено [1], что износ металла происходит с участием оксидных пленок и адсорбционных соединений, которые образуются под воздействием коррозионной среды, в этом случае коррозионный износ можно представить в виде двух одновременно протекающих процессов: механического износа поверхностной пленки и электрохимического взаимодействия металлической поверхности с коррозионной средой. В этих условиях величину износа определяет механический фактор. При сравнительно небольших нагрузках механический износ самого металла не происходит и в этом случае скорость износа определяется сопротивлением коррозионному износу оксидных пленок и продуктов коррозии, а также скоростью электрохимической коррозии металла. Очевидно, что при больших механических нагрузках происходит коррозионный износ металлической поверхности, и его скорость будет определяться механическими свойствами металла. Установлено [3], что при постоянном механическом снятии защитных оксидных и адсорбционных пленок скорость коррозии возрастет на несколько порядков. Это объясняет многие результаты исследований по коррозионному износу, например, при коррозионном износе металла по металлу многие металлы, склонные к пассивному состоянию (нержавеющие стали) обнаруживают высокую склонность к коррозионному износу. Электрохимическая защита наоборот снижает скорость коррозионного износа металлической поверхности углеродистой стали в морской воде, что подтверждает его коррозионно-электрохимический механизм [11].

Таким образом, среда и нагрузка оказывают значительное влияние на коррозионный износ, например, коррозионный износ пары из стали 1X18H10 в атмосфере воздуха в несколько раз больше, чем в водных растворах электролитов и воде, в которой износ наименьший по сравнению с 1 % раствором гидроксида натрия. С ростом нагрузки коррозионный износ этой стали возрастает в большей степени на воздухе, чем в жидкой среде. Скорее всего, это связано с ее смазывающим действием металлической поверхности.

В этой связи можно ожидать, что защита от коррозионного износа будет эффективна при использовании известных способов защиты от коррозии и может быть достигнута путем:

- нанесением защитных металлических, неорганических и полимерных покрытий;

- созданием на поверхности сжимающих напряжений (дробеструйная обработка, обкатка роликами, алмазное выглаживание и др.)

- проведение химико-термической обработки поверхности, (азотирование, сульфидирование и др.)

На характер коррозии оказывает влияние содержание карбидов - соединений металлов и легирующих элементов с углеродом Fe_3C , NbC , WC и др. Такие соединения обладают высокой твёрдостью и в значительной степени повышают сопротивление износу. Однако в последние годы вследствие повышения нагрузок на эксплуатационные изделия наблюдался переход от обычного износа к абразивному из-за выкрашивания отдельных частиц карбидов [2].

Выбор материала с высоким сопротивлением коррозионному износу определяется условиями эксплуатации, их износостойкостью в средах, не содержащих коррозионно-агрессивных компонентов (например, атмосфера воздуха). В необходимых случаях поверхность контактирующих деталей покрывают металлическими покрытиями, используют прокладки из полимерных материалов.

Рассмотренные основные особенности коррозионного износа позволяют сделать заключение об электрохимической природе разрушения. Очевидно, что способы защиты от коррозии можно использовать для повышения сопротивления металлических материалов коррозионному износу. К этим способам можно отнести обработку коррозионной среды ингибиторами и электрохимическую защиту [1, 4, 11].

Необходимо также подчеркнуть необходимость разработки и создания новых методов испытаний, число которых ещё недостаточно.

Исследования в этих областях позволят повысить ресурс большого числа агрегатов и узлов, работающих в коррозионно-агрессивных средах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гаркунов Д. Н., Мельников Э. Л., Гаврилюк В. С. Триботехника : учеб. пособие для вузов - М. : КНОРУС, 2013. - 408 с
2. Гузенков С.А. Повышение эксплуатационной надежности, прочности и износостойкости прокатных валков при горячей прокатке хромистых сталей: Автореф. дисс. канд. техн. наук. М.: 2011-25 с.
3. Гутман Э. М. Механохимия металлов и защита от коррозии / Э. М. Гутман. - 2-е изд., перераб. и доп. - М. : Металлургия, 1981. - 270 с.
4. Жук Н.П. Курс коррозии и защиты металлов- М.: Металлургия, 1976. 472 с.

5. Иванов С. С., Логачев К. А., Гузенков С. А., Кохан Л. С., Гузенкова А. С. Установка для испытаний на коррозионный износ металлических материалов // Коррозия: материалы, защита. 2013. № 6. С. 46-48.
6. Комбалов В. С. Методы и средства испытаний на трение и износ конструкционных и смазочных материалов : справочник – М.: Машиностроение, 2008. - 383 с.
7. Матюшенко В.Я. Износостойкость наводороженных металлов.- В кн.: Исследование водородного износа.- М.: Наука, 1977, с.24-27.
8. Поляков А.А. К вопросу о лабораторных испытаниях узлов трения // Трение и износ .1990. № 6. С. 668-674.
9. Поляков А. А., Гаркунов Д. Н., Симаков Ю. С. и др. Защита от водородного износа в узлах трения - М. : Машиностроение, 1980. - 135 с.
10. Рыбакова Л.М., Куксенова Л.И. Структура и износостойкость металла М. : Машиностроение, 1982. - 212 с.
11. Томашов Н. Д., Чернова Г. П. Коррозия и коррозионностойкие сплавы М.: Металлургия, 1973. - 232 с.
12. Федотов С.Д., Улыбин А.В., Шабров Н.Н. О методике определения коррозионного износа стальных конструкций //Инженерно-строительный журнал. 2013, №1. С.12-20

УДК 620.178.192

С. А. Гузенков¹, И. В. Артамонова², С. С. Иванов²

¹ ФГБВОУ ВО «Академия гражданской защиты МЧС России»

² Московский политехнический университет

СНИЖЕНИЕ КОРРОЗИОННОГО ИЗНОСА ОБРАБОТКОЙ КОРРОЗИОННОЙ СРЕДЫ

Аннотация: Исследовано влияние неорганических ингибиторов на коррозионный износ стали 40Х в 3 % растворе хлорида натрия. Установлено, что добавки дихромата калия, вольфрамата натрия и тетрабората натрия (1 г/л снижает коррозионный износ исследуемой стали при нагрузке 10,7 кг. На основании полученных результатов высказано предположение о причинах снижения коррозионного износа.

Ключевые слова: коррозионный износ, ингибиторы коррозии

S. A. Guzenkov, I. V. Artamonova, S. S. Ivanov

REDUCING CORROSIVE WEAR BY TREATMENT OF A CORROSIVE ENVIRONMENT

Abstract: The effect of inorganic inhibitors on the corrosion wear of 40Kh steel in 3 % sodium chloride solution was studied. It was found that the addition of potassium di-

chromate, sodium tungstate and sodium tetraborate (1 g/l) reduced the corrosion wear of the steel under study at a load of 10.7 kg.

Keywords: corrosive wear, corrosion inhibitors

Коррозионный износ — разновидность разрушения металлических сплавов при одновременном воздействии коррозионной среды на контактирующих между собой металлах при скольжении одного из них по поверхности другого и механических напряжений. Подобный вид разрушения имеет аналогию с коррозионным растрескиванием и коррозионной усталостью, однако в отличие от этих видов разрушения в сопрягаемых материалах возникают только сжимающие напряжения [3]. Одним из способов защиты металлов от коррозии является обработка коррозионной среды ингибиторами коррозии - неорганическими или органическими веществами, которые снижают скорость коррозии [7].

В сообщении приводятся результаты исследования неорганических ингибиторов на коррозионный износ стали 40X в нейтральной среде.

Объектом исследования служила сталь 40X, которую подвергали закалке с 220 °С. Образцы размером 15x15 x 17 мм изготавливали из листовой стали 40X и подвергали испытаниям на установке (рис. 1).



Рис. 1. Фото установки (машины трения)

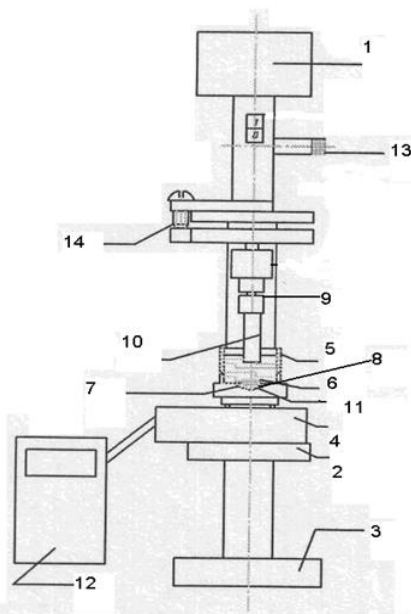


Рис. 2. Схема установки (машины трения)

Установка состоит (рис. 2) из главной станочной передачи (1), вертикального конструкционного элемента (2) со станиной (3), на которых установлена рабочая плита (4) с электрохимической ячейкой (5). Ячейка состоит из полимерной ёмкости (6), куда помещается образец (7), контактный вывод (8), термоэлектрический измеритель температуры (9). На схеме также обозначены:

держатель нагрузочного тела (10), нагрузочное тело (11), измеритель величины нагрузки (12), винтовой механизм задания нагрузки (13), блокиратор нагрузки (14).

Машина трения изготовлена на основе сверлильного станка с элементами, обозначенными на схеме (1), (2), (3).

Электрохимическая ячейка - пропиленовая ёмкость с отводом, где находится хлоридсеребряный электрод сравнения. Платиновый дополнительный электрод помещается в ячейку на небольшом (10–15мм) расстоянии от дна.

В центре нижнего основания ячейки имеется выемка с размерами, позволяющими поместить в неё образец. Кроме того, в основание помещён контакт с выводом для приборов электрохимических измерений и температуры.

Конструкция машины даёт возможность изменять нагрузку, значение которой контролируется тензоизмерительным прибором, и скорость вращения нагрузочного тела.

Нагрузочное тело – цилиндрической формы изделие с площадью торцевых поверхностей, где осуществляется контакт с образцом, большей, чем поверхности образца.

Машина трения даёт возможность:

1. определять электродные потенциалы образцов,
2. зафиксировать постоянные потенциал или силу тока, и произвести испытания при неизменных параметрах потенциала и тока
3. получать поляризационные кривые (функции электродного потенциала от плотности тока)

Более детально методика изложена в работе [8], разработанная методика позволяет получить информацию о скорости электродных реакций коррозионного процесса в ходе коррозионно-механического износа и состоянии поверхности образцов.

Нагрузка на образец составляла 10,7 кг. Испытания проводили в 3 % растворе хлорида натрия, приготовленном на дистиллированной воде из соли квалификации ч. д. а. Время испытаний составляло 0,5 часа, температура испытаний $21 \pm 1^{\circ}\text{C}$.

Коррозионный износ определяли по содержанию железа (II) в растворе хлорида натрия, которое определяли фотометрическим методом с помощью фотометра «Эконикс-Эксперт». Аликвоту фотометрировали сульфосалициловой кислотой при $\lambda = 425$ нм. Полученные результаты пересчитывали на массовый показатель износа (скорость коррозии) K_m по формуле:

$$K_m = \frac{m}{S \cdot \tau}, \text{ г/м}^2 \cdot \text{час}$$

где m , г – масса железа (II), S , м^2 – площадь образца, τ , час – время испытаний.

В качестве ингибиторов коррозии изучали дихромат калия $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$, вольфрамат натрия Na_2WO_4 и тетраборат натрия $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$, которые используются в

качестве ингибиторов коррозии стали в нейтральных средах. Ингибиторы вводили в 3% раствор хлорида натрия массой 1 г/л каждый. Результаты испытаний среднее арифметическое из пяти параллельных испытаний. Относительная погрешность результатов измерений не превышала 10%.

Результаты исследований представлены в таблице.

Таблица. Влияние ингибиторов на скорость коррозии стали 40Х при износе в 3% растворе NaCl

| Ингибитор | Скорость коррозии $K \cdot 10^3, \text{г/м}^2 \cdot \text{час}$ |
|----------------|---|
| Без ингибитора | 1,74 |
| $K_2Cr_2O_7$ | 0,72 |
| Na_2WO_4 | 0,91 |
| $Na_2B_4O_7$ | 1,23 |

Результаты исследований показывают, что введение ингибитора в 3 % раствор NaCl снижает скорость износа по сравнению с испытаниями в растворе, не содержащем ингибитора. Наиболее эффективно снижает скорость износа дихромат калия с 1,74 до 0,72 г/м² · час. Наименее эффективным оказался тетраборат натрия, введение которого в 3% раствор хлорида натрия снижает скорость износа с 1,74 до 1, 23 г/м² · час.

Наблюдаемое снижение износа в присутствии ингибиторов обусловлено их способностью адсорбироваться на поверхности и образовывать оксидные плёнки. Присутствие плёнки тормозит протекание реакции коррозионного процесса. Действительно, изученные ингибиторы относят к ингибиторам анодного действия [7].

Эффективность защиты от коррозионного износа обусловлена наличием адсорбированных молекул ингибитора на поверхности и зависит от двух причин: способностью их восстанавливаться после удаления с поверхности образца контртелом и прочностью связи «оксид металла-металл». Более детальный механизм повышения коррозионного износа будут уточнён авторами в последующих исследованиях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алцыбеева А. И., Левин С. З., Ингибиторы коррозии металлов. Л.: Химия. 1968.-264 с.
2. Ажогин Ф. Ф. Коррозионное растрескивание и защита высокопрочных сталей . - М: Металлургия, 1974. - 256 с
3. Гаркунов Д. Н., Мельников Э. Л., Гаврилюк В. С. Триботехника : учеб. пособие для вузов - М. : КНОРУС, 2013. - 408 с.
4. Гутман Э. М. Механохимия металлов и защита от коррозии / Э. М. Гутман. - 2-е изд., перераб. и доп. - М. : Металлургия, 1981. - 270 с.

5. Иванов С. С., Логачев К. А., Гузенков С. А., Кохан Л. С., Гузенкова А. С. Установка для испытаний на коррозионный износ металлических материалов // Коррозия: материалы, защита. 2013. № 6. С. 46-48.

6. Романов В. В. Влияние коррозионной среды на циклическую прочность металлов. - М: Наука, 1969. - 219 с.

7. Шлугер М.А., Ажогин Ф.Ф., Ефимов Е.А. . Коррозия и защита металлов М.: Металлургия, 1981. - 216 с

8. Патент РФ на изобретение № 2431820 «Способ испытаний металлических материалов на коррозионный износ».

УДК 622.794

Э. М. Деканоидзе

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССА ЦЕНТРОБЕЖНОГО ОБЕЗВОЖИВАНИЯ ОСАДКОВ СТОЧНЫХ ВОД

Аннотация. В данной статье производятся тестовые исследования центробежного обезвоживания осадков сточных вод, показано как фактор разделения влияет на центробежное обезвоживание.

Ключевые слова: декантер, фактор разделения, центробежное обезвоживание.

E. M. Dekanoidze

Peter the Great St.Petersburg Polytechnic University

STUDIES OF THE PROCESS OF CENTRIFUGAL DEWATERING OF SEWAGE SLUDGE

Abstract. In this article, test studies of centrifugal dewatering of sewage sludge are carried out, it is shown how the separation factor affects centrifugal dewatering.

Keywords: decanter, separation factor, centrifugal dewatering.

Несмотря на актуальность использования центрифуг декантирующего типа для обезвоживания осадков, образующихся на предприятиях коммунального хозяйства в ходе подготовки питьевой воды и очистки сточных вод, теоретические исследования по этим вопросам практически нигде не проводились. До настоящего времени нет определенного представления о механизме самого процесса, нет физической модели процесса сгущения осадков различного типа в осадительных шнековых центрифугах, от которой можно было бы отталкиваться для математического описания этих процессов.

Сопоставление полученных результатов на стаканчиковой центрифуге и декантере ОГШ-321, где время пребывания суспензии в роторе колеблется в пределах 5,4...32 с в зависимости от производительности, показывает, что для ориентировочной оценки эффективности задержания сухого вещества можно использовать лабораторные данные.

График на рис. 1 усредненно характеризует состав городских сточных вод на различных стадиях обезвоживания.

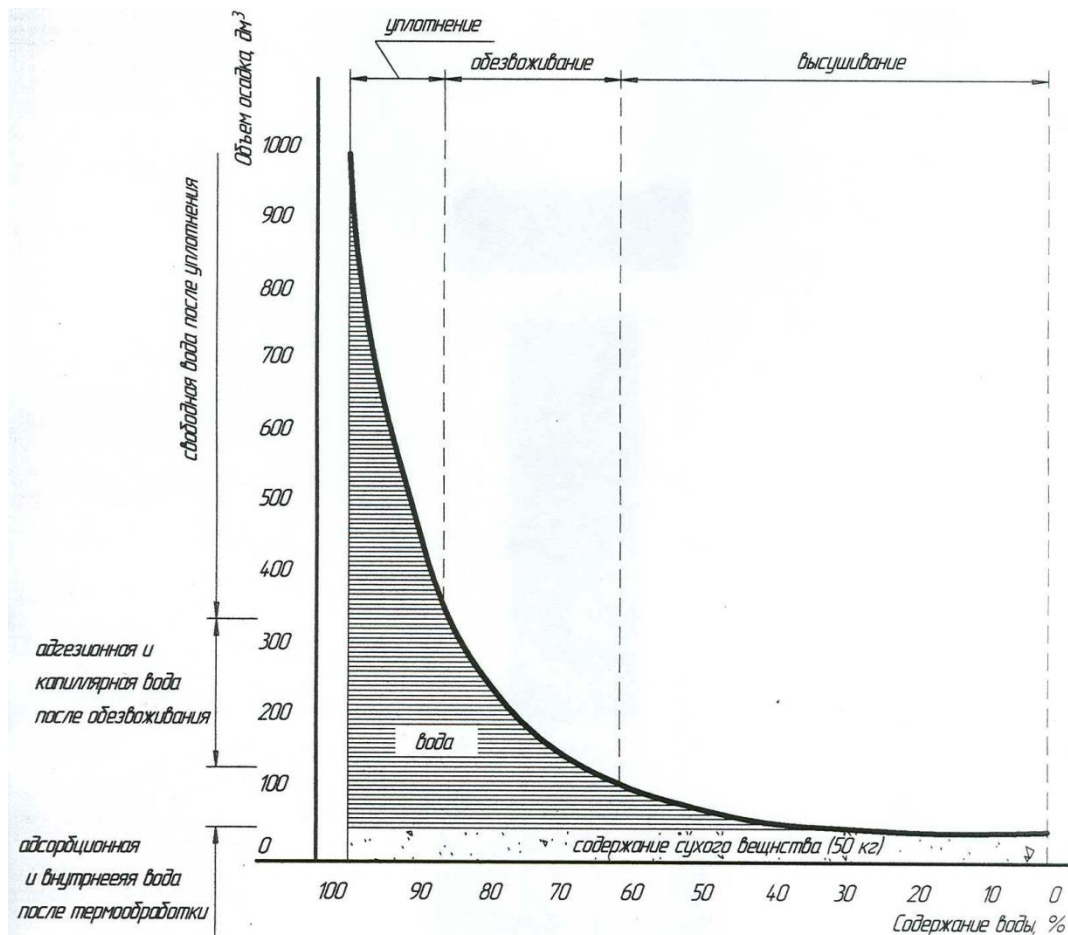


Рис. 1. Изменение объема 1 м³ осадка на определенных этапах отделения воды от твердого вещества

В качестве критерия, характеризующего обезвоживание осадка в центробежном поле, предлагается [1], так называемый, индекс центрифугирования U , см³/г, определяемый соотношением

$$U = 1000V/V_0 C_0,$$

V – объем осадка, см³, полученный на стаканчиковой центрифуге при $n = 6000$ об/мин времени центрифугирования 2 мин;

V_0 – объем исходного осадка, см³;

C_0 - концентрация исходного осадка, г/л.

На основании полученных данных на лабораторной центрифуге ЦЭ-3 и промышленной центрифуге ОГШ-321 установлена зависимость эффективности разделения от индекса центрифугирования (рис. 2).

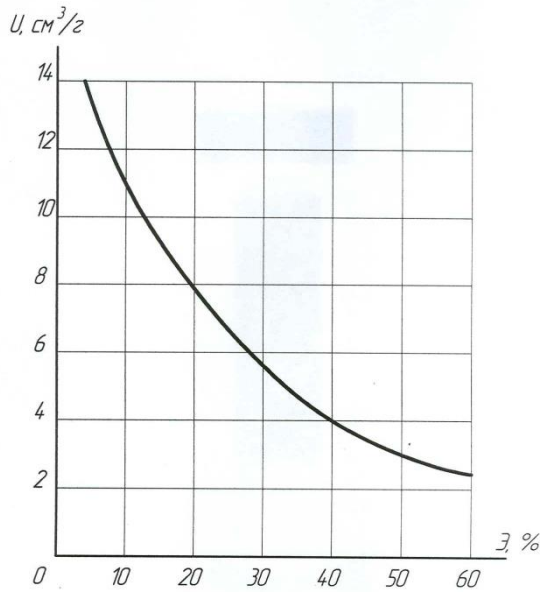


Рис. 2. Зависимость индекса центрифугирования U от эффективности разделения ε

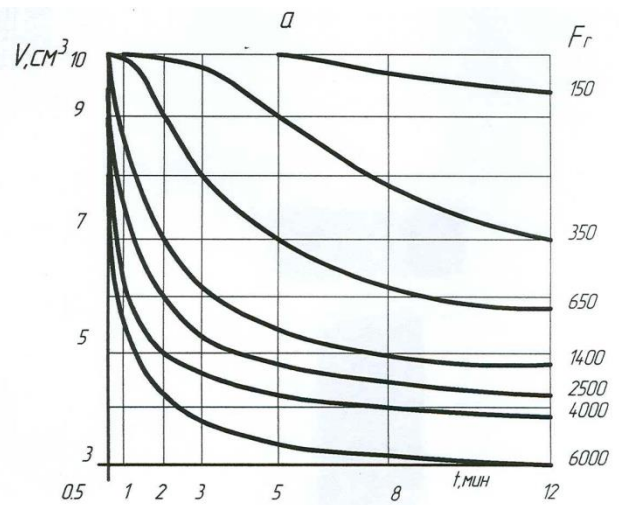


Рис. 3. Зависимость уплотнения активного ила от продолжительности центрифугирования t и фактора разделения F_r

На рис. 3 и 4 приведены кривые зависимости уменьшения объемов в стаканчиковой центрифуге осадков (активного ила и сырого осадка) от времени центрифугирования при различных факторах разделения.

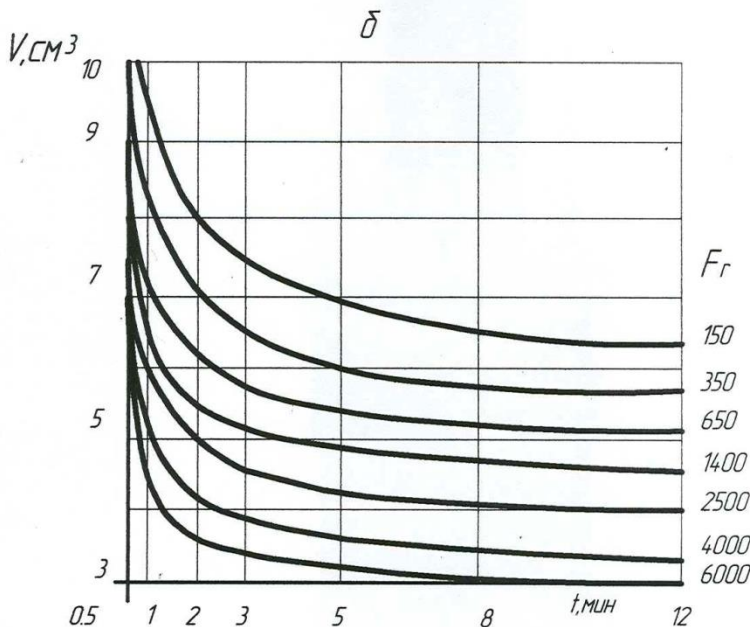


Рис. 4. Зависимость уплотнения сырого осадка бытовых сточных вод от продолжительности центрифугирования t и фактора разделения F_r

Влияние основных показателей процесса центрифугирования: фактора разделения и продолжительности времени центрифугирования на эффективность разделения наглядно может быть продемонстрировано на лабораторной стаканчиковой центрифуге.

Проведенные опыты показали, что при скорости вращения ротора 6000 об/мин ($Fr \approx 2000$) объем осадка резко сокращается уже через 0,5...1 мин. Дальнейшее же центрифугирование не приводит к существенному уменьшению объема.

При малом факторе разделения ($n=150$ об/мин) и продолжительности центрифугирования 12 мин. активный ил практически не уплотняется. В то же время сырой осадок уже к 3 мин. существенно уменьшается по объему.

Для эффективного разделения активного ила по сравнению с сырым осадком требуется большая продолжительность центрифугирования при более высоких факторах разделения. Вместе с тем, даже при факторе разделения $Fr \approx 2000$ и продолжительности центрифугирования более 10 мин не удастся повысить концентрацию ила «с» более чем на 10%, тогда как концентрация обезвоженного сырого осадка s_0 достигает 30%.

Что касается сброженных осадков сточных вод, то их водоотдающие свойства являются наилучшими среди других типов коммунальных осадков (рис. 5 и 6).

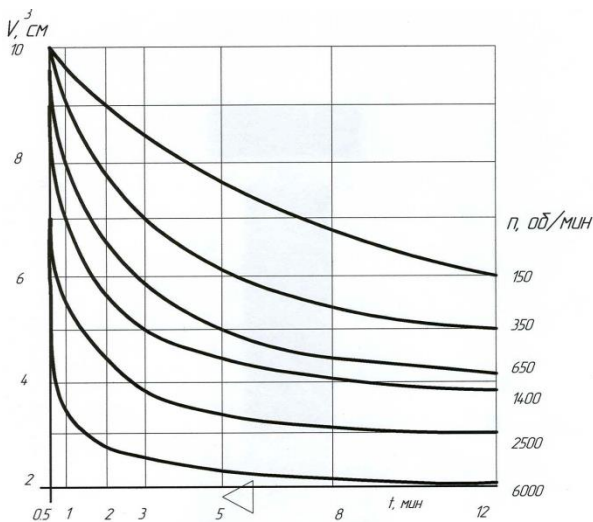


Рис. 5. Зависимость уплотнения сброженного осадка бытовых сточных вод от продолжительности центрифугирования t и фактора разделения F_r

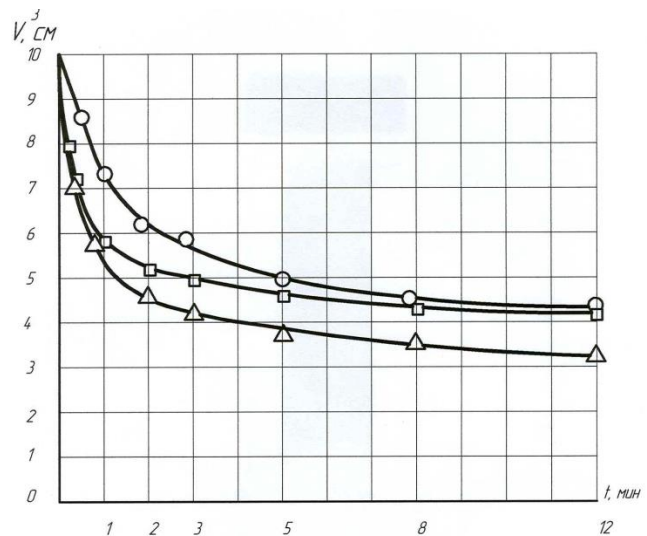


Рис. 6. Зависимость уплотнения осадков Люблинской станции аэрации (Москва) от продолжительности центрифугирования и фактора разделения:
 Δ – активный ил, \square - сырой осадок, \circ - осадок после ферментации (сбраживания)

Таким образом, тестовые исследования центробежного обезвоживания осадков сточных вод показали, что для большинства исследованных осадков удовлетворительные результаты могут быть получены при факторе разделения не менее 2000. При обработке наиболее трудно обезвоживаемых осадков, таких как активный ил, фактор разделения желательнее повысить до 4000.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Отчет о проведении патентных исследований по теме НИР: «Исследование путей создания отечественных высокоэффективных декантирующих центрифуг для предприятий промышленности и городского хозяйства Москвы». М. ООО «Международный институт промышленной собственности», 2015 г.

УДК 614.846.3

Е. С. Долгих, А. Г. Бубнов

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

ВОПРОСЫ ПРИМЕНЕНИЯ СРЕДСТВ ЗАБОРА И ПОДАЧИ ВОДЫ В ЗИМНИЙ ПЕРИОД ЭКСПЛУАТАЦИИ

Аннотация: В статье рассмотрены различные особенности применения средств забора и подачи огнетушащих веществ, используемых пожарно-спасательными подразделениями МЧС России при тушении пожаров в сельских населенных пунктах и местностях с неудовлетворительным водоснабжением. Актуальность исследования обусловлена сложностями использования мотопомп и передвижных насосных установок при заборе воды с открытых водоисточников в условиях отрицательных температур.

Ключевые слова: мотопомпы, пожарно-спасательные подразделения, источники противопожарного водоснабжения, пожарные рукава, аварийно-спасательные работы, Евразийский экономический союз (ЕАЭС).

E. S. Dolgikh, A. G. Bubnov

QUESTIONS OF APPLICATION OF MEANS OF WATER INTAKE AND SUPPLY IN THE WINTER PERIOD OF OPERATION

Abstracts: The article discusses various features of the use of means of intake and supply of extinguishing agents used by fire and rescue units of the Ministry of Emergency Situations of Russia in extinguishing fires in rural settlements and areas with unsatisfactory water supply. The relevance of the study is due to the difficulties of using motor pumps and

mobile pumping units when taking water from open water sources in conditions of negative temperatures.

Keywords: motor pumps, fire-rescue units, sources of fire-fighting water supply, fire hoses, emergency rescue operations, Eurasian Economic Union (EAC).

Целью исследования является определение особенностей работы средств забора и подачи огнетушащих веществ, используемых при деятельности пожарно-спасательных подразделений (ПСП) всех видов пожарной охраны, участвующих в тушении пожаров и ликвидации чрезвычайных ситуаций в наиболее удалённых сельских населённых пунктах и местностях с неудовлетворительным водоснабжением.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ОБСУЖДЕНИЕ

При тушении пожаров в условиях отрицательных температур в наиболее удаленных сельских населенных пунктах и местностях с неудовлетворительным водоснабжением зачастую возникают максимальные трудности для их участников. В частности, согласно [1] для этого готовят рукавные резервные магистральные линии к стволам, которые работают на решающем направлении. При этом крайне важно рукавные линии и арматуру расположить в тёплом месте, в кабинах (насосных отсеках) пожарных автомобилей, а не хранить на открытом воздухе. Также для эффективной работы засыпают соединительные головки снегом; разветвления устанавливают внутри зданий, а при наружной установке утепляют их подручными средствами. При необходимости временно прекратить подачу воды: не перекрывают стволы и разветвлений; не допускают выключения насосов, а наращивают рукавные линии или заменяют рукава – после уменьшения давления в линии. Также в рамках мероприятий по обеспечению боевых действий готовят резерв личного состава; организуют запас паяльных ламп и горячей воды или пара для отогревания трубопроводов в насосных отсеках пожарных автомобилей или рукавных соединений; организуют медицинское наблюдение за личным составом, его обогрев и переодевание в сухую одежду. При работе в помещениях во избежание излишнего пролива воды и замерзания линий не перекрытые стволы выводят в не горящие смежные помещения.

В зимний период бесперебойная подача воды к месту работы связана с большими трудностями, особенно в районах, где температура воды в открытых водоёмах, реках и озерах – до 0 °С. Иногда вода в рукавных линиях замерзает, так как отдаёт теплоту в окружающее пространство. Количество теряемой теплоты пропорционально разности температур воды и окружающего воздуха и возрастает с уменьшением скорости движения воды. Таким образом, по мере движения воды по рукавной линии температура её понижается. Особенно велика опасность замерзания воды в рукавной линии в начальный период работы насоса. При наружной температуре минус 40 °С и ниже, температура стенок рукавов близка к температуре окружающего воздуха, и поступающая в них вода быстро охлаждается, превращаясь иногда в ледяную «шугу», которая препятствует ее выходу из ствола. Чтобы избежать образования льда в рукавах, воду подогрева-

ют в полости насоса. При работе насоса на максимальных оборотах и не полностью открытой задвижке напорного патрубка, вода нагревается от трения в рабочем колесе и корпусе насоса. Степень нагрева зависит от количества воды, подаваемой насосом в рукавную линию, напора развиваемого насосом и температуры воздуха. При работе на открытых водоисточниках целесообразно забирать воду с больших глубин, где температура её несколько выше, чем в верхних слоях или надо льдом, что позволяет подать воду на большее расстояние.

Для поддержания работоспособности рукавных линий используют заранее подготовленные компактные источники тепла, паяльные лампы, факелы. Также, в качестве теплоносителя, используются горячая вода ее производные и выхлопные газы двигателей внутреннего сгорания, а также предусматриваются различные теплотехнические защитные устройства. Но все они зачастую малоэффективны и предназначены в основном, прежде всего, для уборки замороженных рукавных линий или локального подогрева. Предотвратить обледенение напорной рукавной линии возможно и химическим способом, введением специальных веществ в воду позволяет снизить температуру её кристаллизации. Перспективным считается введение в воду морозоустойчивых (-40 °С – -50 °С) пенообразователей, а также использование ультразвука, температурно-активированной («перегретой») воды. Кроме того, от обледенения в пожарных рукавных линиях можно избавиться созданием определённых гидравлических параметров, регулицией длины рукавных линий и расходов. При создании больших напоров воды в рукавных линиях, температура кристаллизации будет ниже.

Забор и подача воды на пожар из водоисточников с неудовлетворительными подъездами и местами забора представляют особую сложность. Так, если расстояние от места установки пожарной машины до места забора воды по горизонтали небольшое, воду забирают с помощью удлиненной всасывающей линии. В этом случае следует помнить, что всасывающая линия должна состоять не более чем из трех-четырех рукавов длиной по 4 м. При этом высота всасывания воды не должна превышать 4-5 м.

Из водоисточников с плохими подъездами воду можно забрать с помощью переносных и прицепных мотопомп, которые устанавливаются и закрепляются на отдельных площадках у места забора. Затем от мотопомпы вода подается к позициям или в емкость автоцистерны, от которой обеспечивается работа стволов на пожаре. Согласно раздела XXII Правил [2] запрещается работа мотопомпы со снятыми защитными кожухами; при подтекании топлива из бака и трубопровода и с превышением предельных давлений, указанных в технической документации завода-изготовителя. Также запрещается эксплуатация мотопомпы у открытых линий электропередач, находящихся под напряжением и расположенных в радиусе действия струи пожарного ручного ствола и их установка в глубоких колодцах и шахтах. Предельное расстояние, на которое можно подать воду от мотопомп, установленных на водоисточник, к стволам или в емкость автоцистерн, определяют по формуле (1).

$$L_{\text{пр}} = \left(\frac{H_{\text{н}} - (H_{\text{пр}} \pm Z_{\text{м}} \pm Z_{\text{пр}})}{SQ^2} \right) \times 20, \quad (1)$$

где $L_{\text{пр}}$ - предельное расстояние, м; $H_{\text{н}}$ - напор на насосе, м; $H_{\text{пр}}$ - напор у разветвления, лафетных стволов и пеногенераторов. м (потери напора в рабочих линиях от разветвления в пределах двух - трех рукавов во всех случаях не превышает 10 м, поэтому напор у разветвления следует принимать на 10 м больше, чем напор у насадка ствола, присоединенного к данному разветвлению); $\pm Z_{\text{м}}$ - наибольшая высота подъема (+) или спуска (-) местности на предельном расстоянии, м; $\pm Z_{\text{пр}}$ - наибольшая высота подъема или спуска приборов тушения (стволов, пеногенераторов) от места установки разветвления или прилегающей местности на пожаре, м; S - сопротивление одного пожарного рукава; Q - суммарный расход воды одной наиболее загруженной магистральной рукавной линии, л/с; SQ^2 - потери напора в одном рукаве магистральной линии, м.

Существующим Постановлением Правительства Российской Федерации [3], утвержден перечень промышленных товаров, происходящих из иностранных государств (за исключением государств - членов Евразийского экономического союза (ЕАС)), в отношении которых устанавливается запрет на допуск для целей осуществления закупок для государственных и муниципальных нужд. В частности, в приложении к [3] такой промышленный товар как, мотопомпа пожарная отсутствует. Соответственно ориентироваться в настоящее время можно не только на продукцию отечественного производства, изготовленную в соответствии с ГОСТ Р 53332-2009 [4], но и на зарубежные аналоги и модели. В нашей стране наиболее эксплуатируемыми в ПСП являются мотопомпы Вепрь МП-800, ТАНКЕР-30В.50, а из зарубежных аналогов наиболее востребованы модели ROBIN-SUBARU PTG 110, KOSHIN SEV-25F, HONDA WB30XT. Данные производители сходны наличием бензиновых и дизельных двигателей зарубежного производства, но отличаются друг от друга конструктивным исполнением дополнительного оборудования. Благоприятные отзывы, о данных моделях оставляют не только представители ПСП, но и большинство работников, когда-либо принимавших участие в тушении пожаров и проведении аварийно-спасательных работ (АСР). Примерный алгоритм расчета параметров при подборе мотопомпы [5]:

- 1) определяем высоту всасывания (H_3 – эквивалентная высота);
- 2) определяем производительность мотопомпы (Q -необходимый расход воды на выходе);
- 3) подбираем мощность мотопомпы (по графику зависимости высоты от производительности - рис. 2);
- 4) зная мощность, подбираем модель мотопомпы.

При расчётах, для начала определяют высоту всасывания (высоко ли насос находится над точкой забора воды). Средняя высота всасывания, заложенная производителем, равна 7-ми метрам. Значение (Н) - это максимальное значение напора жидкости, равна сумме высоты нагнетания (H_d) и высоты всасывания (H_s), или другими словами, высота от поверхности воды до самой высокой точки трубопровода.



Рис. 1. Расчетные параметры при заборе воды пожарной мотопомпой с открытого водоисточника

где H – высота разбора (от уровня забора жидкости до уровня выброса жидкости); H_s – высота забора (от уровня забора жидкости до всасывающего патрубка). Эта величина не может превышать 8.5 м в соответствии с законами физики; H_d – высота подъёма (от уровня мотопомпы до уровня выброса); L – общая длина трубопровода от точки забора до точки выхода воды; L_s – длина трубопровода от точки забора до мотопомпы; L_d — длина трубопровода от мотопомпы до точки разбора; P_r — давление жидкости на выходе из прибора подачи воды (1 бар = 10 м вод. столба)

Приведем формулы для расчета эквивалентной высоты $H_э$ (2) и высоты всасывания H (3):

$$H_э = H + 0,25L H + 0,25L \quad (2)$$

$$H = H_s + H_d + P_r \quad (3)$$

Полная длина трубопровода при заборе воды, подаваемой мотопомпой, установленной на водоисточник, зависит от производительности и напора на насосе, высоты подъема местности, гидравлического сопротивления рукавов и длины магистральной линии и определяется по формуле (4):

$$L = L_s + L_d + K, \quad (4)$$

где L_s - длина трубопровода от точки воды забора до мотопомпы; L_d - длина трубопровода от мотопомпы до точки выброса; K - эквивалентное значение гидравлических потерь в м ($K=K_1+K_2+\dots+K_N$).

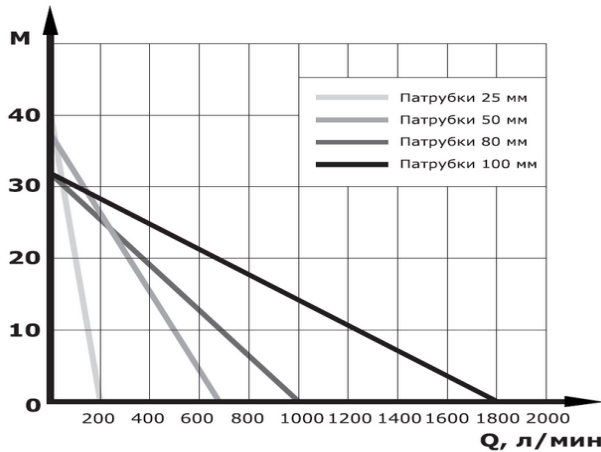


Рис. 2. Примерный график определения производительности мотопомпы в зависимости от максимального значения напора жидкости

ВЫВОДЫ

1. Формированию отрицательной динамики последствий пожаров для наиболее удаленных подразделений пожарной охраны на территории обслуживания местных пожарно-спасательных гарнизонов должно поспособствовать в том числе и использование качественных и недорогих мотопомп и передвижных насосных установок для забора и подачи воды. Согласно [3], приобретение мотопомп для нужд государственных и не государственных подразделений пожарной охраны не ограничено производителями ЕАС, что существенно расширяет номенклатуру их выбора. В большей степени это касается общественных учреждений добровольной пожарной охраны, принимая во внимание уровень практической подготовки личного состава, а также в большинстве случаев степень готовности к реагированию данного типа подразделений. Такие же подразделения как муниципальные, ведомственные и частные могут иметь ограниченный, но свой бюджет, исходя из которого, вправе самостоятельно осуществлять выбор пожарно-технического оборудования. К сожалению оснащение данных ПСП в настоящее время дополнительно осложняется системой тендеров и последующим заключением контрактов, в соответствии с Федеральным законом [6]

2. Фактически при производстве пожарных мотопомп в России применяется основной нормативный документ – это ГОСТ Р 53332-2019, но в процессе эксплуатации данного оборудования не учитывается влияние препятствующих современным пожарным и спасателям дополнительным факторам (расстояние от места пожара до водоисточника, сложность подъезда к нему, наличие ледяного покрова и уровень воды в нем). Условия, при которых производится забор и подача воды мотопомпами требуют дополнительных сил и средств, а также способов поддержания температуры огнетушащего вещества и дистанционного контроля параметров при эксплуатации в условиях дефицита времени для спасения людей, тушения пожара при проведении связанных с ним АСР.

3. С учетом многообразия номенклатуры эксплуатируемых средств забора и подачи огнетушащих средств, видится логичным включить дополнительную комплектацию того или иного типа мотопомп для каждого конкретного субъек-

та Российской Федерации, чтобы остановить свой выбор на отечественных производителях. Не менее важно, чтобы интересы и мнения принимающих непосредственное участие в тушении пожаров, проведении АСР пожарных и спасателей эксплуатирующих это оборудование, также были бы учтены.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Об утверждении Боевого устава подразделений пожарной охраны, определяющего порядок организации тушения пожаров и проведения аварийно-спасательных работ: [приказ МЧС России: принят 16.10.2017 г.: по состоянию на 03 ноября 2018г.]. – М.: МЧС России, 2017. – 69 с.

2. Об утверждении Правил по охране труда в подразделениях пожарной охраны [приказ Министерства Труда и Социальной Защиты РФ: принят 11.12.2020 г.: по состоянию на 10 ноября 2021]. – М.: МТиСЗ РФ, 2020. – 81 с.

3. Постановление Правительства РФ от 30 апреля 2020 г. N 616 «Об установлении запрета на допуск промышленных товаров, происходящих из иностранных государств, для целей осуществления закупок для государственных и муниципальных нужд, а также промышленных товаров, происходящих из иностранных государств, работ (услуг), выполняемых (оказываемых) иностранными лицами, для целей осуществления закупок для нужд обороны страны и безопасности государства» [Электронный ресурс] <http://gov.garant.ru/SESSION/PILOT/main.htm> (дата обращения: 15.08.2022).

4. ГОСТ Р 53332-2019 Техника пожарная. Мотопомпы пожарные. Общие технические требования. Методы испытаний. Национальный стандарт Российской Федерации. – М.: Стандартинформ, 2020. – 25 с.

5. Расчет производительности мотопомпы. Описание расчета: формулы, таблица, график и пример [Электронный ресурс] // Режим доступа: https://www.td-m.ru/resheniya/vybor_motopompy/ (дата обращения 10.08.2022).

6. О закупках товаров, работ, услуг отдельными видами юридических лиц. [Федер. закон: принят Гос. Думой 8 июля 2011 г. № 223-ФЗ (с изменениями и дополнениями): по состоянию на 2 июля. 2021]. – М.: Кодекс, 2021. 93 с.

УДК 53.097

С. Г. Ивахнюк

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

О ВОЗМОЖНОСТИ ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ТРИБОЛОГИЧЕСКИМИ ПАРАМЕТРАМИ СРЕДСТВ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Аннотация: Предложено рассматривать трибологические механизмы исходя из двух известных физико-химических явлений: внутреннее трение для жидкостей и межфазное трение для типовых кинематических пар. Показана возможность

электрофизического управления образованием электростатических зарядов применительно к объектам обеспечения пожарной безопасности.

Ключевые слова: трение, электрофизическое воздействие, переменный частотно-модулированный потенциал, двойной электрический слой, электростатическое взаимодействие

S.G. Ivakhnyuk

ON THE POSSIBILITY OF ELECTROPHYSICAL CONTROL OF TRIBOLOGICAL PARAMETERS OF FIRE SAFETY EQUIPMENT

Abstracts: It is proposed to consider tribological mechanisms based on two well-known physical and chemical phenomena: internal friction for liquids and interfacial friction for typical kinematic pairs. The possibility of electrophysical control of the formation of electrostatic charges in relation to objects of fire safety is shown.

Keywords: friction, electrophysical action, alternating frequency-modulated potential, electric double layer, electrostatic interaction

Работа системы трения обуславливается целым комплексом внешних и внутренних факторов, значение которых даже на сегодняшнем этапе развития науки и техники окончательно не определено. И если внешние достаточно конкретно определены и к ним относят, например, физико-механические свойства материалов, скорости относительного перемещения трущихся тел, факторы внешней среды и пр., то с внутренними – не все так однозначно. Ряд авторов относит к ним процессы электрической природы, сопутствующие трению и износу металлов и их сплавов, полимеров и композиционных материалов на их основе, и являющихся, по сути, своеобразными каналами диссипации энергии трения [1, 6].

Предполагают, что при соприкосновении двух тел происходит переход зарядов от одного тела к другому, что приводит к созданию двойного электрического слоя. На двух контактных поверхностях образуются слои электрических зарядов противоположных знаков, расстояние между которыми равно лишь нескольким молекулярным диаметрам. В определенных случаях возможно образование двойного слоя только на одной поверхности. В случае сухого механизма коэффициент трения будет определяться помимо шероховатости и электростатическим взаимодействием. Двойные контактные слои возникают и при контакте твердого тела с жидкостью [8]. Поскольку двойной слой есть важный элемент в процессе генерации статического электричества, то представляет значительный интерес оценка влияния на работу сил трения средств физического управления механизмами электростатического взаимодействия.

Стоит дополнить, что согласно [9] трение можно рассматривать как итог реализации двух различных сценариев:

- внутреннее трение;
- межфазное трение.

Следуя этим посылам можно выделить несколько первоочередных проблем, присущих вопросам обеспечения пожарной безопасности.

Первые связаны с внутренним трением, например, внутри элементарных объемов воды, выступающей в качестве основного огнетушащего вещества, где трение определяет массовую скорость при ее перекачке и эффективность тушения. Трение также оказывает влияние на коллоидно-физические процессы, ответственные за стабильность и кратность воздушно-механических пен. Для решения этих проблем необходимо понимание механизмов управления такими коллигативными характеристиками воды как, например, поверхностное натяжение и вязкость.

Проблема межфазного трения является критичной в случае обеспечения эффективности взаимодействия стандартных кинематических пар (двигатели внутреннего сгорания, мотопомпы и пр.) вследствие возникновения негативных электростатических взаимодействий при сухом трении и необходимости поддержания в них регламентированных значений вязкости смазочных материалов.

Возможность управления механизмами электростатического взаимодействия экспериментально доказана при воздействии на подобные объекты переменным частотно-модулированным потенциалом [4, 5], где в качестве устройства, его генерирующего, использовали электронный прибор, выпускающийся серийно на основе российской конструкторской документации (ТУ 4218-001-56316494-2004) фирмой «ПаньБао» (КНР).

Примерами могут послужить приведенные в табл. 1 экспериментальные данные о влиянии переменного частотно-модулированного потенциала на вязкость, поверхностное натяжение и другие показатели воды, приводящее к повышению ее огнетушащей способности и возможности увеличения массового расхода при перекачке.

Таблица 1. Физико-химические показатели контрольных и электрофизически обработанных образцов воды [10]

| Физико-химические показатели воды | Контрольный образец | Образец после электрофизической обработки |
|---|----------------------------|--|
| pH | 6,96 | 7,23 (+ 4 %) |
| ОВП (Red/Ox), mV | 103,0 | 79,3 (- 23 %) |
| Плотность, кг/м ³ | 997,30 | 996,24 (- 0,1 %) |
| Поверхностное натяжение, σ , мН/м | 72,13 | 57,36 (- 20 %) |
| Испарение с поверхности «открытого зеркала» в течение 30 мин, % | 67 | 84 (+ 25 %) |
| Осмотическое давление, π_0 , кПа | 34,3 | 38,9 (+ 13 %) |
| Динамическая вязкость, μ , мПа·с | 0,921 | 0,902 (- 2 %) |

Существенные изменения коллигативных и химических свойств воды находят свое отражение в изменении пожарно-технических свойств воздушно-механических пен, сведения о которых представлены в табл. 2.

Таблица 2. Зависимость кратности, стабильности воздушно-механической пены и времени тушения от воздействия переменным частотно-модулированным потенциалом на воду [2]

| | Время тушения модельного очага пожара класса В | Время разрушения пены на 50 % | Объем пены |
|--|---|--------------------------------------|--|
| Подача пены без обработки воды | 3,56 сек | 9 мин. 32 сек | 4,35 м ³ (7,4x4,7x0,125) |
| Подача пены, при обработке воды в течение 30 минут | 1,93 сек | 10 мин. 34 сек. | 2,02 м ³ (5,1x4,4x0,09) |
| Подача пены, при обработке воды в течение 60 минут | 2,7 сек | 11 мин. 18 сек. | 1,1 м ³ (4,7x3,9x0,06) |

Таким образом, с увеличением времени обработки переменным частотно-модулированным потенциалом воды кратность пены уменьшается. Но, следует отметить, что с уменьшением кратности симбатно увеличивается плотность воздушно-механической пены и ее стабильность.

Не стоит забывать, что трение также обуславливает сыпучесть и слеживаемость порошковых огнетушащих составов. В отношении их характеристик уместно указать на эффект от воздействия переменного частотно-модулированного воздействия, проявляющийся в положительном влиянии на снижение электростатического потенциала измельчаемых продуктов и улучшении их физико-механических свойств. Так, проведенные экспериментальные исследования показали, что удельный заряд, накапливающийся на измельчаемых образцах дефторированного фосфата кальция (ДФФ), под действием переменного частотно-модулированного потенциала становится ниже на 19,4 %, что продемонстрировано на рисунке.

Перспективы применения серийно выпускаемых генераторов переменного частотно-модулированного потенциала непосредственно к механическим устройствам (двигателям внутреннего сгорания и насосному оборудованию пожарно-технического вооружения) в настоящее время экспериментально подтверждены только лабораторными испытаниями, проведенными на базе Петербургского государственного университета путей сообщения Императора Александра I. Результатами испытаний выявлены положительные изменения характера индикаторных диаграмм дизельных двигателей тепловозов, сопровождающиеся, также, снижением расхода

топлива. Предполагается, что основными причинами этих изменений является нейтрализация статического электричества в кинематических парах механизмов и понижение вязкости моторного масла вследствие электрофизического воздействия переменным частотно-модулированным потенциалом.

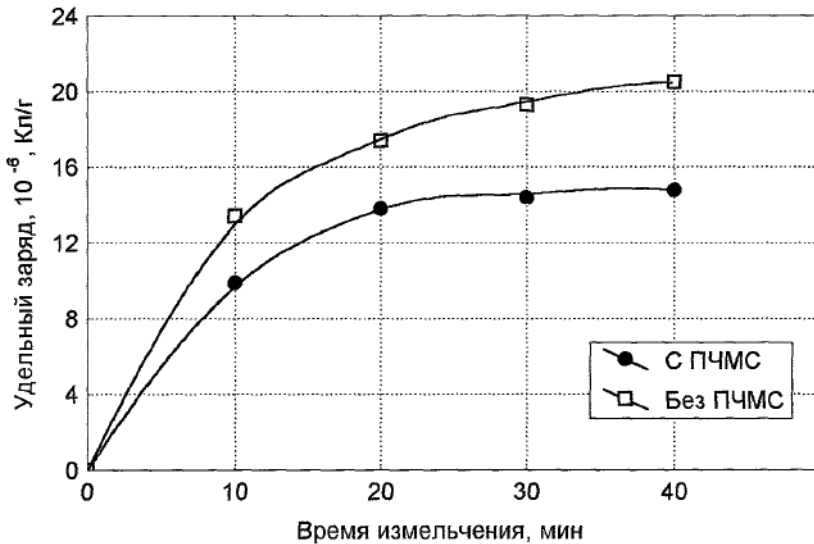


Рисунок. Зависимость удельного заряда ДФФ от времени измельчения [7]

Обобщить характер электрофизического воздействия на смазочные материалы различной природы позволяет табл. 3.

Таблица 3. Прогнозируемые эффекты электрофизического воздействия на вещество и возможные сферы их применения в народном хозяйстве [3]

| <i>Электрофизическое воздействие (переменный частотно-модулированный потенциал) на:</i> | |
|---|--|
| <u>Полярные вещества</u> (водородные связи +) | <u>Неполярные вещества</u> (водородные связи-) |
| W когезии ↓ W адгезии ↑ | W когезии ↑ W адгезии ↓ |
| <i>Коллигативные свойства</i> | |
| Поверхностное натяжение ↓ | Поверхностное натяжение ↑ |
| Показатель преломления ↓ | Показатель преломления ↑ |
| Скорость испарения ↑ | Скорость испарения ↓ |
| <i>Вероятные прикладные сферы применения</i> | |
| Сельское хозяйство (интенсификация процессов фотосинтеза, вегетации, всхожести, корнеобразования и пр.) | Транспорт и хранение нефтепродуктов (обеспечение энергоресурсосбережения, промышленной и экологической безопасности) |
| Медицина (электрофизическая регуляция дыхания и кровообращения газодымозащитников, производство ранозаживляющих, болеутоляющих и косметических средств) | Взрывопожаробезопасность (методы управления свойствами углеводородных жидкостей в задачах обеспечения пожарной безопасности) |

Перспективы дальнейших исследований по управлению трибологическими параметрами огнетушащих веществ и механическими устройствами средств пожарного вооружения усматриваются в необходимости получения количественных оценок влияния на них переменных частотно-модулированных потенциалов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Акустические и электрические методы в триботехнике / А.И. Свириденко, Н.К. Мышкин, Т.Ф. Калмыкова, О.В. Холодилов ; Академия наук Белорусской ССР, Институт механики металлополимерных систем. – Минск: Наука и техника, 1987. – 280 с.
2. Волик, А.С. Влияние электрического поля на огнетушащие свойства воздушно-механической пены / А.С. Волик, А.В. Квашнин, Г.К. Ивахнюк // Проблемы управления рисками в техносфере. – 2020. – № 3(55). – С. 103-107.
3. Ивахнюк, С.Г. Научно-технические инновации по снижению концентрации техногенного CO₂ в атмосфере за счет повышения его абсорбции / С.Г. Ивахнюк, Л.А. Королева // Проблемы управления рисками в техносфере. – 2022. – № 2(62). – С. 69-79.
4. Ивахнюк, С.Г. Определение показателей и минимизация пожаровзрывоопасности химических производств новых фармпрепаратов нейтрализацией статического электричества : дис. канд. техн. наук / С.Г. Ивахнюк ; СПб, 2007. – 150 с.
5. Патент № 2479005 С2 Российская Федерация, МПК G05B 24/02, H03B 28/00. Способ и устройство управления физико-химическими процессами в веществе и на границе раздела фаз : № 2011118347/08 : заявл. 21.01.2010 : опубл. 10.04.2013 / Г.К. Ивахнюк, В.Н. Матюхин, В.А. Клачков [и др.].
6. Рыжкин, А.А. Об электрических явлениях при трении / А.А. Рыжкин, В.Э. Бурлакова // Вестник Донского государственного технического университета. – 2011. – Т. 11. – № 9(60). – С. 1564-1573.
7. Сукманов, А.В. Электрофизический метод снижения энергопотребления и аспирационных выбросов при измельчении неорганических материалов : дис. канд. техн. наук / А.В. Сукманов ; СПбГТИ(ТУ). – СПб, 1999. – 171 с.
8. Тэнэсеску, Ф. Электростатика в технике / Пер. с рум., под ред. А.А. Обуха: с предисл. Я.М. Колотыркина. – М.: Энергия, 1980. – 296 с.
9. Фролов Ю.Г. Курс коллоидной химии. Поверхностные явления и дисперсные системы. Учебник для вузов – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Химия, 1988. 464 с.
10. Электрофизические и нанохимические инновации в обеспечении энерго-ресурсосбережения, промышленной и экологической безопасности / Д.С. Азимов, С.В. Колесников, Г.К. Ивахнюк [и др.] // Известия Санкт-Петербургского государственного технологического института (технического университета). – 2018. – № 46(72). – С. 120-122.

УДК 62-1/-9

И. Д. Калашников, И. И. Ведерникова

Ивановский государственный энергетический университет имени В. И. Ленина

ОПТИМИЗАЦИЯ КОНСТРУКЦИЙ НА ЭТАПЕ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Ключевые слова: конструкция, надежность, оптимизация, расчетная модель.

Аннотация: Объектом исследования являются проблемы сохранения прочности деталей летательных аппаратов при оптимизации конструкции.

I. D. Kalashnikov, I. I. Vedernikova,

Ivanovo State power University named after V. I. Lenin

OPTIMIZATION OF STRUCTURES AT THE DESIGN STAGE

Keywords: design, reliability, optimization, calculation model.

Abstract: The object of the study is the problems of maintaining the strength of aircraft parts while optimizing the design.

Летательный аппарат представляет собой сложную конструкцию, работающую в широком диапазоне нагрузок и тепловых режимов. Всё это затрудняет точный расчёт и требует обращения к приближённым методам расчёта, вводя различные допущения, погрешность которых может быть определена только путём сравнения с экспериментом.

При создании нового летательного аппарата формулируется ряд требований, которым он должен удовлетворять. К данным требованиям относятся: прочностные, технологические и эксплуатационные. Технологические требования направлены на обеспечение простоты и дешевизны изготовления, ремонта конструкции, применение при ее изготовлении недефицитных материалов. Эксплуатационные требования направлены на обеспечение простоты и удобства технической эксплуатации. Прочностные требования являются наиболее значимыми т.к. все свойства, заложенные на этапе проектирования, обеспечиваются при изготовлении и поддерживаются при эксплуатации. Данные требования направлены на необходимость обеспечения при минимальном весе конструкции достаточность ее прочности и жесткости, отсутствия вибраций, наличие должного ресурса, надежности и живучести. При проектировании также обеспечивается совершенствование аэродинамики и конструкции всех систем с целью повышения летных данных. Учитывая данные требования, резко возросла стоимость такого оборудования и стоимость эксплуатации. Поэтому в настоящее время главным, общепризнанным критерием оценки является стоимость и трудоемкость изготовления, монтаж, сроки сборки.

Минимальный вес конструкции может быть разделён на две основных части:

1) зависящей непосредственно от внешних нагрузок, свойств материала и длины, на которую должно передаваться действие нагрузки;

2) зависящей в основном от размеров и геометрической формы конструкции.

Исходя из сказанного, сформулирована цель работы – произвести оптимизацию конструкции консоли кия с учетом требований прочностной надежности.

Расчет консоли из титанового сплава: поворотная консоль выполнена из титанового сплава ВТ4. Свойства используемых материалов представлены в табл. 1.

Расчетные нагрузки и температуры:

Расчётная нагрузка на консоль: $P_{к.ст.}^p = \pm 1950 \text{ кгс}$

Расчётные температуры: расчётные температуры нагрева поворотной консоли стабилизатора не превышают значений – для передней кромки $T \leq 600 \text{ }^\circ\text{C}$; для узлов $T \leq 300 \text{ }^\circ\text{C}$.

Таблица 1. Физико-механические характеристики ВТ4

| T, °C | 20 | 300 | 400 | 450 | 500 | 550 | 600 |
|----------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| σ_B , МПа | 980 | 800 | 730 | 730 | 710 | 680 | 610 |
| $\sigma_{0,2}$, МПа | 870 | 600 | 590 | 580 | 580 | 550 | 550 |
| E, ГПа | 113 | 104 | 96 | 94 | 90 | 84 | 77 |

Расчет проведён МКЭ с помощью программного комплекса ANSYS-Workbench. Расчетная модель составлена на базе электронной модели стабилизатора, сделанной в SolidWorks, и представлена на рис. 1.

К консоли приложена сила. Закрепление по месту установки поворотного узла. Поле эквивалентных напряжений консоли представлено на рис. 2.

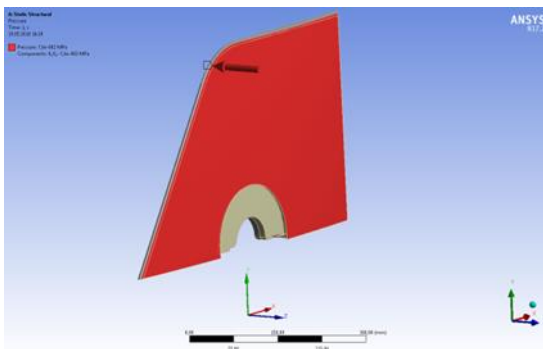


Рис.1. Расчетная модель



Рис. 2. Эквивалентные напряжения в обшивке, МПа. Запас прочности $\eta > 2$

Вывод: использование титанового сплава нецелесообразно как по условиям прочности (запас прочности $\eta \gg 2$), так и по весу, так как на этапе разработок было принято решение делать оперение фрезерованием из плит с технологическим ограничением толщины 2 мм и более.

Расчет консоли из алюминиевого сплава.

Свойства используемых материалов представлены в табл. 2.

Таблица 2. Физико-механические характеристики сплава

| T, °C | σ_B , МПа | $\sigma_{0,2}$, МПа | E, МПа |
|-------|------------------|----------------------|--------|
| 20 | 320 | 160 | 68000 |

Расчетные нагрузки и температуры:

Расчётная нагрузка на консоль: $P_{к.ст.}^p = \pm 1950 \text{ кгс}$

Расчётные температуры: расчётные температуры нагрева поворотной консоли стабилизатора не превышают значений – для передней кромки $T \leq 600 \text{ }^\circ\text{C}$; для узлов $T \leq 300 \text{ }^\circ\text{C}$.

Расчет проведён МКЭ с помощью программного комплекса ANSYS-Workbench. Расчетная модель составлена на базе электронной модели стабилизатора, сделанной в SolidWorks, и представлена на рис. 3.

К консоли приложена сила. Закрепление по месту установки поворотного узла. Поле эквивалентных и нормальных напряжений консоли представлено на рис. 4. Максимальные напряжения $\sigma_{эКВ} = 152 \text{ МПа}$ (можно убрать скруглением или незначительным утолщением). Напряжения у узла $\sigma_{\text{max уз}} = 81 \text{ МПа}$.

Максимальные напряжения $\sigma_{эКВ} = 80 \text{ МПа}$ (у узла, в районе крепления с лонжероном). Эквивалентные напряжения в пластинах $\sigma_{\text{пл max}} \leq 70 \text{ МПа}$.

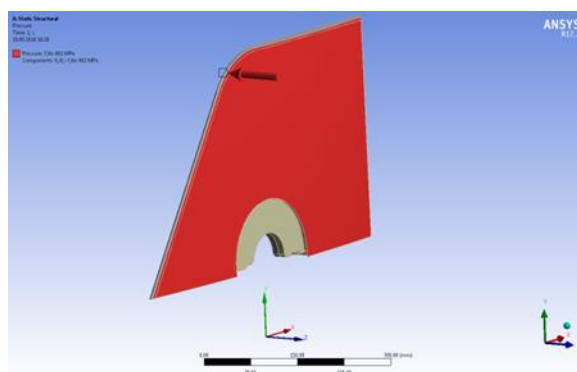


Рис. 3. Расчетная модель

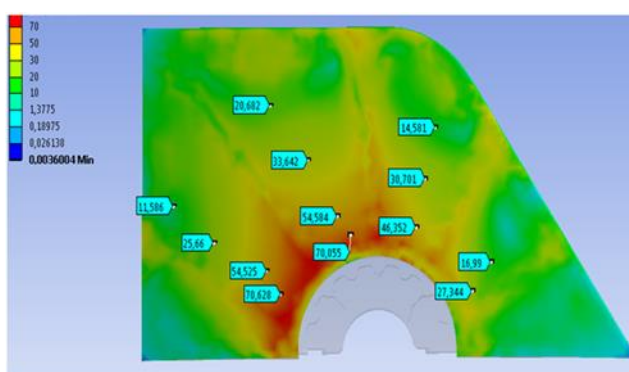


Рис. 4. Эквивалентные напряжения в обшивке, МПа

Устойчивость плоской пластины, шарнирно опертой, с приведённой шириной и длиной (рис. 5).

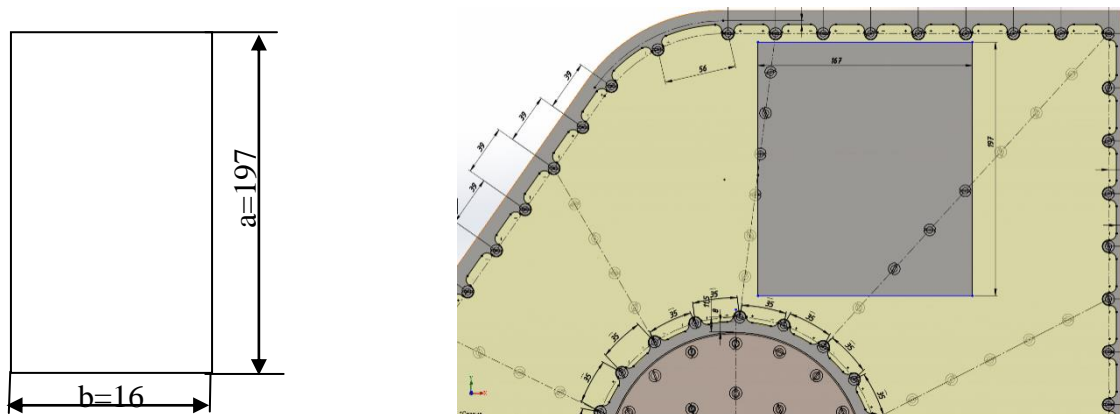


Рис. 5. Данные для расчета плоской шарнирно опертой пластины

$$\sigma_{кр.эйл} = k \cdot \frac{E \cdot \delta^2}{b^2}$$

$$\frac{a}{b} = \frac{197}{167} = 1.2 \rightarrow k = 3.6$$

$$\sigma_{кр.эйл} = k \cdot \frac{E \cdot \delta^2}{b^2} = 3.6 \cdot \frac{56600 \cdot 2^2}{167^2} = 29,2 \text{ МПа} = 2,9 \text{ кгс} / \text{мм}^2$$

* Для справки

Потеря устойчивости пластины по программе «COSMOSM 2.8» (рис. 6.)
Коэффициент потери устойчивости $k \geq 1,05$.

Mode=1 1.04557

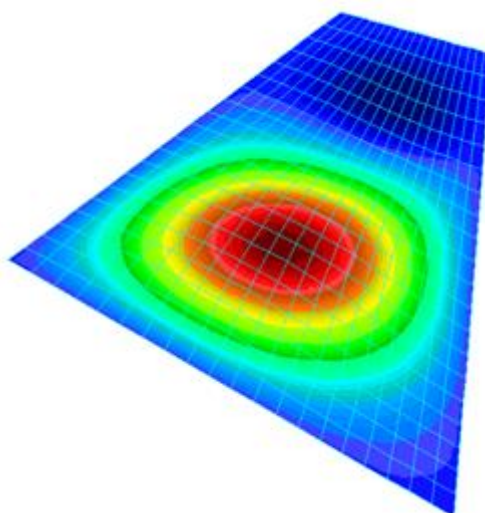


Рис. 6. Расчет устойчивости пластины

Расчёт проведён для нагрузки $P^p=1950$ кгс. Для нагрузки $P^p=900$ кгс ($k=900/1950=0,46$):

- максимальные напряжения в обшивке $\sigma_{эКВ}=80 \cdot 0,46=36,8$ МПа (у узла, в районе крепления с лонжероном);

- эквивалентные напряжения в пластинах $\sigma_{пл \max} \leq 70 \cdot 0,46 = 32 \text{ МПа}$, в районе зоны потери устойчивости $\sigma_{пл} = 24 \cdot 0,46 = 11 \text{ МПа}$;
- максимальные напряжения в силовом наборе $\sigma_{экр} = 81 \cdot 0,46 = 37 \text{ МПа}$ (у узла).

Вывод:

Прочность консолей оперения стартовой ступени при применении алюминиевых сплавов для их производства – достаточна.

*Для передних кромок необходимы вставки из жаропрочных титановых сплавов.

Запасы прочности конструкции из алюминиевого сплава:

1) Полёт: - силовой набор $\eta = \frac{\sigma_{\epsilon}^{250}}{\sigma_{\delta}} = \frac{17}{3,7} > 2$

- обшивка $\eta = \frac{\sigma_{0,2}^{250}}{\sigma_{\delta}} = \frac{12}{3,7} > 2$ – по прочности $\eta > 2$ – по устойчивости

2) Разделение ступеней: - силовой набор $\eta = \frac{\sigma_{\epsilon}^{250}}{\sigma_{\delta}} = \frac{17}{8} > 2$

- обшивка $\eta = \frac{\sigma_{0,2}^{250}}{\sigma_{\delta}} = \frac{12}{8} = 1,5$ – по прочности $\eta > 1,05$ – по устойчивости.

Выгода в весе:

Масса консоли из титана: $m = 4,7 \text{ кг}$

Плотность титана: $\rho = 4430 \text{ кг/м}^3$

Плотность алюминия: $\rho = 2760 \text{ кг/м}^3$

$$m = \frac{2760 \cdot 4,7}{4430} = 2,9 \text{ кг} - \text{масса консоли из алюминия}$$

$$\Delta m = 4,7 - 2,9 = 1,8 \text{ кг} - \text{выгода в массе с одной консоли}$$

$$4 \cdot \Delta m = 4 \cdot 1,8 = 7,2 \text{ кг} - \text{выгода в массе с 4х консолей.}$$

Таким образом, в результате произведенного моделирования и выполненных расчетов проведена оптимизация поворотной консоли оперения летательного аппарата: уменьшен вес.

УДК 621

А. И. Карпухин, В. В. Киселев

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

**К ПРОБЛЕМЕ ПРОДЛЕНИЯ РЕСУРСА ПОЖАРНЫХ АВТОМОБИЛЕЙ
ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ИХ ДОЛГОВЕЧНОСТИ**

Аннотация: долговечность пожарных машин зависит от интенсивности их эксплуатации. Известно, что в различных пожарно-спасательных частях интенсивность применения основных пожарных автомобилей отличается. Предлагается проводить оптимизацию использования пожарных автомобилей на примере пожарно-спасательного гарнизона.

Ключевые слова: долговечность, надежность, пожарная автоцистерна, материальные затраты, оптимизация.

*A. I. Karpuhin, V. V. Kiselev***ON THE PROBLEM OF EXTENDING THE LIFETIME OF FIRE VEHICLES TO
INCREASE THEIR DURABILITY**

Abstracts: The durability of fire trucks depends on the intensity of their operation. It is known that in various fire and rescue units, the intensity of the use of the main fire trucks is different. It is proposed to optimize the use of fire trucks on the example of a fire and rescue garrison.

Keywords: durability, reliability, fire truck, material costs, optimization.

Под повышением эффективности противопожарной защиты, может пониматься укомплектование подразделений пожарной охраны необходимой пожарной техникой и использование современных технических средств при тушении пожаров с целью минимизации воздействия опасных факторов пожара на людей и имущество.

Для того, чтобы обеспечить пожарные подразделения с максимальной интенсивностью выездов на пожары, современными техническими средствами, предлагается использовать динамическую оптимизационную модель. Проведенное исследование структуры выездов подразделений города и области за последние 3 года, показало рост количества выездов единиц пожарной техники на пожары в охраняемый и соседний районы. По результатам анализа выездов сделан вывод о возрастании нагрузки на подразделения ФПС и об увеличении интенсивности эксплуатации пожарной техники, что, в свою очередь, подтверждает актуальность данного вопроса.

Дальнейшие исследования проводились на примере одного из пожарно-спасательных отрядов ФПС. Средний возраст парка по области составил 26 лет,

по городу 19 лет. Качественный состав парка физически и морально устарел. В большинстве случаев это пожарные автомобили производства Прилуцкого завода «Пожмашина». Самый старый автомобиль, стоящий в боевом расчете находится во 2-ПСЧ - 1976 года выпуска.

Анализ состояния техники показывает необходимость обновления парка пожарных автомобилей, при том, что фактические объемы поступления новой техники на вооружение отряда не достаточны. При исследовании структуры парка пожарных автомобилей, установлено, что в подразделениях преобладающим видом техники являются пожарные автоцистерны. В связи с этим дальнейшие исследования производились на примере пожарных автоцистерн.

Следует отметить, что 31 % основных пожарных автомобилей эксплуатируется более 30 лет, а 24 % - от 20 до 30 лет, тем самым, в условиях увеличения количества выездов пожарных подразделений некоторые подразделения не в состоянии обеспечить требуемый уровень противопожарной защиты без обновления парка пожарной техники. При обновлении техники в подразделениях очень важно правильно организовать ее эксплуатацию. Для этих целей в ходе работы разработана динамическая оптимизационная модель.

Первым шагом при построении названной модели является исследование интенсивности выездов подразделений, входящих в состав отряда. Установлено, что наибольшее количество выездов обслуживают 4-ПСЧ и СПСЧ (в среднем порядка 4000 выездов), тогда как наименьшая интенсивность выездов наблюдается в объектовых подразделениях - 7-ПСЧ и в 11-ПСЧ (всего лишь около 200). Таким образом, отмечаем разницу – на 1 выезд объектовой ПСЧ приходится 20 выездов пожарно-спасательного подразделения, имеющего городской район выезда.

Затраты на содержание пожарной техники зависят от возраста техники, интенсивности ее эксплуатации, условий эксплуатации, времени работы на пожаре или ЧС, характеристик климатической зоны, плотности населения в населенном пункте, плотности застройки населенного пункта, состояния дорожного покрытия населенного пункта, развитости дорожной сети, своевременности и качества проведения технического обслуживания, подготовленности водительского состава, и т.д. Так среднегодовые затраты на содержание пожарной автоцистерны в подразделении с высокой интенсивностью составляют около 60 тыс. рублей в год в первые три года эксплуатации. На четвертом году требуется ремонт, замена автомобильных шин, аккумуляторных батарей и других дорогостоящих материалов стоимостью 500 тыс. руб., после которого на 5-м, 6-м и 7-м годах эксплуатации затраты составят 80 тыс. руб. в год, учитывая, что к концу 7-го года потребуется замена аккумуляторных батарей. Исходя из среднегодового расхода моторесурса предполагаем, что на восьмом году потребуется средний ремонт стоимостью 700 тыс. руб., после которого на 9-м, 10-м годах эксплуатационные затраты составят 90 тыс. руб. в год. На 11-м году для дальнейшей эксплуатации требуется капитальный ремонт стоимостью 2 млн. рублей, что нецелесообразно, принимаем решение о передаче автоцистерны в дру-

гое подразделение с меньшей интенсивностью использования пожарной техники, например, в подразделение добровольной пожарной охраны.

Минимальной остаточной стоимостью обладает пожарная автоцистерна с первого по пятый год эксплуатации, если производить расчет износа, отражающего влияние срока службы и пробега пожарного автомобиля. Среднее значение остаточной стоимости пожарной техники получается при использовании методики, которая учитывает единые нормы амортизационных отчислений на полное восстановление. В связи с тем, что пожарная техника в подразделениях раньше установленного срока эксплуатации, как правило, не реализуется, через 11 лет эксплуатации наиболее предпочтительна остаточная стоимость, рассчитанная с учетом износа от общего пробега при передаче пожарной автоцистерны через три года эксплуатации в подразделении с меньшей интенсивностью выездов. Расчет предлагаемой динамической оптимизационной модели достаточно трудоемкая процедура, требующая значительных затрат времени. Описанные процедуры достаточно легко автоматизировать. Возможно использовать платформу ПАРУС или 1С, дополнив ее модулем замены оборудования, либо разработать локальный программный продукт, на основе технологии баз данных, который позволит решать поставленные в исследовании задачи.

Использование динамической оптимизационной модели для обоснования сроков замены пожарных автоцистерн в пожарно-спасательных подразделениях позволит обеспечить части, с высокой интенсивностью выездов исправной пожарной техникой, повысить уровень готовности техники, а также обеспечит экономию бюджетных средств, и как следствие позволит повысить общий уровень противопожарной защиты объектов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Федеральный закон № 123 «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности». М.: ФГУ ВНИИПО, 2008. – 156 с.
2. Оптимизационные методы управления ресурсами пожарных подразделений: Монография / А.П. Сатин. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2014. – 155 с.
3. Пономарев И.В., Киселев В.В. Анализ парка пожарной техники города Ульяновск и рекомендации по повышению ее надежности. // В сборнике: Надежность и долговечность машин и механизмов. сборник материалов XI Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 30-й годовщине МЧС России и 75-й годовщине Победы в Великой Отечественной войне 1941-1945 годов. Иваново. – 2020. – С. 285-288.

УДК 539.92

М. А. Колбашов, Е. В. Зарубина, В. А. Комельков, С. А. Савченко

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

РАЗРАБОТКА УПЛОТНЕНИЯ ДЛЯ НЕПОДВИЖНОГО СОЕДИНЕНИЯ

Аннотация: Надежное уплотнение для неподвижного соединения, обеспечивающее защиту от чрезвычайной ситуации перевозимой легко воспламеняемой жидкости или другого пожароопасного материала.

Ключевые слова: уплотнитель, магнитная жидкость, неподвижное соединение.

М. А. Kolbashov, E. V. Zarubina, V. A. Komelkov, S. A. Savchenko

DEVELOPMENT OF A SEAL FOR A FIXED JOINT

Abstracts: A reliable seal for a fixed connection that provides protection against an emergency situation of a transported flammable liquid or other flammable material.

Keywords: sealer, magnetic fluid, fixed connection.

Современные уплотнители, использующиеся в технике при особых условиях, должны обладать высокими эксплуатационными характеристиками. Поэтому к ним предъявляются высокие требования по герметичности, а традиционные герметизаторы уже не могут их обеспечить. Поэтому появляется необходимость в современном, надежном способе герметизации.

Актуальность темы заключается в обеспечении надежности, легкости восстановления герметичности и не возможности потери уплотнительного материала предлагаемой конструкции уплотнения неподвижного соединения. Из практики и литературы известны уплотнения неподвижных соединений [1], в которых применяют различные герметизаторы, выполненные из резины, металла, пластмассы. Для достижения высокой герметичности здесь применяют разнообразные силовые блоки. Основным недостатком названных уплотнений является их низкая надежность, высокое время для разгерметизации. Известно уплотнительное устройство [АС СССР 767440, МКИ F 16 J 15/00, опубл. 30.09.80]. Зажимаемое между фланцами уплотнительное устройство представляет собой полое кольцо из эластичного материала, заполненное жидким электролитом, способным увеличивать объем под действием электрического напряжения. Нерабочие поверхности кольца ограничены жесткой арматурой, выполненной в виде охватывающих его цилиндрических колец. При прохождении электрического тока через электролит в полости кольца выделяются газы, что повышает давление в полости, в результате чего рабочие поверхности кольца более плотно прижимаются к уплотняемой поверхности. Однако в процессе эксплуатации эластичность полого кольца снижается, а его герметичность

может быть нарушена, в частности, при его распирании под острые кромки арматурных колец. Известны так же статические уплотнения по А.С. 1048214 Кл. Fibj 15/40 [1], являющиеся наиболее близкими по технической сущности к предлагаемому уплотнению. Недостатком таких уплотнений является сложность восстановления герметичности из-за потери уплотнительного материала (магнитной жидкости) после разгерметизации уплотнения, что вызывает уменьшения их герметичности и снижает надежность.

Целью и задачей исследования становится разработка возможной конструкции уплотнителя неподвижного соединения, относящаяся к автоматическим установкам, предназначенным для защиты от взрывов и пожаров при перевозке, эксплуатации веществ, способных вызвать взрыв или пожар. Разработанная конструкция уплотнителя повышает надежность уплотнительных устройств, а именно повышает изначальную степень герметичности и сохраняет ее в процессе эксплуатации.

В разрабатываемой конструкции уплотнителя используется постоянный магнит, магнитопровод, статический уплотнитель, диск из ферромагнитного материала и магнитная жидкость. В качестве источника магнитного поля рекомендуется постоянный магнит из магнитотвердого материала КС-37, отличающийся временной стабильностью магнитных свойств.

Уплотнители, которые связаны с защитой перевозимого ЛВЖ или другого пожароопасного материала от взрывов и пожаров должны иметь высокую надежность и герметичность, а также обладать низким временем на разгерметизацию.

На рисунке представлена конструкция предлагаемого уплотнения неподвижного соединения. Представляющая собой силовой блок, воздействующий на уплотнитель, который размещен в корпусе 1. Силовой блок выполнен в виде диска 2 из ферромагнитного материала.

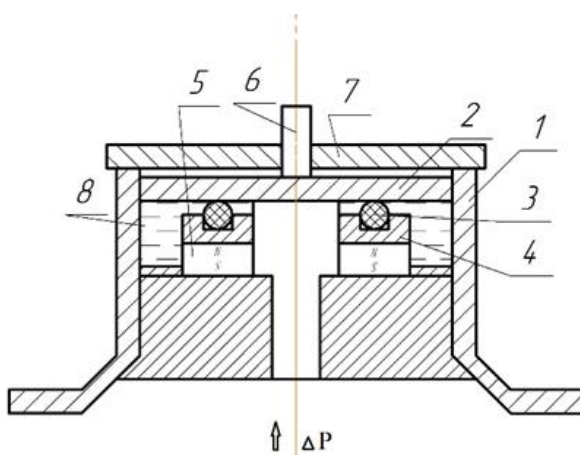


Рисунок. Уплотнение для неподвижного соединения

Статический уплотнитель 3 находится между диском 2 и магнитопроводом 4. В зазоре между указанными деталями уплотнения расположен кольцевой постоянный магнит 5. На диске расположена направляющая 6, предназначенная

для обеспечения движения диска в осевом направлении, и она и крышка 7 выполнены из диамагнитного материала, обеспечивающего низкий коэффициент трения при движении диска в осевом направлении.

В зазор между диском и магнитопроводом заливается магнитная жидкость 8, которая взаимодействует со статическим уплотнением, смачивая его. Данный уплотнитель применяется в случаях, если необходимо защитить некоторый объём транспортируемого пожароопасного материала для предотвращения ЧС.

Уплотнения работают следующим образом: в объёме, где располагается перевозимый материал, происходит резкое увеличение давления, которое должно мгновенно уменьшиться, до нулевого значения.

В этом случае на диск 2 воздействует перепад давления, перемещая его в осевом направлении, между диском и магнитопроводом образуется зазор и давление внутри объёма резко уменьшается, предотвращая техническое разрушение объёма перевозящего ЛВЖ или другой пожароопасный материал. После восстановления давления внутри объёма уплотнения за счет магнитных сил, развиваемых постоянным магнитом, возвращается в первоначальное положение и деформирует статический уплотнитель, а магнитная жидкость смачивает его.

Поэтому при создании магнитожидкостного уплотнения необходимо первоначально детально проработать вопрос обеспечения равномерности выбранного зазора. При разработке уплотнения рассчитываются и контролируются параметры магнитного поля при максимально возможных отклонениях зазора.

Аналогичный пример использования заявляемого уплотнения, возможно привести для случая защиты трансформатора от разрушения и ликвидации аварии на объекте, которая возможна при эксплуатации трансформатора с охлаждением его обмотки маслом. В этом случае в баке трансформатора возникает высокое давление, которое необходимо изменить за короткий промежуток времени до минимальной величины.

В соответствии с задачами и поставленными целями нами произведен литературный обзор существующих способов уплотнения между неподвижными и подвижными деталями, более подробно рассмотрена информация о магнитожидкостных уплотнениях и выявлены проблемы, которые могут возникнуть при разработке уплотнителей. Разработан уплотнитель для неподвижного соединения

Разработанная конструкция уплотнителя для неподвижного соединения обеспечивает надежность за счет уплотняющейся Ферромагнитной жидкостью и упругим непроницаемым уплотнительным кольцом, - что обеспечивает высокую изначальную степень герметичности. Ее сохранение в процессе эксплуатации достигается за счет того, что уплотнение осуществляется по выпуклым участкам статического уплотнителя и диска, а не по напряженным кромкам, как у известных решений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кондаков Л.А. Уплотнения и уплотнительная техника: Справочник / Л.А. Кондаков, А.И. Голубев, В.Б. Овандер [и др]. Под общ. ред. А.И. Голубева, Л.А. Кондакова. – М.: Машиностроение, 1986. – С. 464.

УДК 614.841.264

Е. Б. Кочеткова¹, М. С. Белинов², В. В. Соловьев²

¹Академия Государственной противопожарной службы МЧС России,

²Ярославский государственный технический университет

**ОБОСНОВАНИЯ ВЫБОРА РЕПЕРНЫХ КОМПОНЕНТОВ
ПРИ ИДЕНТИФИКАЦИИ СВЕТЛЫХ НЕФТЕПРОДУКТОВ,
ИСПОЛЬЗУЕМЫХ КАК СРЕДСТВА ПОДЖОГА,
МЕТОДОМ ГАЗОЖИДКОСТНОЙ ХРОМАТОГРАФИИ**

Аннотация: В статье рассмотрены основные методы обнаружения горючих жидкостей на объектах-носителях, изымаемых с места пожара. Обоснован выбор реперных компонентов при изучении идентификации светлых нефтепродуктов методом газожидкостной хроматографии.

Ключевые слова: газожидкостная хроматография, интенсификатор горения, средства поджога, нефтепродукт, реперные компоненты

Kochetkova E. B.¹, Belinov M. S.², Soloviev V. V.²

¹Academy of the State Fire Service of the Ministry of Emergency Situations of Russia,

²Yaroslavy State Technical University

**SUBSTANTIATION OF THE CHOICE OF REFERENCE COMPONENTS
IN THE IDENTIFICATION OF LIGHT PETROLEUM PRODUCTS USED
AS A MEANS OF ARSON BY GAS-LIQUID CHROMATOGRAPHY**

Annotation: the article discusses the main methods for detecting flammable liquids on carrier objects removed from the fire site. The choice of reference components in the study of the identification of light petroleum products by gas-liquid chromatography is justified.

Keyword: gas-liquid chromatography, burning intensifier, means of arson, oil product, reference components

Исследование и экспертиза происшедших пожаров относится к основным функциям МЧС России. Исследования пожаров – наиболее важная часть деятельности судебно-экспертных учреждений ФПС, поскольку содержит описание экс-

пертного исследования произошедшего пожара для дознавателей органов государственного пожарного надзора федеральной противопожарной службы, а также иных органов (лиц), назначивших судебную экспертизу или исследование.

Как показывает практика большой процент в общем числе причин происходящих пожаров занимает поджог.

Одним из основных признаков поджога является обнаружение на месте пожара средств, которые могли быть использованы для поджога или, как их принято называть, интенсификаторы горения (ИГ) [1].

Среди традиционных ИГ наиболее часто при поджогах применяются моторные топлива (бензин, авиационный керосин, дизельное топливо), растворители и технические жидкости (уайт-спирит, осветительный керосин), являющиеся товарными нефтепродуктами (НП), а также растворители не нефтяного ряда (различные номерные растворители, ацетон, спирт и пр.).

При выполнении пожарно-технических экспертиз наиболее часто используемыми на практике лабораторными методами обнаружения горючих жидкостей на объектах-носителях являются инфракрасная спектроскопия, флуоресцентная спектроскопия (ИКС, ФС), а также газожидкостная хроматография. Действующая модель исследования с рекомендациями по отбору и типу объектов-носителей закреплена в [2].

Целью исследования стало обоснование выбранных на основании имеющихся методик реперных компонентов при идентификации светлых нефтепродуктов методом хроматографического анализа.

Для выявления, наиболее часто используемых средств поджога на территории Ярославской области за последние три года автором был проведен сравнительный анализ, представленный в виде диаграммы на рисунке 1.

На основании представленной диаграммы, установлено, что наиболее часто используемым средством поджога для злоумышленников остается бензин.

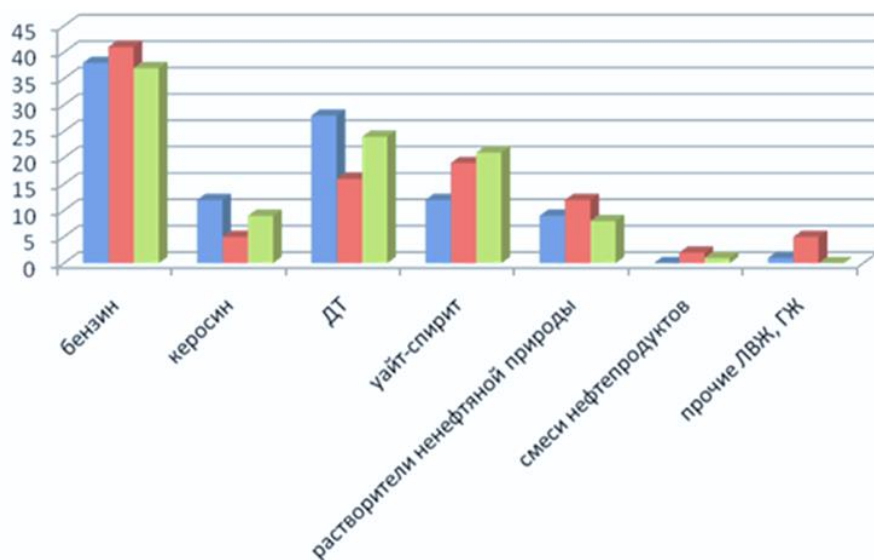


Рис. 1. Диаграмма средств поджога, установленных на территории Ярославской области за 2019–2021 гг.

К недостаткам методов ИКС и ФС можно отнести возможность влияния органических компонентов, входящих в состав объектов-носителей на результаты исследования, а также отсутствие количественной оценки исследуемых остатков интенсификаторов горения.

Задача качественного хроматографического анализа углеводородных смесей состоит в определении числа компонентов смеси и в идентификации каждого компонента, а также дальнейшем отнесении анализируемой смеси к конкретному типу горючей жидкости.

Таким образом, метод газожидкостной хроматографии (ГЖХ) является преимущественным ввиду высокой эффективности и селективности при разделении сложных объектов, содержащих множество индивидуальных веществ с близкими физико-химическими характеристиками (например, нефтепродукты) [3].

Хроматография – метод разделения, идентификации и определения компонентов сложных смесей веществ, основанный на распределении компонентов смеси между двумя фазами – подвижной и неподвижной.

Идентификация продуктов разделения производится путем сравнения значений времен (объемов) удерживания пиков на хроматограмме неизвестного состава с таковыми на хроматограммах известных составов [2].

Поскольку любой нефтепродукт является многокомпонентной смесью, при установлении типа светлого нефтепродукта (бензинов, керосинов, дизельного топлива) одним из основных критериев их дифференциации может быть присутствие в таких смесях алканов, отличающихся строением углеродной цепи и числом атомов углерода в ней. Так, для бензинов характерно наличие нормальных алканов с числом атомов углерода от 5 до 12.

При анализе бензинов методом ГЖХ в соответствующем стандарте США в качестве базовых пиков используют пики, связанные с группой термически стабильных моно- и триалкилбензолов. Появление в хроматограмме нефтепродукта пиков, относящихся к смеси п-, м-, о-ксилолов, а также пиков 1,3,5-триметилбензола и 1,2,4-триметилбензола (псевдокумола) является главным критерием для отнесения анализируемого нефтепродукта к бензинам всех марок.

Следует отметить, что эти соединения присутствуют не только в нативных (не подвергшихся горению) бензинах, но и сохраняются в бензинах, частично или почти полностью выгоревших в результате их поджога.

Однако в большинстве публикаций, связанных с качественным анализом, критерии идентификации сложных многокомпонентных смесей либо вовсе отсутствуют, либо указываются вскользь, весьма неопределенно.

Таким образом, не только понимания компонентного состава, но и обоснование выбора реперных компонентов остается важной частью при применении соответствующего вида анализа.

Для определения содержания компонентов в составе бензина был проанализирован ГОСТ 32513-2013 «Топлива моторные. Бензин неэтилированный. Технические условия». В результате этого анализа установлено, что наибольшую объемную долю углеводородов в смеси бензина, составляют ароматические углеводороды (не более 42 %). При этом в соответствии с ГОСТ 32507-

2013 «Бензины автомобильные и жидкие углеводородные смеси. Определение индивидуального и группового углеводородного состава методом капиллярной газовой хроматографии» наибольшее количество из них составляют толуол, этилбензол, о-, м-, п-ксилолы и полностью исключается наличие бензола.

На основании проанализированных данных установлено, что наряду с ароматическими углеводородами в состав бензина входят алканы нормального и изостроения, а также оксигенаты (общее название низших спиртов и простых эфиров, применяемых в качестве высокооктановых компонентов моторных топлив), такие как этанол, изопропиловый спирт, эфиры С5 и выше.

Анализируя изложенное в качестве реперных пиков, были выбраны: ароматические углеводороды - толуол, о-, м-, п-ксилолы, этилбензол, пропилбензол, 1,3,5-триметилбензол, 1,2,4-триметилбензол; алканы нормально строения – гептан, октан, нонан, декан, ундекан, додекан (С7-С12); оксигенаты – изопропиловый спирт, метилтретбутиловый эфир.

Принимая во внимание, что в качестве анализируемых жидкостей используются экстракты жидкостей, подвергнутых термическому воздействию, для обоснования выбора реперных пиков провели расчет давления насыщенных паров некоторых компонентов входящих в состав бензина с учетом их процентного содержания в смеси.

Давление насыщенных паров — это давление, производимое паровой фазой, которая находится в равновесии с жидкостью при определенной температуре.

Для расчета давления насыщенного пара при заданной температуре использовали уравнения Антуана [4]:

$$\lg P_s = A - \frac{B}{C + t_p} \quad (1)$$

$$P_s = 10^{\left(A - \frac{B}{C + t_p}\right)} \quad (2)$$

где P_s - давление насыщенного пара, кПа; А, В, С - константы уравнения Антуана из справочной литературы, t_p – заданная температура.

По полученным расчётным значениям была построена диаграмма соотношения величины давления насыщенных паров интересующих нас веществ при температуре 150°С. На основании сравнения полученных значений установлено, что давления насыщенных паров нормальных алканов и кислородосодержащих соединений (изопропиловый спирт, метилтретбутиловый эфир) гораздо выше значения давлений насыщенных паров ароматических углеводородов при одинаковой температуре. Давление насыщенных паров характеризует испаряемость вещества с объекта-носителя. Следовательно, на основании проведенного расчета выбор аренов в качестве реперных пиков очевиден.

Аналогичным образом возможен выбор и обоснование реперных компонентов входящих в состав других светлых нефтепродуктов, используемых как

средства для поджога. Полученные расчетным способом данные позволят повысить достоверность выполняемых судебных пожарно-технических экспертиз и, как следствие, существенно повлияют на общую доказательную базу при расследовании пожара по версии о поджоге.

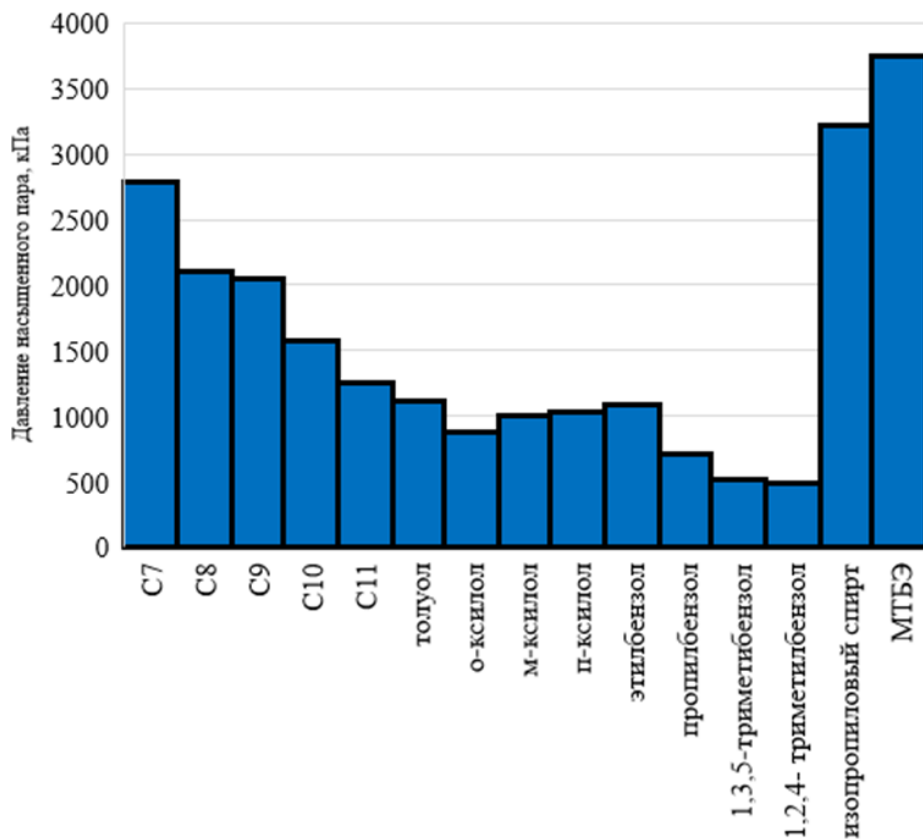


Рис. 2. Соотношения величины давления насыщенных паров для различных веществ при температуре 150 °С

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Методика установления причин пожаров / Мегорский Б. В. М.: Стройиздат, 1966. 348 с.;
2. Применение инструментальных методов и технических средств в экспертизе пожаров: сб. метод. рекомендаций / Под ред. И. Д. Чешко, А. Н. Соколовой. СПб.: СПбФ ВНИИПО МЧС России, 2008. 279 с.;
3. Хроматографические методы анализа: методические указания по разделу курса Аналитическая химия и физико-химические методы анализа для студентов хим.-техн. специальностей / А. Е. Соколовский [и др.]. – Минск: БГТУ, 2002. – 35 с.;
4. Свойства газов и жидкостей: справ. пособие. / Р. Рид, Д. Праусниц, Т. Шервуд; пер. с англ. под ред. Б. И. Соколовой – 3-е изд., перераб. и доп. – Л.: Химия, 1982. - 592с.

УДК 614.843.27

Д. Н. Люцканов, А. Д. Семенов

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

ВЛИЯНИЕ ПЕРИОДИЧНОСТИ ИСПЫТАНИЙ НАПОРНЫХ ПОЖАРНЫХ РУКАВОВ ДИМЕТРОМ БОЛЕЕ 150 ММ НА БЕЗОТКАЗНОСТЬ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Аннотация: В работе предложена технологическая схема испытания напорных плосковорачиваемых пожарных рукавов диаметром более 150 мм. Показано, что от периодичности мероприятий по техническому обслуживанию рукавов зависят показатели длительности эксплуатации, которые должны рассчитываться и оцениваться для технических средств с учетом реальных условий их эксплуатации. Сформулированы требования к периодичности и физическим параметрам испытания плосковорачиваемых рукавов так периодичность испытаний 1 раз в шесть месяцев, а назначенный ресурс 10 лет либо 3000 циклов эксплуатации.

Ключевые слова: плосковорачиваемый рукав, испытание, эксплуатация, надежность.

D. N. Lyutskanov, A. D. Semenov

THE INFLUENCE OF THE FREQUENCY OF TESTING OF PRESSURE FIRE HOSES WITH A DIAMETER OF MORE THAN 150 MM ON RELIABILITY DURING OPERATION

Abstracts: The paper proposes a technological scheme for testing pressure flat-rotating fire hoses with a diameter of more than 150 mm. It is shown that the periodicity of measures for the maintenance of hoses depends on the indicators of the duration of operation, which should be calculated and evaluated for technical means taking into account the actual conditions of their operation. The requirements for the frequency and physical parameters of testing of flat-rolled hoses are formulated, so the frequency of testing is 1 every six months, and the assigned resource is 10 years or 3000 cycles of operation.

Keywords: flat-turnable sleeve, testing, operation, reliability.

В настоящее время разрабатываются новые технологии пожаротушения, которые применяются для подачи больших объемов огнетушащих веществ на значительные расстояния до нескольких километров. Для этих целей применяются плосковорачиваемые полиуретановые рукава большого диаметра более 150 мм.

Анализ литературных источников [1] показал, что отсутствует нормативно-техническая база, которая регламентирует эксплуатацию плосковорачиваемых рукавов диаметром более 150 мм.

Технологическая схема эксплуатации рукавов DN свыше 150 и полужестких рукавов не включает в себя операции отмачивания (оттаивания), скатки и перекатки рукавов и ремонта рукавов в условиях потребителя [2].

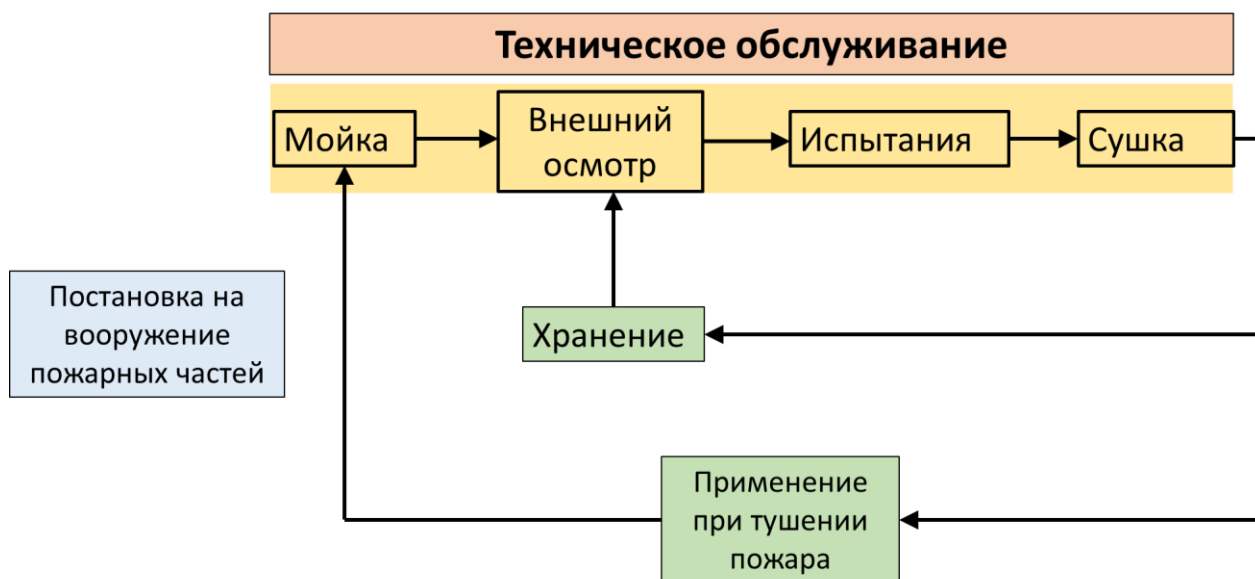


Рисунок. Технологический порядок эксплуатации напорных рукавов диаметром более 150 мм в подразделении

В [2] предлагается технологический порядок проведения технического обслуживания рукавов диаметром более 150 мм. Так для рукавов с DN свыше 150 за счет технических особенностей и массогабаритных характеристик возможно применение следующих схем ТО.

Обслуживание рукавов с DN свыше 150 может проводиться как в полевых условиях, так и в условиях пожарно-спасательной части [2].

В полевых условиях для обслуживания рукав после их применения проводятся следующие операции [2]:

- удаление остаточной влаги;
- первичная очистка рукав и укладка рукавной линии в отсек МСП.

Однако не ясно с применением каких устройств осуществляется продувка рукавных линий, не определены мощностные характеристики таких устройств.

Удаление остаточной влаги может проводиться с помощью продувки одного отдельного или нескольких соединенных рукавов сжатым воздухом и (или) прогонкой внутри рукава специального мягкого пыжа в виде шара или цилиндра диаметром, соответствующим условному проходу рукава [2].

Не ясен вопрос удаления остаточного количества воды из рукавных линий после применения. Объем воды, находящийся в рукавах диаметром 150 мм, 200 мм, 300 мм длиной 100 м соответственно равен 1766 л, 3140 л, 7065 л.

Первичная очистка и укладка рукавов в отсек МСП производится с помощью механизированного устройства прокладывания рукавов на местности и их укладки после применения.

В условиях пожарно-спасательной части возможно использование следующего оборудования [2]:

- рукавные катушки для сматывания рукавов в процессе ТО;
- две опоры для рукавных катушек с механическим приводом для реверсного вращения катушек;
- кран-балка или аналогичное устройство для снятия и установки рукавных катушек на опоры;
- передвижное высоконапорное устройство подачи воды для мойки рукавов (типа мойки для автомобилей);
- тепловая пушка для сушки внешней поверхности рукавов.

Указанное оборудование предполагает следующую схему обслуживания рукавов. Рукавная линия из отсека рукавного автомобиля наматывается на катушку, установленную на опору. Допустимая длина рукавной линии, наматываемой на катушку, устанавливается в КД на рукавную катушку исходя из массы рукавной линии, удобства ее обслуживания, габаритных размеров катушки и опоры [2].

Авторами [3] показано, что появление отказов объективный процесс, параметры которого изменяются в зависимости от условий эксплуатации машины. Совершенствование технической эксплуатации может проводиться за счёт повышения качества ТО и ремонта, а также контроля ресурса работы оборудования.

Таким образом, контроль технического состояния и ресурса работы рукавов позволит повысить эффективность эксплуатации.

Исходя из представлений о надежности технических систем [3], оценка длительности эксплуатации технических систем проводится с применением основных показателей, характеризующих эффективность эксплуатации любых технических средств, которыми являются K_r и K_n – коэффициенты готовности и простоя соответственно; λ и μ – интенсивности потока отказов и восстановления нормальной работы устройств; T_o и T_b – среднее время наработки на отказ и до восстановления нормальной работы устройств (табл.).

Таблица. Оценка длительности эксплуатации изделия

| Исчисление времени работы | Время работы до отказа (случайная величина) | Регламентированное время работы изделия (детерминированная величина) |
|------------------------------------|---|--|
| Отработка в часах (наработка) | T – наработка до отказа | T_p – ресурс |
| В календарных часах (время работы) | T – срок службы до отказа | $T_{сл}$ – срок службы |

Таким образом от периодичности мероприятий по техническому обслуживанию рукавов зависят показатели длительности эксплуатации, которые должны рассчитываться и оцениваться для технических средств с учетом реальных условий их эксплуатации, что позволит оценить эффективность применения рукавов.

Требования к периодичности, испытательным параметрам насосно-рукавных систем пожаротушения изложены в [2, 4–10].

Согласно [4–5] испытания напорных рукавов, находящихся в эксплуатации, проводятся после каждого применения, но не реже одного раза в 6 месяцев. Рассмотрев технические характеристики плоскосворачиваемых полиуретановых рукавов диаметром более 150 мм установили, что они обладают высокими прочностными характеристиками. В [5] показано, что назначенный срок службы полимерных плоскосворачиваемых рукавов с покрытием из полиуретана — 10 лет, а назначенный ресурс — не менее 3000 циклов. Таким образом, целесообразно проводить испытание рукавов с периодичностью не реже одного раза в 6 месяцев, либо согласно технической документации завода изготовителя.

Испытание рукава диаметром более 150 мм и длиной 100 м проводится гидравлическим давлением при присоединении к насосу с манометром. К другому концу рукава присоединяется, перекрывая заглушка или разветвление. В соединении между испытываемыми рукавами и применяемой арматурой должна быть обеспечена герметичность. После удаления воздуха и заполнения линии водой постепенно поднимают давление воды в испытываемом рукаве до требуемого. Под этим давлением держат линию в течение времени, необходимого для осмотра рукава по всей длине и соединительной арматуры. Появление свищей и капель воды не допускается.

Основные требования к периодичности и физическим параметрам испытания плоскосворачиваемых рукавов периодичность испытаний 1 раз в шесть месяцев назначенный ресурс 10 лет либо 3000 циклов эксплуатации. Наиболее перспективным материалом для производства рукавов с такими техническими характеристиками является применение полиуретана для полимерного покрытия, что улучшает прочностные показатели тканевого рукава в 7–8 раз.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ольховский И.А. Технология применения рукавных систем с пропускной способностью более 100 л/с для тушения пожаров на объектах энергетики: дисс. канд. техн. наук: 05.26.03 / Ольховский Иван Александрович. – М., 2014. – 145 с.
2. ГОСТ Р 51049-2019. Техника пожарная. Рукава пожарные напорные. Общие технические требования. Методы испытаний. – Введ. 2010-01-01. - М.: Стандартинформ, 2019. - 24 с.
3. Малкин В.С. Надежность технических систем и техногенный риск. – Ростов н/Д.: Феникс, 2010. – 432 с.
4. ГОСТ Р 58714-2019 Магистральный трубопроводный транспорт нефти и нефтепродуктов. Трубопроводы из гибких плоскосворачиваемых рукавов. Общие технические условия. - Введ. 2020-08-01. - М.: Стандартинформ, 2020. - 23 с.

5. ГОСТР ИСО 1402- 2019 Рукава резиновые и пластиковые и рукава в сборе Гидравлические испытания. - Введ. 2020-01-01. - М.: Стандартиформ, 2020. - 12 с.
6. ГОСТ ISO 8 3 3 1-2016 Рукава резиновые и пластиковые и рукава в сборе. Рекомендации по выбору, хранению, применению и техническому обслуживанию. - Введ. 2016-03-29. - М.: Стандартиформ, 2016. – 16 с.
7. Логинов В.И., Ртищев СМ., Козырев В.Н. Методическое руководство по организации и порядку эксплуатации пожарных рукавов. - М.: ВНИИПО. 2008. - 55 с.
8. ГОСТ Р 53277-2009 Техника пожарная. Оборудование по обслуживанию пожарных рукавов. Общие технические требования. Методы испытаний. - Введ. 2010-01-01. - М.: Стандартиформ, 2010. - 16 с.
9. Choosing hoselines for initial attack. Calif. Fire. Serv. 1990. – С.12-13. Т. 10.
10. Монахов Н.А. Общие технические требования и методы испытаний пожарных напорных рукавов / Н.А.Монахов, Ю.А.Федотов. // Пожарная техника: Средства и способы пожаротушения: Сб. науч. тр. – М.: ВНИИПО, 1996. – С. 105.

УДК 621.9

В. Я. Мокрицкий

Комсомольский-на-Амуре государственный университет

МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ИСПЫТАНИЙ МЕТАЛЛОРЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА

Аннотация: Диагностика свойств металлорежущего инструмента, используемого при изготовлении изделий, относящихся к МЧС, необходима с позиций выбора или разработки наиболее рационального инструмента. В работе приведены сведения по применению акустической эмиссии в качестве метода и средства контроля и испытаний эксплуатационных свойств твёрдосплавного инструмента с покрытиями.

Ключевые слова: методы испытаний, трещиностойкость материала, акустическая эмиссия.

V. Ya. Mokritsky

METHODS AND MEANS OF TESTING METAL-CUTTING TOOLS

Abstracts: Diagnostics of the properties of metal-cutting tools used in the manufacture of products related to the Ministry of Emergency Situations is necessary from the standpoint of choosing or developing the most rational tool. The paper provides information on the use of acoustic emission as a method and means of monitoring and testing the performance properties of a carbide tool with coatings.

Keywords: test methods, crack resistance of the material, acoustic emission.

Требования по твёрдости и прочности материалов, используемых в деталях и изделиях МЧС, постоянно растут. Соответственно возрастают сложности

обработки таких материалов, что влечёт за собой повышение требований к работоспособности используемого металлорежущего инструмента. Удовлетворить эти требования к инструменту сложно, поэтому всё более востребованы твёрдосплавные инструменты с покрытиями. Возникает необходимость разработки методов и средств испытаний (контроля) таких инструментов. Поэтому востребованы методики прогнозирования работоспособности инструмента. Для оценки разных критериев работоспособности металлорежущего инструмента известно применение металловедческих приёмов, контроль силы резания, контроль коэрцитивной силы и т.д. Это косвенные методики оценки эксплуатационных свойств инструмента [1], для прогнозирования они малоприменимы.

С позиций физики более актуально применение для этих целей метода внутреннего трения, экзоэлектронной и акустической эмиссии [3].

В данной статье рассмотрены результаты использования акустической эмиссии для прогнозирования работоспособности твёрдосплавного инструмента с покрытиями. Для оценки работоспособности использованы разные критерии, в том числе, трещиностойкость покрытия и основы. Акустическая эмиссия в силу своей физической природы в явном виде характеризует напряженное состояние диагностируемого материала, а преобразование её сигналов в электрические сигналы позволяет по величине и характеру этих сигналов классифицировать сущность процессов. Происходящих в инструментальном материале.

Пример структурной схемы компоновки аппаратуры для контроля параметров акустической эмиссии показан на рисунке 1.

Способ маятникового скрайбирования разработан с целью обеспечения возможности оценить качество инструмента с позиций изучения кинетики его нагружения. В определённой мере способ позволяет приблизить условия оценки качества инструмента к реальным условиям эксплуатации инструмента.

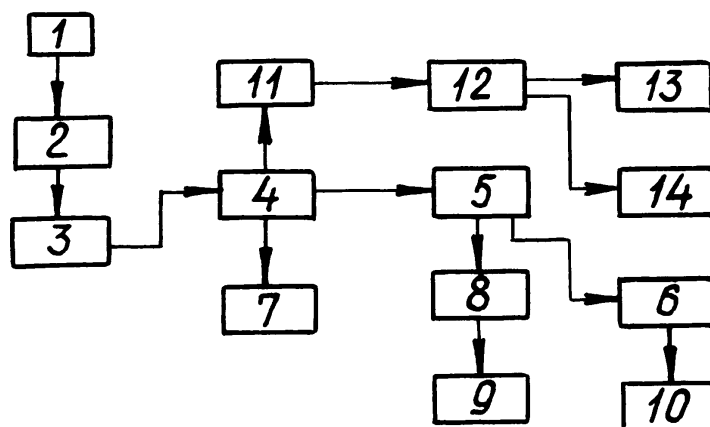


Рис. 1. Пример структурной схемы аппаратуры для регистрации сигналов акустической эмиссии: 1 - преобразователь; 2 - предусилитель; 3 - блок фильтров; 4 - усилитель; 5 - дискриминатор-формирователь; 6 - интенсивметр; 7 - осциллограф; 8 - счетчик; 9 - цифрпечатающее устройство; 10 - потенциометр; 11 - детектор; 12 - анализатор импульсов; 13 - потенциометр; 14 - цифрпечатающее устройство.

Принципиальная схема маятникового скрайбирования представлена на рисунке 2. Реализация схемы маятникового скрайбирования осуществлена на базе предметного столика микротвердомера с двухкоординатным микрометрическим перемещением образцов и микрометрическим механизмом изменения глубины скрайбирования. Сигналы акустической эмиссии считывались и обрабатывались в ПЭВМ пакетом прикладных программ, что исключало вмешательство исследователя в получаемые результаты. Схема прохождения индентора в материале исследуемого образца с одновременным измерением нескольких параметров акустической эмиссии приведена на рисунке 3. Показан пример регистрации энергии E сигналов, критерия K_p разделения сигналов (коэффициент K_p символизирует скорость изменения плотности энергии сигналов), распределение амплитуд.

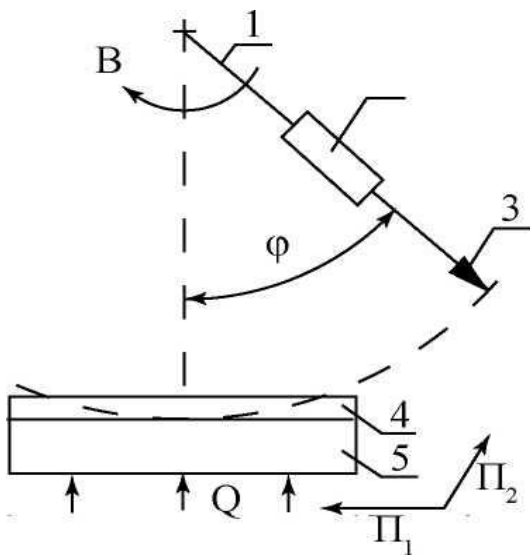


Рис. 2. Принципиальная схема устройства для маятникового скрайбирования:
 1 – маятник; 2 – устройство регулирования массы маятника;
 3 – индентор; 4 – покрытие;
 5 – основа инструментального материала;
 П – перемещения столика с образцом;
 Q – подвод тепла.

В результате экспериментов установлено: чем выше частота пиковой плотности энергии акустических сигналов, тем выше трещиностойкость (сопротивляемость образованию и росту трещин) материала, тем выше работоспособность (период стойкости) инструмента. Установлена экспериментальная зависимость: чем выше значение частоты, соответствующей максимальному пику спектральной плотности, тем выше трещиностойкость инструментального материала, тем большую работоспособность инструмента можно прогнозировать при равных условиях эксплуатации. В случае близких значений частот дополнительным разделительным признаком следует считать число значимых событий и интенсивность (суммарный счёт) сигналов акустической эмиссии по условию: лучший материал тот, при нагружении которого образовалось больше мелких трещин в сравнении с тем, в котором образовались крупные трещины.

Разработанная методика маятникового скрайбирования [2] позволяет исключить или свести к минимуму влияние человеческого фактора на результаты контроля. Используемая схема нагружения материала позволяет:

- приблизить характер разрушения материала к реальному;

- исследовать стадийность процесса разрушения в пределах одного нагружения;
- за счет одновременного контроля нескольких параметров акустических сигналов использовать комплекс параметров для оценки одного и того же свойства материала и, тем самым, повысить достоверность результатов оценки.

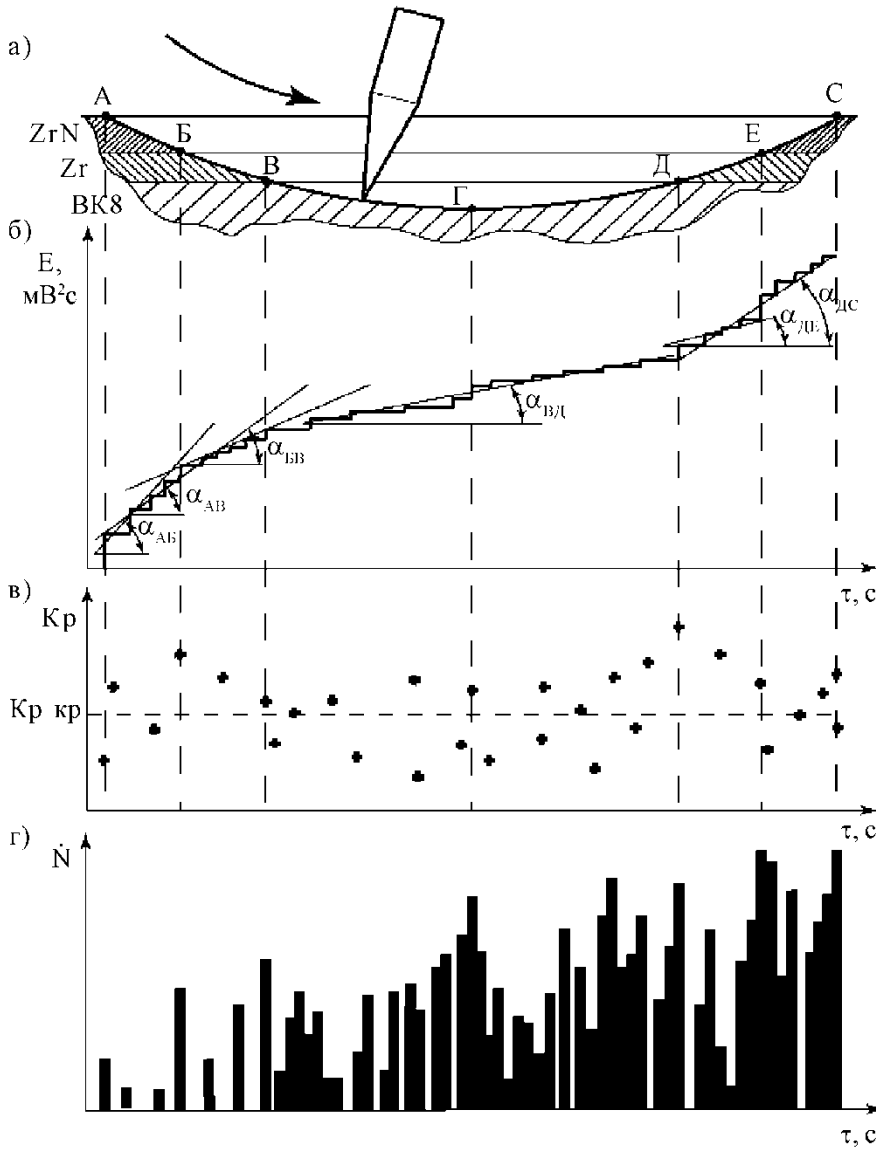


Рис. 3. Пример графического отображения параметров акустической эмиссии по кинетике маятникового скрайбирования инструментального материала $VK8+Zr+ZrN$:
 а- схема нагружения;
 б – график накопления энергии;
 в – распределение коэффициента K_p ;
 г – график интенсивности сигналов по событиям.

Выводы:

1. Выполненные исследования [4] показали, что применение контроля акустической эмиссии, возникающей в процессе резания, позволяет непосредственно контролировать изменение условий нагружения инструментальных материалов, в том числе позволяет классифицировать (сортировать) их по критериям работоспособности, в том числе позволяет прогнозировать работоспособность.

2. Среди исследованных схем нагружения (внедрение конусного индентора, внедрение шарика, линейное перемещение индентора и маятниковое скрайбирование) исследуемых инструментальных материалов с покрытиями наиболее информативно и перспективно применение маятникового скрайбирования.

3. В случаях, когда скрайбирование (царапание) недопустимо, вполне эффективными приёмами является лазерное воздействие на инструмент или применение экзоэлектронной эмиссии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Верещака А.А., Григорьев С.Н. Теоретическое обоснование выбора рациональной архитектуры и элементного состава многослойно-композиционных износостойких покрытий. _М.: ФГБОУ ВО МГТУ «Станкин», 2020. – 141с. ISBN 978-5-7028-0648-8.

2. Верхотуров А.Д., Мокрицкий Б.Я., Пустовалов Д.А. Метод маятникового скрайбирования в структуре парадигмы материаловедения// Технология металлов, №6, 2015. 14-22 с.

3. Khon Han, Bashkov, Oleg, V. The study of acoustic emission waves generated from different types of sources. "International Conference on Modern Trends in Manufacturing Technologies and Equipment (ICMTMTE) Местоположение: Sevastopol, RUSSIA публ.: SEP 09-13, 2019 MATERIALS TODAY-PROCEEDINGS. Том: 19. Часть 5. С: 2243-2247. DOI: 10.1016/j.matpr.2019.07.544.

4. Мокрицкий Б.Я., Высоцкий В.В., Соболев Е.Ю., Дроздов К.Ю. Методики и некоторые результаты применения метода акустической эмиссии для оценки эксплуатационных свойств инструментальных материалов // Заводская лаборатория. Диагностика материалов, 2012, №7, с.37-42.

УДК 621.9

А. Г. Наумов, М. А. Колбашов, Л. С. Скорых

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

ИЗУЧЕНИЕ МЕХАНИЗМОВ ВЫСВОБОЖДЕНИЯ СМАЗОЧНО-ОХЛАЖДАЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ИЗ МИКРОКАПСУЛ В ПРОЦЕССЕ ТРЕНИЯ И РЕЗАНИЯ МЕТАЛЛОВ

Аннотация: представлен новый способ подачи смазочных материалов при трении и резании металлов в виде микрокапсул. Определены границы области их существования. Показаны преобладающие механизмы высвобождения внутренней фазы микрокапсул при внешних воздействиях. Получены экспериментальные результаты, подтверждающие эффективность предложенного способа по сравнению с традиционными методами.

Ключевые слова: трение, резание, микрокапсулы.

A. G. Naumov, M. A. Kolbashov, L. S. Skoryh

STUDY OF MECHANISMS OF RELEASE OF LUBRICANT-COOLING TECHNOLOGICAL AGENTS FROM MICROCAPSULES IN THE PROCESS OF FRICTION AND CUTTING OF METALS

Abstracts: a new method of supplying lubricants during friction and cutting of metals in the form of microcapsules is presented. The boundaries of the area of their existence are determined. The predominant mechanisms of release of the internal phase of microcapsules under external influences are shown. Experimental results have been obtained confirming the effectiveness of the proposed method in comparison with traditional methods.

Keywords: friction, cutting, microcapsules.

Введение. Широкое использование традиционного режущего инструмента (резцы, сверла, протяжки, метчики и т. д.) [1] связано с необходимостью применения смазочно-охлаждающих технологических средств (СОТС). Постоянно ужесточающийся требования защиты окружающей среды и обслуживающего персонала от техногенных воздействий выдвигают на первое место безопасность СОТС и простоту их утилизации. Помимо этого важными являются такие параметры как совместимость СОТС с инструментальным и обрабатываемым материалами, возможности их регенерации. Только после этого оценивается эффективность СОТС и их окупаемость [2].

Применяемые СОТС, особенно масляные, а также многие из компонентов, входящих в их состав, вредны для здоровья человека [3, 4]. В работе [5] отмечается, что трихлорэтилен, ортофосфаты могут вызывать депрессию нервной системы; нитриты и комбинации с диэтанолaminaми — канцерогены; свинцовые мыла и хлорированный нафталин приводят к кожным заболеваниям; сернистые соединения — токсичны. Изменения в процессе работы pH СОТС также могут вызывать кожные заболевания. В результате термодеструкции СОТС при резании окружающая воздушная среда загрязняется химическими веществами, такими как масляные аэрозоли, альдегиды, хлористый водород, формальдегиды, нитрат натрия и др., которые зачастую не являются индифферентными для организма человека [6].

С другой стороны, широко распространенный полив зоны резания свободно падающей струей, использование различных туманов, других подобных способов становятся экономически невыгодными, т. к. только незначительная часть СОТС при такой ее подаче непосредственно участвует в процессе стружкоотделения. Остальная масса СОТС лишь омывает поверхности обрабатываемой детали, охлаждая их. При этом СОТС обедняется активными компонентами, которые "не выполнили свои служебные функции" по облегчению процесса резания. Кроме того, значительная часть СОТС утилизируется в результате ее биопоражения или загрязнения. Высокая стоимость компонентов накладывает на современную СОТС требование максимального использования ее функциональных предназначений.

Для устранения этих явлений в мировой практике сложилось несколько направлений, одним из которых является применение новых способов подачи СОТС в зону контакта, снижающих их негативное воздействие, в частности, подача СОТС в виде микродоз [7]. Как один из путей решения поставленных задач авторами проведены исследования по введению в СОТС компонентов в виде микрокапсул (МК), которые представляют собой СОТС или ее отдельные компоненты, заключенные в оболочку из непроницаемого для них материала, которая вскрывается в процессе взаимодействия контактирующих поверхностей.

Результаты эксперимента и их обсуждение. Проведенные исследования позволили разработать технологию получения МК, в качестве ядра которых могут быть использованы любые гидрофобные или слабо растворимые в воде вещества. Размеры МК варьировались в широких пределах: от 30 до 70 мкм при толщине оболочек от 1,0 до 3,0 мкм. Количество активного компонента, представляющего собой ядро, составляло 82–87 % от общего объема МК.

Реальные процессы трения и резания металлов сопровождаются значительными величинами температур и давлений в зоне контактирования взаимодействующих поверхностей с одной стороны, а с другой — теория резания металлов не исключает возможность существования областей пониженного давления. Кроме того, в обоих процессах постоянно присутствует взаимное перемещение контактирующих поверхностей. В связи с этим в настоящих исследованиях были изучены физико-механические свойства оболочек МК с целью определения области их существования и возможных механизмов вскрытия оболочек в условиях статического и динамического состояний.

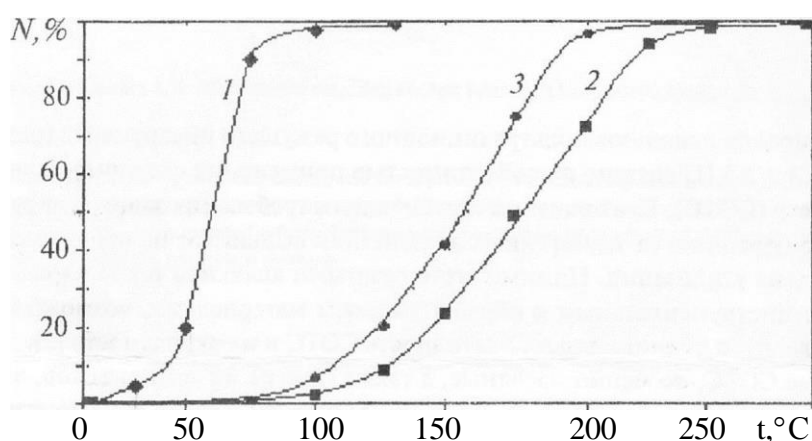


Рис. 1. Влияние температуры на термическую деструкцию различных оболочек МК: 1— изготовлены по технологии [8]; 2—масло И-40А; 3 — четыреххлористый углерод

На рис. 1 представлены кривые, характеризующие поведение оболочек МК при их нагреве. Так, кривая 1, построенная по данным работы [8], показывает динамику вскрытия оболочек МК, принятых за эталон. Согласно этим данным 90 % МК уже при температуре 75–80 °С вскрываются с потерей своего ядра. Иная картина наблюдается при изучении разработанных нами МК, в качестве ядер которых использовались промышленное масло И-40А (кривая 2) и аналогичный эталону четыреххлористый углерод (кривая 3). В этом случае в диапазоне исследуемых температур наблюдалось лишь опла-

ление оболочек без их вскрытия. При этом масляные МК полностью сохраняют свое ядро, а МК, заполненные четырёххлористым углеродом, частично его теряют в результате диффузии последнего через стенки оболочек.

Исследования, проведенные на дериватографе системы Ф. Паулик, И. Паулик и Л. Эрдеи (Венгрия), подтвердили полученные результаты. Эксперименты проводились при скорости нагрева $10\text{ }^\circ\text{/мин}$ с усилением — $1/10$. Анализ полученных дериватограмм показал, что изменение массы образцов фиксируется, начиная с температур $200\text{--}215\text{ }^\circ\text{C}$. Увеличение температуры приводит к увеличению скорости изменения массы, максимальная величина которой наблюдалась при температурах $350\text{--}380\text{ }^\circ\text{C}$.

С целью определения границ области термического разрушения оболочек МК применительно к процессу резания, изучалось распределение температурных полей режущего клина резца с использованием цветowych многопозиционных термоиндикаторных веществ [9]. Результаты исследований показали, что при точении титанового сплава ВТ1-0 быстрорежущим инструментом с применением СОТС на водной основе, критические изотермы температур, соответствующие значениям $185\text{--}200\text{ }^\circ\text{C}$, находятся на расстоянии $0,9\text{--}1,3\text{ мм}$ от вершины резца. Это в несколько раз меньше аналогичного параметра при использовании эталонных МК.

Изучение прочности оболочек МК при изменении внешнего давления в статическом состоянии проводились в два этапа: в вакуумной камере вакуумного поста ВУП-4 и на специальной установке, позволяющей создавать избыточное давление на образец.

Исследования в вакуумной камере показали, что при уменьшении давления вплоть до величин порядка 133 Па массового вскрытия оболочек не наблюдается. Отмечено лишь незначительная ($3\text{--}5\text{ }\%$) потеря массы МК. Это объясняется диффузией вещества ядер через оболочки МК.

Изучение поведения МК при избыточном давлении проводилось на специальной установке, которая представляет собой стеклянный цилиндр с движущимся в нем поршнем, посредством которого создается избыточное давление на помещенные в цилиндр МК. Фиксирование изменений состояния оболочек и изменения формы и объема МК осуществлялось через стеклянную стенку цилиндра с помощью катетометра.

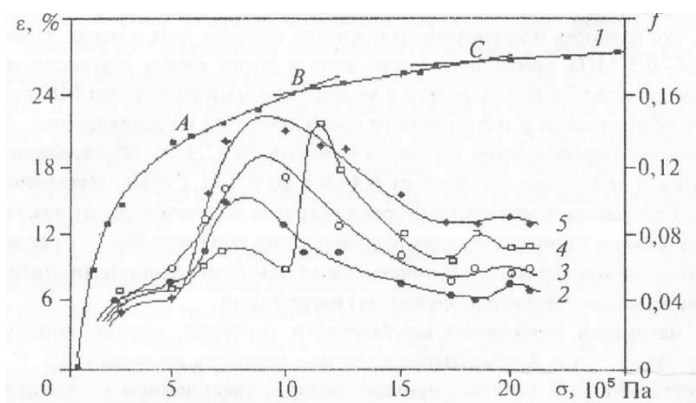


Рис. 2. Зависимость изменения степени деформации МК(1) и коэффициента трения от приложенной нагрузки при концентрации МК в носителе (об. %): 0,33 (2), 0,66 (3), 0,99 (4), 1,32 (5)

Полученная зависимость (рис. 2, кривая 1) представляет собой сочетание отрезков, близких к прямолинейным. Такая последовательность отрезков наглядно описывает состояние МК и их оболочек при нагружении образца. Так, на отрезке *OA* наблюдается деформация оболочек МК без их вскрытия, в результате чего их сферическая форма искажается с частичным заполнением существующих пустот между отдельными МК. Отрезок *AB* представляет собой своеобразную переходную область. Характерным для этой области является дальнейшее искажение оболочек МК, обусловленное пластичностью их оболочек, с одновременным разрушением некоторой части МК, оболочки которых имеют меньшие прочностные характеристики. Количество вскрываемых МК несколько увеличивается от т. А к т. В. Превышение удельными нагрузками значений 0,8–1,2 МПа характеризует окончание процесса пластической деформации МК. Дальнейшее увеличение давления на образец приводит к разрушению достаточно большого количества МК. В т. С процесс вскрытия оболочек прекращается, т.к. практически все МК разрушены. Визуальное наблюдение показывает, что при нагрузках, соответствующих точке С и превышающих их, в цилиндре установки присутствует жидкое содержимое ядер МК, содержащее пустые оболочки и некоторое количество невскрытых МК.

Приведенные данные хорошо иллюстрируют сравнительные результаты, полученные при трении металлических поверхностей. Исследования проводились на машине трения СМЦ-2 по схеме "колодка—диск". Колодка изготавливалась из инструментальной быстрорежущей стали Р18, диск — из закаленной стали 45. Трение осуществлялось с применением индустриального масла И-40А и МК с ядром того же масла, которые транспортировались в зону контакта посредством жидкого носителя — дистиллированной воды. Концентрация МК в носителе варьировалась от 0,33 до 1,66%. Максимальное значение нагрузки составляло 2,3 МПа и ограничивалось температурой возгонки носителя.

На рис. 2 приведены результаты исследований изменения коэффициента трения в зависимости от приложенной нагрузки при различных концентрациях МК в носителе. Анализ результатов показывает неоднозначность этого параметра - на всех кривых наблюдается явно выраженный максимум значений коэффициента трения в диапазоне нагрузок 0,8-1,2 МПа. Дальнейшее увеличение нагрузки на колодку приводит к снижению f до значений, соответствующих коэффициенту трения чистого масла. Отмечено, что концентрация МК оказывает влияние на максимальную величину коэффициента трения: чем больше МК в носителе, тем выше коэффициент трения в точке перегиба горба кривых.

Обсуждение полученных результатов проведем на примере зависимости 2 (рис. 2), который описывает процесс трения при минимальной концентрации МК в СОТС. На начальной стадии эксперимента невысокие нагрузки обуславливают процесс гидродинамического трения. Коэффициент трения в этом случае имеет значения, которые меньше аналогичной величины эталона. Это объясняется тем, что вязкость используемого носителя меньше, чем у масла. Превышение удельной

нагрузкой 0,4-0,5 МПа приводит к уменьшению зазора между контактирующими телами, величина которого становится соизмеримой с максимальными размерами МК в образце. Однако при этом МК в силу прочности и пластичности своих оболочек не разрушаются, а начинают препятствовать взаимному перемещению трущихся поверхностей. Этим обусловлено увеличение коэффициента трения в диапазоне нагрузок от 0,4-0,5 до 0,8-1,2 МПа. Взаимное сопоставление зависимостей 2 и 1 показывает, что этот интервал нагрузок соответствует отрезку *AB*, который характеризуется отсутствием процесса массового разрушения оболочек МК - пластичностью оболочек. Некоторые отклонения характерных точек можно объяснить условиями статического и динамического (наличием механического разрушения) нагружения.

Превышение нагрузкой некоторого критического значения, определяющего прочность их оболочек, соответствующего т. *B*, обуславливает начало процесса вскрытия МК. Сначала разрушаются МК, прочность оболочек которых меньше, затем, с увеличением нагрузки и уменьшением зазора между трущимися поверхностями, к ним добавляются МК с более прочными оболочками. Это приводит к уменьшению коэффициента трения.

Исследованиями установлено, что не все МК разрушаются непосредственно в зоне контакта. Предельные значения, характеризующие свойства оболочек МК, размеры которых превышают величину зазора между трущимися поверхностями, могут выступать ограничивающими факторами пластической деформации МК и возможности ее проникновения в полость зазора. При этом вскрытие МК может произойти посредством механического разрушения на границе раздела СОТС — передней кромки зазора контактирующих поверхностей. Не вызывает сомнения тот факт, что при реальном взаимодействии контактирующих поверхностей часть МК будет вскрываться механически непосредственно в зоне контакта, а именно, раздавливаясь взаимно перемещающимися микронеровностями поверхностей, тогда как МК, согласно представленной схеме, будут находиться в области, ограниченной кривой *ABC* — области, в которой МК должны существовать без разрушения. При некоторых условиях этот механизм может иметь определяющее значение. Поэтому на схеме эта зона определена как область квазистационарного состояния МК.

Как уже отмечалось, максимальные значения нагрева СОТС были ограничены температурами испарения носителя. Поэтому термодеструкция МК в проведенных исследованиях не являлась определяющим фактором, т. к. температурой термического разрушения их оболочек является 180200 °С. Нельзя отрицать также того, что некоторое количество МК вскрывалось под действием температур в локальных зонах контакта отдельных микровыступов рельефа трущихся поверхностей, а также в областях их адгезионных взаимодействий. Число таких МК, как показали проведенные исследования, на несколько порядков ниже аналогичного показателя при их механическом разрушении. В этой связи при описании полученных результатов авторами не затрагивался вопрос отдельного вычленения эффекта смазочного действия СОТС, обусловленного термодеструкцией оболочек МК, но вероятность существования тако-

го механизма декапсулирования как индивидуально, так и совместно с механическим разрушением МК в области квазистационарного состояния имеет место.

Заключение. Проведенными исследованиями установлено, что микродозированная подача, заключенных в микрокапсулы СОТС, эффективно сокращает ее количество при трении и резании материалов, приводит к улучшению экологии без ухудшения характеристик процессов контактного взаимодействия металлических поверхностей. Свойства оболочек микрокапсул (температура вскрытия, прочность и пластичность) обуславливают высвобождение СОТС непосредственно в зоне контакта. Представленная схема декапсулирования, основанная на физико-механических характеристиках микрокапсул, позволяет прогнозировать их поведение при различных условиях процессов контактного взаимодействия.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кремнев Л. С. Перспективы развития быстрорежущих сталей и сплавов // *МиТОМ* (1983), № 45, 2-5.
2. Sluhan Clyde A. Selecting the Right Cutting and Grinding Fluids // *Tool and Prod* (1994), N4 2, 40-50.
3. Schiele Luftman Karin. Hanterkrankungen musen nicht sein // *Produktion* (1993), № 6, 8.
4. Amin — und borsaufreie Kuhsehmiertoffe // *Maschine* (1994), N4 7-8, 24
5. Матвеевский Р. М. Повышение экологической чистоты смазочных масел // *Трение и износ*, 15 (1994), N4 5, 843-848.
6. Медведь Р. А., Кузина В. Ф., Барьппникова М. Н. Влияние условий резания на загрязненность воздушной среды аэрозолями и продуктами термоокислительной деструкции СОЖ // Тез. докл. межотрасл. семинара "Пути повышения производительности и качества механообработки на базе эффективного применения смазочно-охлаждающих жидкостей и прогрессивных методов заточки режущего инструмента". М.: ЦНИИТЗтракторсельхозмаш (1981), 41-45.
7. Ein Schnapsglas ist genug // *Produktion* (1997), № 25-26, 17.
8. А. с. СССР Ns 1541015.
9. Верещака А. С., Провоторов М. В., Кузин В. В., Тимощук Ё. А., Майер А. А. Исследование теплового состояния режущих инструментов с помощью многопозиционных термоиндикаторов // *Вестник машиностроения* (1986), № 1, 45-49.
10. Латышев В. Н., Годлевский В. А. СОТС в микрокапсулах / В кн. «Смазочно-охлаждающие технологические средства для обработки металлов резанием»: Справочник / Под ред. С. Г. Энтелеса и Э. М. Берлинера. М.: Машиностроение (1995), 149-152.

УДК 62-82:681.581.5

Е. А. Памфилов, В. В. Капустин, П. В. Кузьмин

ФГБОУ ВО «Брянский государственный технический университет»

ВЛИЯНИЕ И ОПТИМИЗАЦИЯ НАПРЯЖЁННОГО СОСТОЯНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ПОВЕРХНОСТНЫХ СЛОЁВ ПОДШИПНИКОВ СКОЛЬЖЕНИЯ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ИХ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ

Аннотация: Рассмотрены возможности повышения износостойкости подшипников скольжения шарнирных соединений, достигаемых за счёт оптимизации состояния поверхностных слоёв деталей путём формирования в них благоприятного уровня остаточных напряжений сжатия, а также увеличения их теплофизических свойств, обеспечиваемых посредством аккумулирования тепловой энергии.

Ключевые слова: износостойкость, напряжения сжатия, подшипники скольжения, шарнирные соединения, легкоплавкие материалы.

E. A. Pamfilov, V. V. Kapustin, P. V. Kuzmin.

INFLUENCE AND OPTIMIZATION OF THE STRESS STATE OF THE FUNCTIONAL SURFACE LAYERS OF PLAIN BEARINGS TO INCREASE THEIR WEAR RESISTANCE

Abstracts: The possibilities of increasing the wear resistance of plain bearings of swivel joints, achieved by optimizing the state of the surface layers of parts by forming a favorable level of residual compressive stresses in them, as well as increasing their thermo-physical properties, provided by accumulating thermal energy, are considered.

Keywords: wear resistance, compressive stresses, plain bearings, swivel joints, fusible materials.

В настоящее время во многих отраслях промышленности и производства широко используются машины и оборудование манипуляторного типа, в том числе и для пожарно-спасательных работ. Характерной особенностью указанной технике является наличие в них манипуляторных устройств, которые часто являются причиной отказов машин при эксплуатации. Они содержат многочисленные шарнирные соединения, основным элементов которых являются подшипники скольжения. Их эксплуатация происходит в условиях действия ударных и вибрационных нагрузок, повышенных эксплуатационных и низких климатических температур, абразивного и коррозионно-механического воздействия. При этом их работоспособность во многих случаях является недостаточной по причине интенсивного изнашивания. Поэтому повышение износостойкости подшипников скольжения шарнирных соединений манипуляторов технологических машин является актуальной задачей.

Одним из основных факторов пожарной и аварийно-спасательной техники является повышенная температура при эксплуатации, оказывающая существенное влияние на износостойкость подшипников скольжения. При повышении температуры выше допустимой происходят физико-механические, химические и другие изменения, особенно в поверхностных и приповерхностных слоях контактирующих деталей подшипникового узла. Появляются очаги микросваривания, заедания, задиры, приводящие к отказам шарнирных соединений манипуляторов технологических машин [2].

Для достижения требуемого уровня их износостойкости необходимо согласованное обеспечение благоприятных показателей большого числа конструкторско-технологических параметров. В частности, необходима оптимизация теплового режима работы, улучшение напряжённого состояния функциональных поверхностных слоёв, повышение триботехнических характеристик [1, 2].

Перспективным для повышения износостойкости является обеспечение стабилизации теплового режима, осуществляемая путём заполнения специально образованных внутренних полостей деталей подшипникового узла легкоплавким материалом. Такое саморегулирование происходит благодаря периодическому расплавлению и затвердеванию, находящихся в материале или в полостях деталей, легкоплавких соединений под действием фрикционного нагрева и последующего охлаждения [3].

При этом целесообразным является размещение легкоплавкого материала в обеих контактирующих деталях триботехнической пары. Желательно располагать в полости вала более легкоплавкий материал, что позволяет в определённой степени перенаправить тепловой поток в сторону вала и уменьшить тем самым теплонагруженность фрикционного соединения в целом. Для стабилизации температурного режима в указанных условиях возможно применение эвтектических и эвтектоидных сплавов. Они характеризуются устойчивой обратимостью процессов плавления и затвердевания, отсутствием коррозионного воздействия на конструкционные детали шарнирных соединений и т.д.

Одним из основных факторов повышения износостойкости является оптимизации напряжённого состояния функциональных поверхностных слоёв путём формирования в них благоприятных остаточных напряжений сжатия. Для этого применяются методы поверхностно пластического деформирования, например, дробеструйного наклепа, вибронакатывания, электроискровой, химической и химико-термической обработки деталей, а также применения технологического электромагнитного индуцирования. При этом для оптимизации напряжённого состояния необходимо учитывать фазово-структурные, термические и функциональные напряжения, проявляющиеся в процессе эксплуатации.

Кроме того, требуемый уровень остаточных напряжений сжатия можно обеспечить за счёт применения посадок с натягом и специальных сжимающих пружин. Для этого было предложено использовать составные вкладыши, соединяемые друг с другом по конической посадке с натягом, в которых натяг поддается регулированию. На наружной поверхности внутренней втулки выполнена винтовая канавка, в которой размещается сжимающая пружина. В ре-

зультате сборки составного вкладыша происходит формирование напряжений сжатия за счёт посадки с натягом и сжимающей пружины [4]. При этом величина создаваемых напряжений зависит от величины натяга, механических свойств материалов, из которых изготовлены детали, микро- и макрогеометрии сопрягаемых поверхностей, конструктивных особенностей соединяемых деталей и др.

При создании такого вкладыша желательным является использование в качестве материала для внутренней втулки- бронзы или другого антифрикционного сплава, а для опорной – материала с повышенным значением модуля упругости. Вследствие того, что модуль упругости бронзовой втулки меньше модуля упругости материала опорной втулки, то вследствие посадки с натягом соединяемых втулок подшипников скольжения величина сжимающих напряжений во внутренней втулке будет больше чем опорной. В результате на рабочей поверхности внутренней втулки создаются благоприятные остаточные напряжения сжатия.

При рациональном использовании конической посадки с натягом, возможно достижение требуемой величины управляемых остаточных напряжений сжатия в функциональном поверхностном слое внутреннего диаметра исследуемых подшипников скольжения. Наличие таких напряжений способствует увеличению контактной усталостной прочности и износостойкости подшипника скольжения. При этом для регулирования создаваемых остаточных напряжений целесообразной является регламентированная поэтапная осевая запрессовки с текущим контролем внутреннего функционального диаметра и введения его по мере необходимости в заданное поле допуска.

Таким образом, использование теплоаккумулирующих сплавов для стабилизации теплового режима работы и обеспечение благоприятного уровня остаточных напряжений сжатий в функциональных поверхностных слоях подшипников скольжения способствует существенному повышению их износостойкости.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Белый А.В., Карпенко Г.Д., Мышкин Н.К. Структура и методы формирования износостойких поверхностных слоев. М.: Машиностроение, 1991. 208 с.
2. Дроздов, Ю.Н. Трение и износ в экстремальных условиях: Справочник // Ю.Н. Дроздов, В.Г. Павлов, В.Н. Пучков. Машиностроение, 1986. 224 с.
3. Памфилов, Е.А., Пилюшина Г.А. Возможности и перспективные пути повышения работоспособности машин и оборудования лесного комплекса // ИВУЗ. Лесной журнал. № 5 (335), 2013. С.129-141.
4. Пат. 2726348 Рос. Федерация: МПК F16C 17/00, F16C 33/24. Подшипник скольжения / Е.А. Памфилов, В.В. Капустин, Г.А. Пилюшина, П.Г. Пыриков, Е.В. Шевелева; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО Брянский государственный технический университет (RU). - № 2019133054; заявл. 16.10.2019; опубл. 13.07.2020 Бюл. № 20.

УДК 621.2.082.18

*М. А. Пахомов, А. В. Михеев, М. А. Тананов, А. Ю. Албагачиев,
М. Н. Ерофеев, В. В. Столяров*

Институт машиноведения им. А. А. Благонравова РАН, Москва, Россия

ФРЕТТИНГ-ИЗНОС УЛЬТРАМЕЛКОЗЕРНИСТОГО ТИТАНА

Аннотация: В данной работе представлены первые результаты по фреттинг-износу в ультрамелкозернистом титане Grade-4 с разной амплитудой перемещения при комнатной температуре. Показаны трибологические особенности фреттинг-износа при возвратно-поступательном движении без смазки с амплитудой перемещения меньше размера зоны контакта. Разработана и изготовлена установка для испытаний на фреттинг-износ.

Ключевые слова: наноструктурный титан, зона контакта, амплитуда перемещения, фреттинг износ.

*М. А. Pakhomov, A. V. Mikheev, M. A. Tananov, A. Yu. Albagachiev,
M. N. Erofeev, V. V. Stolyarov*

FRETTING WEAR OF ULTRAFINE GRAINED TITANIUM

Abstract: This paper presents the first results on fretting wear in Grade-4 ultrafine-grained titanium with different displacement amplitudes at room temperature. The tribological features of fretting wear during reciprocating motion without lubrication are shown, while maintaining the dependence of the displacement amplitude on the size of the contact zone. A setup for testing fretting wear has been developed and manufactured.

Keywords: ultrafine-grained titanium, friction zone, displacement amplitude, fretting wear.

Современные представления о фреттинг-износе связаны с необычными условиями испытаний при этом виде трения. Как правило, процесс трения осуществляется при циклическом микроперемещении контактирующих поверхностей качением или скольжением без смазки, при низких частотах (менее 50 Гц) и очень малых амплитудах (20–200 нм) [1]. Предполагается, что эти граничные условия гарантируют сохранение продуктов износа в зоне контакта (рис. 1а) [2]. Во многих случаях это приводит к катастрофическому износу и даже разрушению за короткое время. Лабораторное воспроизведение таких условий зачастую затруднительно, что связано с отсутствием либо подобных трибометров, либо методов контроля амплитуды в нанометровом диапазоне. Трение и износ являются структурно зависимыми свойствами и поэтому исследование особенностей фреттинг-износа в наноструктурных материалах, в кото-

рых размер зерен много меньше амплитуды перемещения, становится особенно важным. Цель исследования – оценить возможность физического моделирования фреттинг износа для ультрамелкозернистого (УМЗ) титана в условиях, отличающихся от указанных выше.

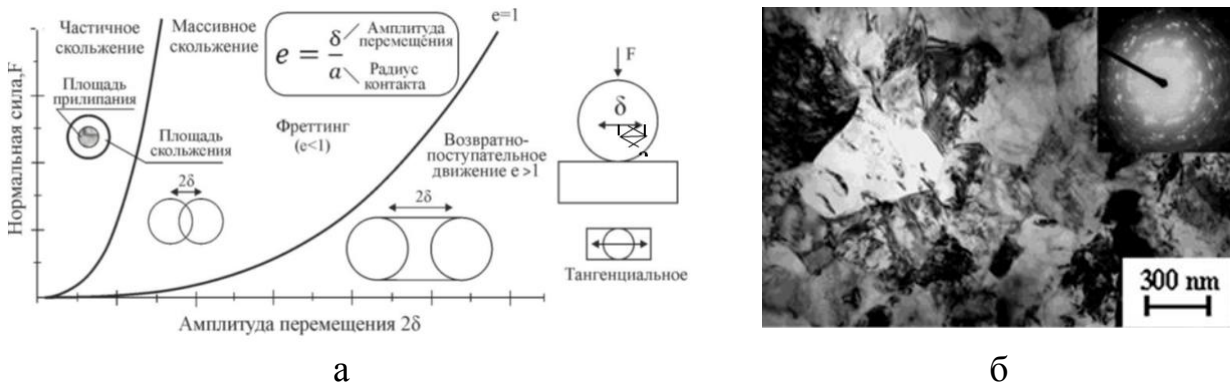


Рис. 1. Область фреттинга при скольжении шарика (а) и микроструктура УМЗ Ti (б)

Исходным материалом служил пруток диаметром 20 мм технически чистого титана Grade 4 в ультрамелкозернистом (УМЗ) состоянии (средний размер зерен $d = 450$ нм), полученном методом равноканального углового прессования «рис. 1б». Микротвердость УМЗ титана составляла $H_v = 400$. Из прутка вдоль продольной оси была вырезана пластина размером 2 x 6 x 43 мм³. Перед испытанием образцы шлифовались до шероховатости $Ra \leq 1$ мкм.

Испытание сопротивления фреттинг-износу проводилось по схеме «шаровой индентор-пластина». К индентору прикладываются возвратно поступательные колебания и нормальная нагрузка. Указанная схема испытаний реализуется при помощи специального стенда, конструкция которого показана на рис. 2.

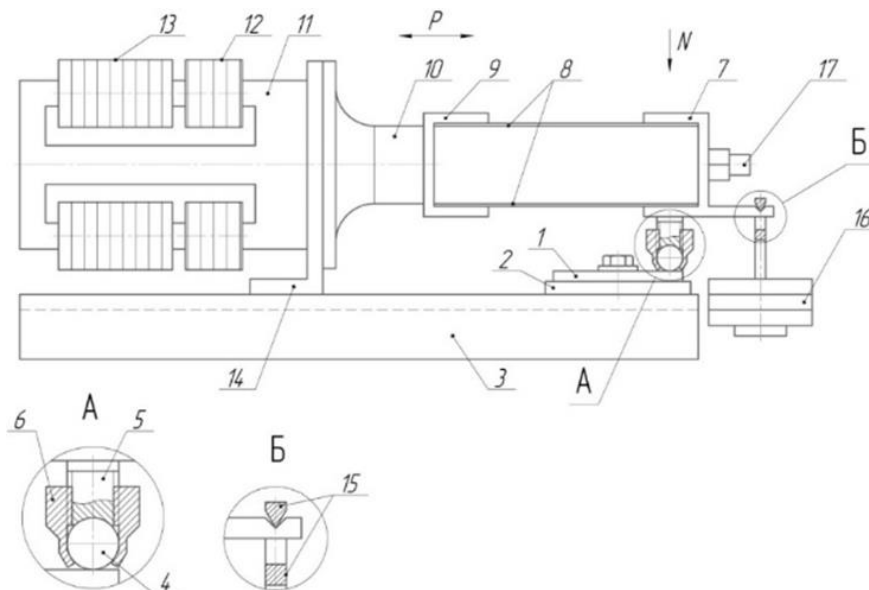


Рис. 2. Конструкция стенда

Образец 1 в форме пластины, закреплён на общем основании 3 при помощи прижимов 2. На одном образце возможно провести несколько испытаний путём перестановки его в прижимах. Индентор 4, выполненный в виде сферы, установлен в держатель 5 и зажат резьбовой втулкой 6. Благодаря применённой форме индентора возможная неперпендикулярность его оси к плоскости образца не сказывается на результатах.

Источником механических колебаний является магнестрикционный преобразователь, основой которого является магнитопровод 11 из железоникелевого сплава с двумя обмотками: рабочей 13 и подмагничивания 12. Рабочая обмотка магнестрикционного преобразователя подключена к генератору синусоидальных колебаний с регулируемой амплитудой и частотой. Обмотка подмагничивания создаёт постоянную составляющую магнитного поля для повышения линейности характеристики преобразователя. Магнитопровод закреплён на основании при помощи кронштейна 14. Колебания передаются на механическую систему стенда через стержневой концентратор 10, который представляет собой стержень переменного сечения и служит для увеличения амплитуды колебаний.

Механическая система стенда включает пружинный параллелограмм, образованный плоскими пружинами 8 и кронштейнами 7 и 9 и устройства нагружения, состоящего из наборных грузов 16, устанавливаемых на подвес 15, который опирается призматическим выступом на кронштейн 7. Такая конструкция снижает влияние нормальной нагрузки на параметры колебаний.

Виброускорение колебаний измеряется акселерометром 17. По известной форме и частоте сигнала генератора и виброускорению можно вычислить амплитуду перемещений. Сигнал акселерометра поступает на осциллограф-анализатор спектра, который измеряет амплитуду и определяет наличие паразитных гармоник. Частота генератора подстраивается до минимума гармоник для обеспечения прямолинейности колебаний.

Интенсивность износа образца после проведения испытаний определяется измерением размеров области износа, которая имеет вид неправильного прямоугольника. Длина и ширина измеряются инструментальным микроскопом. Глубина определяется при помощи профилометра.

Эксперимент выполнялся при амплитудах 5, 20, и 60 мкм (амплитуда – ½ размаха колебаний), без смазки. Материал индентора – сталь ШХ15 в форме шара Ø12,7 мм, его твёрдость 65 HRC. Частота колебаний составила 7900 Гц, с нагрузкой 60 Н, время испытания 30 мин.

Диаметр зоны контакта при отсутствии колебаний рассчитывался по формуле твердости по Бринеллю:

$$HB = \frac{0.102F}{\frac{\pi D}{2}(D - \sqrt{D^2 - d^2})}, \quad (1)$$

- где HB=350 – твёрдость по Бринеллю;
- F =60Н – нагрузка на индентор, Н;

- $D = 12.7\text{мм}$ – диаметр стального шарика, мм;
- d – диаметр отпечатка, мм.

После подстановки в формулу (1) указанных величин диаметр зоны контакта составил 150 мкм, что больше двукратной амплитуды перемещения. Следовательно, выноса продуктов износа из зоны контакта нет.

При нагрузке 60Н и отсутствии колебаний отпечаток не наблюдается из-за наличия упругого восстановления. Размеры следов износа на образцах меньше зоны контакта по причине неравномерного распределения нагрузки от шарового индентора.

После испытаний диаметры отпечатков на образце и инденторе измерялись при помощи микроскопа с окулярным микрометром. На рисунках ниже представлены следы фреттинг-износа на образце (рис. 3) и инденторе (рис. 4) с амплитудами: 5; 20 и 60 микрон.

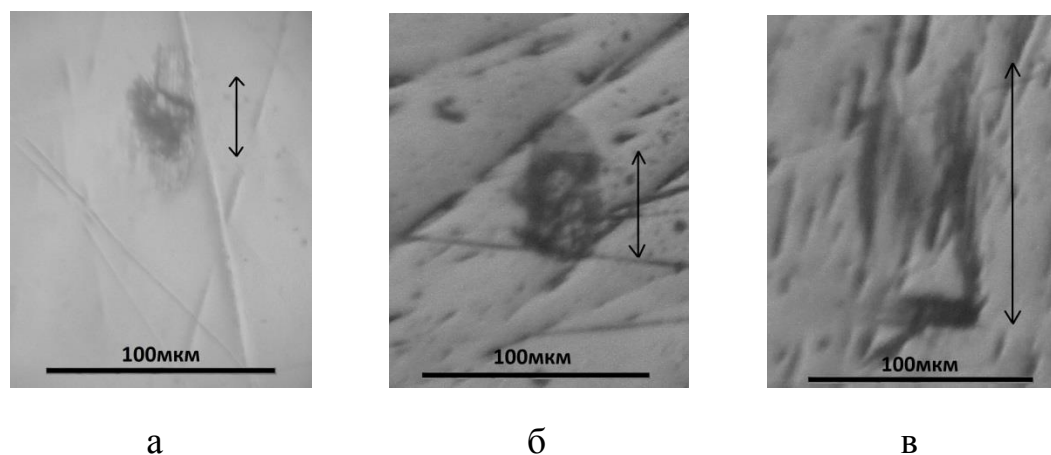


Рис. 3. Следы фреттинг-износа на образце, с амплитудами:
а – 5 мкм; б – 20 мкм; в - 60 мкм. Стрелка показывает движение индентора

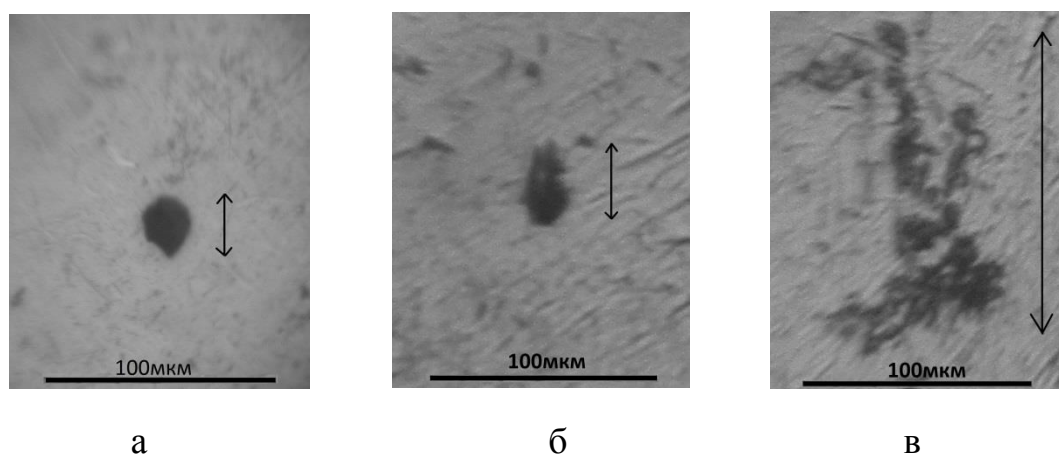


Рис. 4. Следы фреттинг-износа на инденторе, с амплитудами:
а – 5 мкм; б – 20 мкм; в - 60 мкм. Стрелка показывает движение индентора

Геометрические размеры следов износа на образце и инденторе, измеренные после проведения испытаний, приведены в таблице.

Таблица. Амплитуда перемещения и размеры следов износа

| Амплитуда, мкм | На ОБРАЗЦЕ, мкм | | | На ИНДЕНТОРЕ, мкм | |
|-------------------|-----------------|--------|---------|-------------------|--------|
| | Длина | Ширина | Глубина | Длина | Ширина |
| 5 | 30 | 25 | 0,5 | 30 | 20 |
| 20 | 60 | 40 | 1 | 40 | 20 |
| 60 | 120 | 60 | 3 | 150 | 40 |

Из данных таблицы видно, что линейные размеры полученных следов износа меньше пятна контакта от индентора, что удовлетворяет условию фреттинг-износа (рис. 3). Износ индентора меньше, так как твердость выше, чем у испытуемого образца (рис. 4).

На рис. 5 представлена зависимость износа (пропорционального объему дорожки трения) от амплитуды. В области малых амплитуд скорость износа минимальна. Скорость и сам износ возрастают с увеличением амплитуды, при этом продукты износа остаются в зоне контакта.

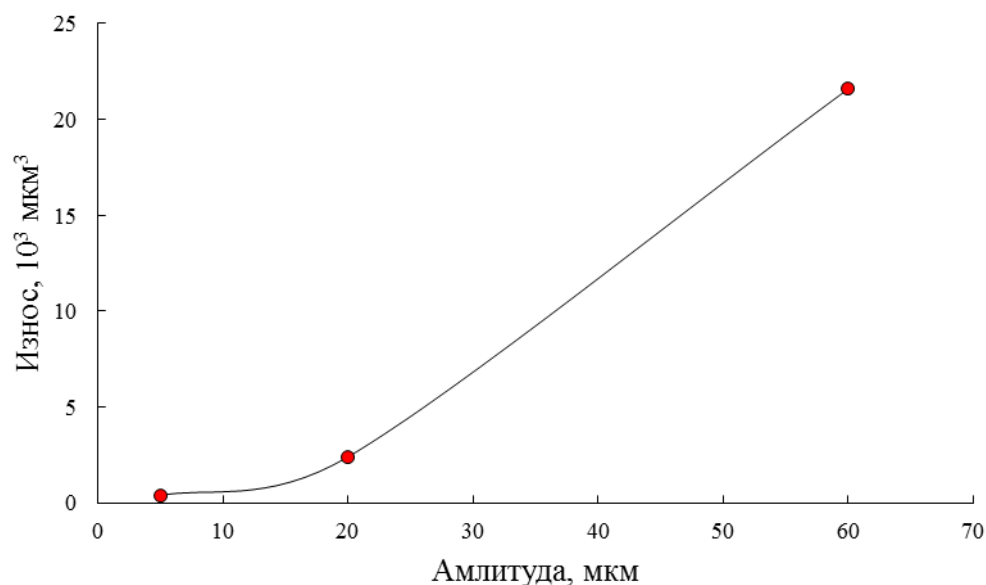


Рис. 5. Зависимость износа от амплитуды перемещения

Модернизация существующей машины трения и условий испытания позволила регулировать амплитуду перемещения так, чтобы она была меньше размеров зоны контакта, а трение происходило без выноса продуктов износа, что характерно для фреттинг-износа.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Уотерхауз Р.Б. Фреттинг-коррозия. Л.: Машиностроение. 1976. 270 с.
2. Столяров В.В., Кузнецов В.П. Феноменология и структурные аспекты фреттинг-трения конструкционных материалов, гл.2 в коллективной монографии «Актуальные проблемы прочности», под ред. В. В. Рубаника. – Молодечно: ОАО «Типография «Победа». 2020. 453 с.

УДК 614.84

К. А. Подгальня

Тюменский индустриальный университет

ОЦЕНКА НАДЕЖНОСТИ И ЭКСПЛУАТАЦИИ СИСТЕМЫ ПОЖАРНОЙ СИГНАЛИЗАЦИИ

Аннотация: В статье обсуждается анализ вопросов эксплуатации и надежности, который касается выбранных систем пожарной сигнализации, демонстрирующих различные функциональные структуры.

Ключевые слова: эксплуатация, надежность системы пожарной сигнализации.

К. А. Podgalnyaya

ASSESSMENT OF THE RELIABILITY AND OPERATION OF THE FIRE ALARM SYSTEM

Abstracts: The article discusses the analysis of issues of operation and reliability, which concerns the selected fire alarm systems, demonstrating various functional structures.

Keywords: operation, reliability of the fire alarm system.

Транспортные системы пожарной сигнализации функционируют в различных, часто экстремальных, условиях эксплуатации. Цепи пожарной сигнализации типа А, В, контуры обнаружения, блоки управления сигнализацией расположены внутри зданий (например, железнодорожные станции, сигнальные будки, трансформаторные станции, распределительные устройства), а также снаружи, в условиях открытого доступа (например, проходы, складские помещения и т.д.) [4]. Многолетние исследования процесса эксплуатации подтверждают тезис о том, что надлежащее функционирование этих платформ безопасности является функцией надежности компонентов – датчиков, модулей, блоков управления и т.д. Процесс технического обслуживания, наличие запасных частей и проведение периодических проверок также определяют надлежащий уровень надежности. [4]. Анализ эксплуатационных явлений должен учитывать два важных вопроса: подход к надежности уже на стадии разработки

проектного сценария пожара, а также эффективное оперативное управление этими сложными техническими объектами – т.е., например, доступность обслуживания, проведение профилактических осмотров и параметры из их окружения [5].

Системы пожарной сигнализации являются одними из наиболее важных электронных систем безопасности (часто устанавливаемых на объектах в связи с применимыми законодательными требованиями), которые эксплуатируются в обширных транспортных зонах. Надлежащее функционирование платформ безопасности предполагает реализацию ранее предполагаемого процесса транспортировки с приемлемым уровнем риска неблагоприятных внешних и внутренних воздействий (например, пожар, кража со взломом, нападение, террористическая атака и т.д.). [1]. Ненадежность отдельных электронных устройств и систем, а также ошибки операторов, контролирующих рабочий процесс в режиме реального времени, могут привести к возникновению угроз безопасности или состояний ненадежности [1]. Теория безопасности и риска отвечает на вопросы, касающиеся последствий сбоев, повреждений и ошибок оператора. Это является причиной неприемлемых состояний в этих системах, например, ненадежности или угрозы безопасности.

Сфера интересов теории безопасности и риска включает в себя результаты повреждений и ошибок, которые приводят к состояниям ненадежности безопасности и опасности систем. Вопрос правильного разъяснения, какое из состояний можно считать приемлемым или неприемлемым с точки зрения безопасности или первоначального сценария пожара, разработанного для транспортного средства, очень важен в этом случае.

Набор неприемлемых состояний может быть обратимым в случае, если такая система имеет элементы или устройства, которые иницируют или прерывают процесс повреждения или отказа (включая ошибочные действия оператора) [3]. Ответные действия должны быть выполнены в течение доступного времени, когда есть возможность исправить опасную ситуацию [4]. Такие действия возможны, когда платформы безопасности имеют «резервуар» разрешенных операций по противодействию отказам. В таком случае невозможно перейти от допустимых (например, наблюдение) к запрещенным (отказ модуля или блока управления – состояние угрозы безопасности) состояниям [2]. Срок службы платформ безопасности в случае неблагоприятных воздействий может быть увеличен путем выполнения доступных действий, например за счет использования резервирования или технических решений, повышающих надежность самих устройств [10, 12, 16, 19]. Использование избыточности означает допуск определенных повреждений, а также расширение системы.

Второй случай – предотвращение катастрофических повреждений, например, датчиков внутри системы. В некоторых исследовательских работах предлагается применение нечеткой логики [5] или искусственных нейронных сетей [2], которые уже используются в детекторах для выработки тревожных сигналов [4]. На функциональность электронных транспортных систем также

существенно влияют условия окружающей среды, температура, влажность, вибрации, а также электромагнитные помехи [1].

В век стремительного технического прогресса и постоянного развития инфраструктуры транспортные объекты подвергаются многочисленным опасностям [2]. Опасности, непосредственно не связанные с пожаром, такие как угроза терроризма, могут быть его источником [3]. Вот почему правильная защита транспортных средств с использованием средств активной и пассивной пожарной безопасности является чрезвычайно важным вопросом.

Под техническими мерами пожарной безопасности следует понимать устройства, оборудование, системы и строительные решения, предназначенные для предотвращения образования и распространения пожаров. Под оборудованием пожарной безопасности понимаются устройства, направленные на предотвращение образования, обнаружение и тушение пожара или ограничение его последствий. В частности, к ним относятся стационарные и полуфиксированные устройства пожаротушения и защиты, инерционные устройства, устройства, являющиеся частью системы акустического предупреждения (AWS) и системы пожарной сигнализации (FAS). Система пожарной сигнализации (FAS) – это система, которая включает в себя устройства сигнализации, предназначенные для автоматического обнаружения и передачи информации о пожаре, а также приемники пожарной сигнализации и приемники сигналов повреждения (рис. 1) [3].

Различают несколько типов FAS в зависимости от конструкции, конфигурации и типа используемых линейных элементов (рис. 2).



Рис. 1. Основные задачи, выполняемые системой пожарной сигнализации

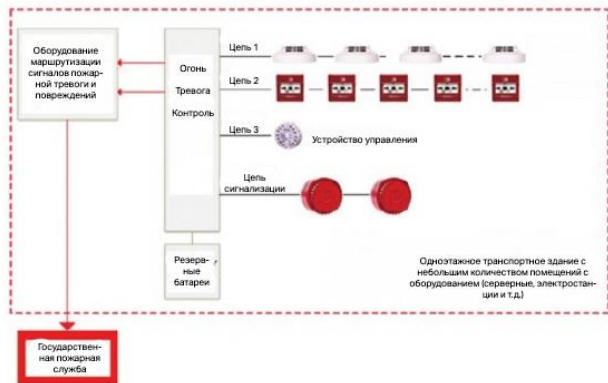


Рис. 2. Сфокусированная FAS с разомкнутыми цепями обнаружения, подключенная к системе мониторинга сигналов пожара и повреждений

Применение данного типа FAS зависит от правовых требований к таким системам, сценария пожара, который должен быть реализован, юридических требований к данному объекту, подлежащему защите, принятой области защиты и функциональных и утилитарных требований, которым должна удовлетворять система. Точность определения местоположения источника возгорания зависит от используемого FAS. С другой стороны, требование относительно точности определения местоположения пожара является критерием выбора системы пожарной сигнализации [2]. Контур управления и мониторинга должен быть выполнен в соответствии со специальными требованиями и таким образом, чтобы поддерживать непрерывность подачи питания или передачи сигнала в течение периода времени, необходимого для ввода устройства в эксплуатацию. Из-за небольшой протяженности транспортного средства, короткого расстояния кабельных трасс и небольшого количества устройств управления и мониторинга часто используется единый контур управления и мониторинга, который может обрабатывать, например, все платформы.

На рисунке 3 показан сфокусированный FAS, основанный на адресуемом FACU, с подключенным детектором разомкнутости и ручными схемами точки вызова. Все элементы оснащены изоляторами короткого замыкания. Система состоит из контурных цепей, некоторые из которых имеют запрограммированные детекторы в системах обнаружения, контур управления с модулем, управляющим устройствами пожарной безопасности, а также техническими системами и системами безопасности в помещении сигнальной будки. К блоку управления также подключена сигнальная схема с эхолотами [2]. На рисунке 3 показаны взаимосвязи, происходящие внутри сфокусированной системы с адресуемым блоком управления пожарной сигнализацией с замкнутыми разомкнутыми цепями и сигнальной схемой.

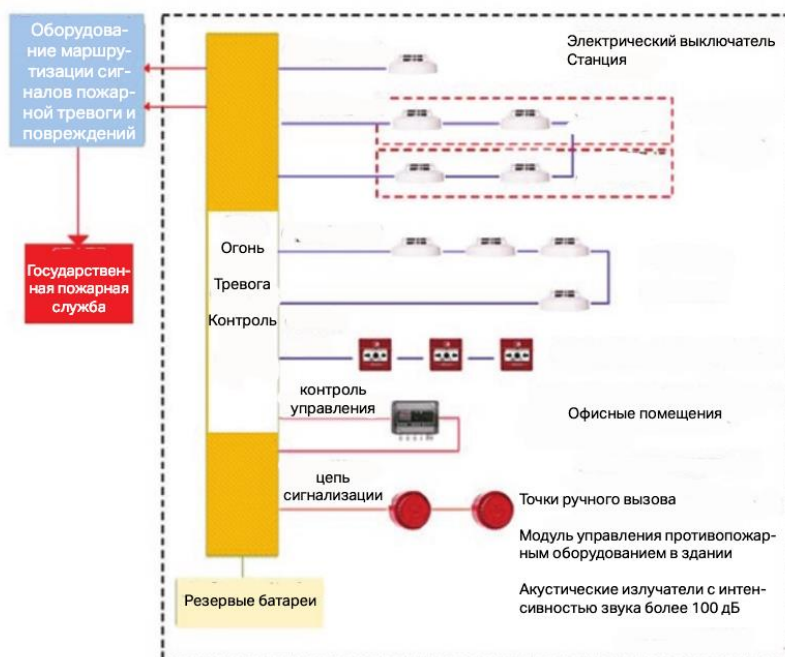


Рис. 3. Система с адресуемыми блоками управления пожарной сигнализацией с разомкнутыми контурами и сигнальной цепью

Взаимосвязи, происходящие внутри сфокусированной системы, показаны на рис. 4.

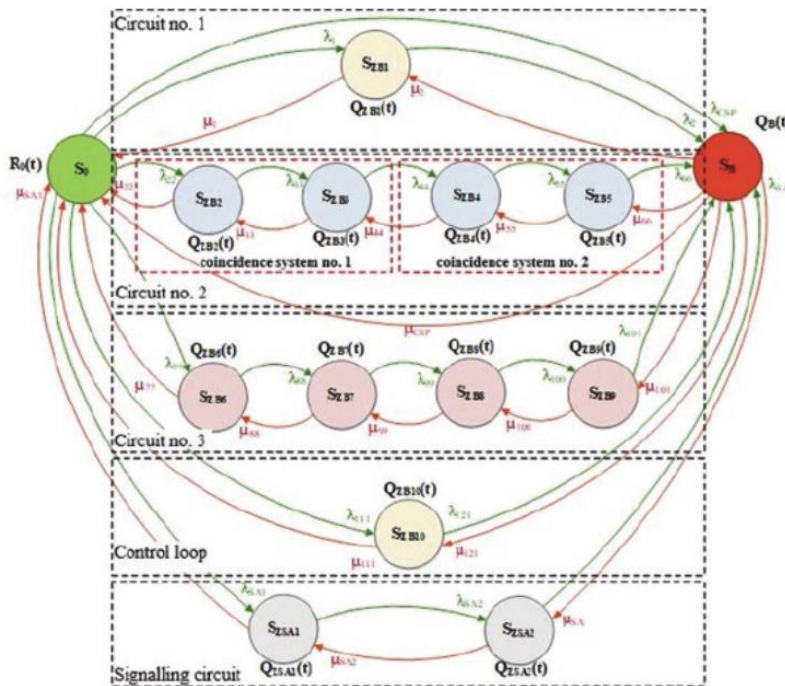


Рис. 4. Взаимосвязи, возникающие в сфокусированной системе с адресуемым блоком управления пожарной сигнализацией с разомкнутыми контурами и сигнальной схемой

Из-за различных структур ФАС, эксплуатируемых в обширной транспортной зоне, взаимосвязи между отдельными устройствами в системе могут отличаться. Система, показанная на рис. 4, имеет более сложную структуру надежности из-за наличия большего количества противопожарных объектов – серверных комнат, служебных помещений и электрической коммутационной станции. По этой причине можно выделить отдельные схемы обнаружения 1, 2 и 3, контур управления и сигнальную схему. Кроме того, схема обнаружения № 2 использует сигналы тревоги в системе совпадения. В случае такой спроектированной ФАС следует различать больше рабочих состояний, поэтому система уравнений, описывающая поведение системы в рамках операционного процесса, становится сложной.

Системы пожарной сигнализации, эксплуатируемые на обширных транспортных площадях, имеют различные соединительные структуры, которые являются функцией выполняемых задач - пожарного мониторинга зданий [4]. Сложные ФАС имеют около дюжины контуров обнаружения, а также сигнализатор, контроль задымления, газовое подавление. Из-за объема выполняемых задач и средств управления огнем надежность и эксплуатационная структура таких систем неоднозначны. Для повышения надежности ФАС применяются доступные технические меры. Среднее значение вероятности пребывания системы в состоянии пригодности составляет $S_0=0,999993444$, тогда как время, про-

веденное в этом состоянии, составляет 8759,94257 ч (время моделирования составило $t=1$ год работы).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Завьялов Д. Е., Юнцова О. С., Зыбина О. А. Исследование элементов системы противопожарной защиты объектов (на примере огнезащитных вспучивающихся композиций на основе интеркалированного графита) // Надзорная деятельность и судебная экспертиза в системе безопасности. 2017. № 1. 35–42 с.
2. Аксютин, В.П. Пожарная безопасность / В.П. Аксютин, Н.А. Шелудько. - М.: Трансинфо, 2018. – 224 с.
3. Пожары и пожарная безопасность: статистические сборники. М.: ВНИИ-ПО, 2010–2017 гг.
4. Кашапова, Л. М. Современные автоматические системы противопожарной защиты / Л. М. Кашапова. – Текст: непосредственный // Молодой ученый. – 2020. – № 48 (338). – С. 607-610.
5. M. Kinateder, E. Ronchi. Letter to the editor. Burning Down the Silos in a Multi-disciplinary Field. Towards Unified Quality Criteria in Human Behaviour in Fire, Fire Technol. – May 2019.

УДК 539.421

П. В. Пучков

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

СПОСОБ ИНДИКАЦИИ УСТАЛОСТНОГО РАЗРУШЕНИЯ ТЯЖЕЛОНАГРУЖЕННЫХ ВАЛОВ МАШИН И МЕХАНИЗМОВ

Аннотация: в статье рассмотрена проблема усталостного разрушения металлических деталей и предложено техническое решение по раннему выявлению усталостных трещин в ответственных и тяжело нагруженных деталях машин и устройств.

Ключевые слова: усталостное разрушение, трещина, пенетрант, деталь, авария.

A METHOD FOR INDICATING FATIGUE FAILURE OF HEAVILY LOADED SHAFTS OF MACHINES AND MECHANISMS

P. V. Puchkov

Abstract: the article deals with the problem of fatigue failure of metal parts and offers a technical solution for early detection of fatigue cracks in critical and heavy-loaded parts of machines and devices.

Keywords: fatigue failure, crack, penetrant, part, accident.

Под надежностью понимают свойство объекта сохранять во времени в установленных пределах все параметры, обеспечивающие выполнение требуемых функций в заданных условиях эксплуатации. Особое требование надёжности предъявляется к тяжелонагруженным узлам техники и оборудованию. Наиболее тяжелонагруженными деталями в машинах и тракторах, летательных аппаратах являются детали креплений, соединений, а также валы и оси.

При работе валы подвергаются действию изгибающего и вращающего моментов, а иногда могут испытывать деформацию растяжения или сжатия. При работе в таких достаточно тяжелых условиях валы, изготовленные из железоуглеродистых сплавов подвержены опасному усталостному разрушению. Усталостное разрушение металла (сплава) - это процесс постепенного накопления повреждений в структуре детали под действием повторно-переменных напряжений, приводящих к образованию усталостных трещин. Данный вид разрушения происходит не мгновенно, а постепенно. Сначала в структуре металла зарождаются микротрещины, затем они начинают разрастаться по сечению детали и в конце концов образуется поверхность разлома. Трещины, распространяясь внутри материала рано или поздно приводят к внезапному разрушению детали (усталостному излому), и выходу из строя машины или оборудования в целом (рис. 1). Способствуют этому процессу локальные концентраторы напряжений, например: шпоночные пазы, переходы в сечениях, выточки [1].

Для того, чтобы обнаружить усталостные явления металла в структуре валов машин без применения специального оборудования – дефектоскопов, предлагается следующее техническое решение. Простое и эффективное решение данной проблемы нашел английский изобретатель Эрик Дональд [2]. Он в свою очередь предложил высверливать болты и заполнять их полость яркой индикаторной краской – пенетрантом. Пенетрант - специальное индикаторное вещество, проникающее в дефекты материала под действием сил капиллярности. Как только в таком крепёжном элементе образуется маленькая трещинка, пенетрант начнет просачиваться на поверхность, сигнализируя о усталостном разрушении детали. Данный метод применим не только к резьбовым соединениям, но и к осям, на которых вращаются винты вертолетов, к шарнирам, заклепкам и валам (рис. 2).



Рис. 1. Усталостный излом коленчатого вала

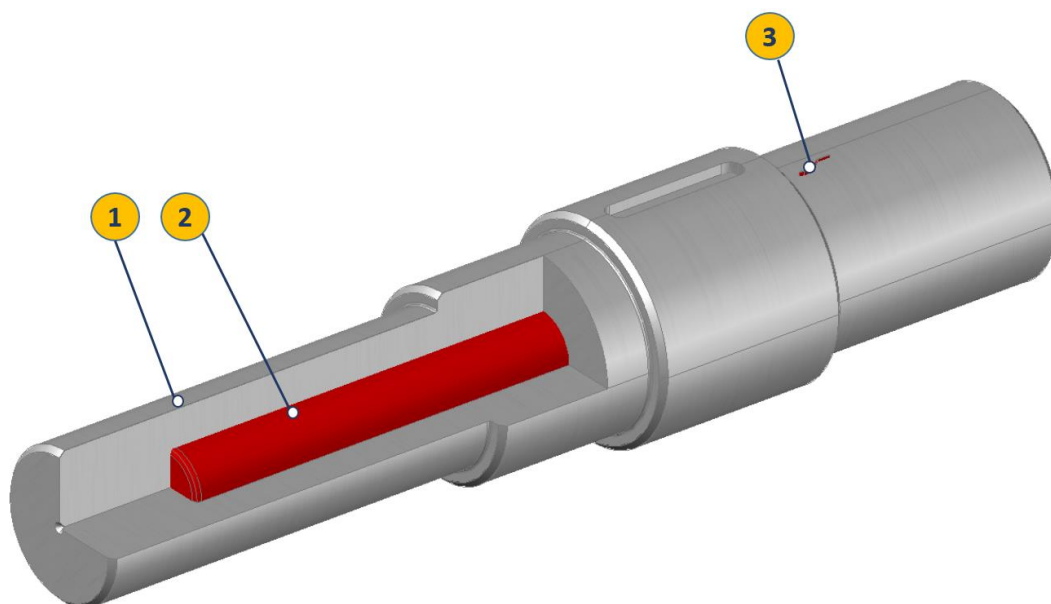


Рис. 2. Схема вала с полостью, заполненной индикаторной жидкостью (пенетрантом):
1 – вал; 2 – пенетрант; 3 – усталостная трещина

Следует отметить, что рациональным для валов поперечным сечением является сечение в виде кольца. Это связано с тем, что в валах наибольшие касательные напряжения (согласно эпюре касательных напряжений (рис. 3)) возникают на поверхности вала, в сердцевине вала эти напряжения значительно меньше, а на продольной оси равны нулю. Поэтому сердцевина в сплошном валу в значительной степени недогружена и ее вклад прочность вала очень мала. Изготовление вала с сечением в виде кольца позволит не только значительно снизить вес вала, но и заполнить данную полость индикаторной жидкостью.

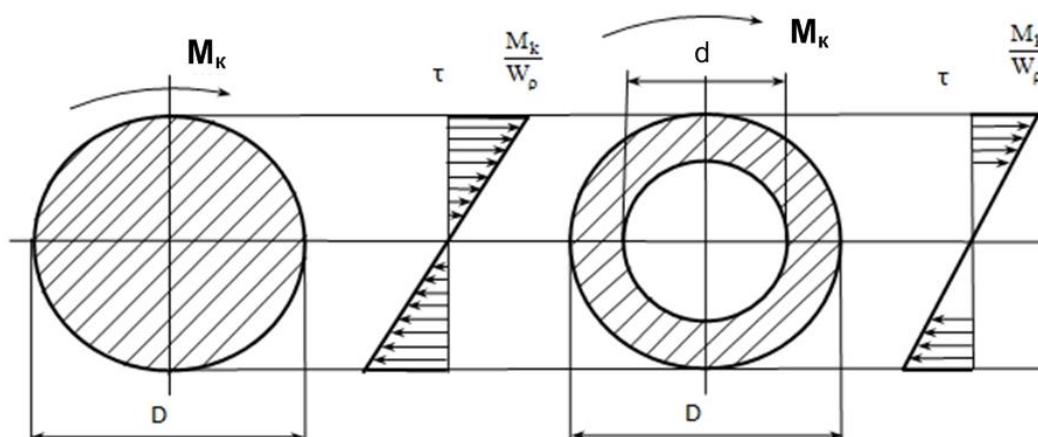


Рис. 3. Сечения круглого и кольцевого валов и эпюры касательных напряжений

Данное техническое решение позволит предотвратить крупные аварии, в частности авиационные, в энергетике, в горнодобывающей промышленности и избежать человеческих жертв. Известен горький пример крупной аварии в результате усталостного разрушения крепежных элементов. 17 августа 2009 года произошла техногенная авария на Саяно-Шушенской ГЭС. В результате аварии погибло 75 человек. Данная авария на сегодняшний день является крупнейшей в истории гидроэнергетики России. В результате проведенных расследований и ряда экспертиз Ростехнадзором было установлено, что причиной аварии стало разрушение шпилек крепления крышки турбины. Данный крепежный элемент разрушился в следствии усталостных процессов разрушения. Если бы в конструкции шпилек было использовано вышеописанное техническое решение, то возможно усталостное разрушение крепежных элементов можно было обнаружить на ранней стадии разрушения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. eam.su
2. С.И. Венецкий. В мире металлов. С.109.
3. Киселев В.В., Топоров А.В., Пучков П.В. Перспективы применения магнитоэлектрических устройств в пожарной и аварийно-спасательной технике.// Научные и образовательные проблемы гражданской защиты. – 2010. - №2. – С. 63–64.
4. Киселев В.В., Топоров А.В., Пучков П.В. Повышение надежности пожарной техники применением модернизированных смазочных материалов.// Научные и образовательные проблемы гражданской защиты. – 2010. - №3. – С. 24–28.

УДК 699.88

А. И. Сергеева, А. Д. Семенов

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

ПЕРВООЧЕРЕДНЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ ПО СНИЖЕНИЮ ОПАСНОСТИ ОТ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ТЕХНОГЕННОГО ОБЪЕКТА

Аннотация: В работе рассматривается понятие техногенных объектов, их опасность и особенности возникновения и развития чрезвычайной ситуации техногенного характера. Особое внимание уделяется различным аспектам деятельности нефтеналивных портов как опасного техногенного объекта. В ходе исследования выделены основные риски нефтеналивного порта «Высоцк», их причины и пути снижения.

Ключевые слова: чрезвычайная ситуация, пожар, опасность, авария, техногенный объект, техносферная безопасность.

A. I. Sergeeva, A. D. Semenov

PRIORITY MEASURES TO REDUCE THE HAZARD FROM THE FUNCTIONING OF A MAN-MADE FACILITY

Abstracts: The paper considers the concept of technogenic objects, their danger and features of the emergence and development of an emergency situation of a technogenic nature. Particular attention is paid to various aspects of the operation of oil ports as a dangerous man-made object. The study highlighted the main risks of the Vysotsk oil loading port, their causes and ways to reduce them.

Keywords: emergency, fire, danger, accident, man-made object, technospheric safety.

Техногенным объектом называется искусственное сооружение, связанное с технической и технологической деятельностью человека, и, как следствие, оказывающее негативное воздействие на окружающую среду. Следовательно, это объект, который после завершения строительства будет функционировать в сфере материального производства: в промышленности, сельском, водном и лесном хозяйстве, на транспорте и в области связи, в строительстве, торговле и в области общественного питания, материально-технического снабжения и сбыта.

Совокупность искусственных объектов, созданных целенаправленной деятельностью человека, и природных объектов, измененных этой деятельностью, называется техносферой. Развитие техносферы характеризуется возведением все более сложных строительных конструкций, вводом в эксплуатацию мощных энергетических установок, созданием развитых транспортных систем.

Такое, во многом не контролируемое развитие, привело к ряду крупных техногенных катастроф. Например, авария на Чернобыльской АЭС повлекла за собой радиационное заражение местности. Сразу погибло 129 чел., а позже в течении 20 лет ввиду облучения еще 5 000 чел., участвовавших в ликвидации последствий данной аварии.

Безопасность является наиболее важной характеристикой современных техногенных объектов (рис. 1). Объекты, не удовлетворяющие нормативным требованиям безопасности, не допускаются к эксплуатации.

Определяющим свойством технической системы является надежность, которое определяет безопасность функционирования системы в процессе эксплуатации. Подавляющее большинство объектов техносферы безаварийно функционирует только при условии постоянного поддержания на должном уровне изолирующей способности технологического оборудования и наличия надежного физической защиты (оболочек, инженерных сооружений и конструкций, санитарно-защитных зон и т.п.), которые предотвращают рассеиванию вредных веществ и энергии. Нарушение однородности техногенной системы приводит к возникновению одного из вида опасности: аварии, катастрофы, чрезвычайной ситуации.

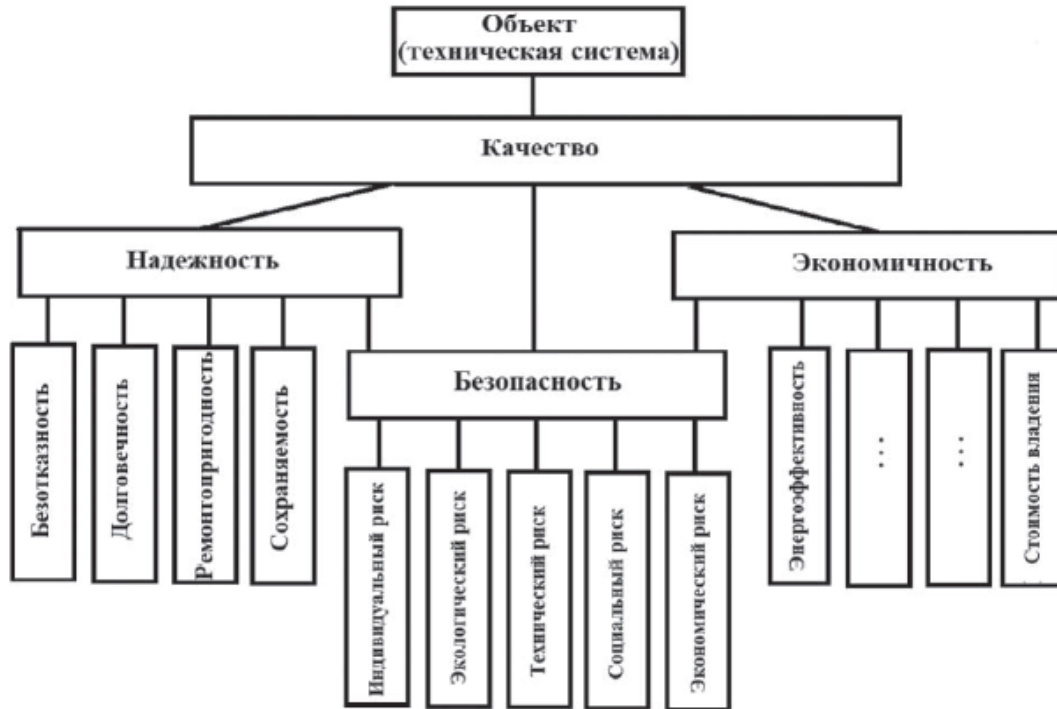


Рис. 1. Основные свойства технической системы

Большие темпы роста объемов производств, освоение новых технологических процессов несут в себе появление чрезвычайных ситуаций техногенного характера. Производство, где осуществляется хранение, транспортировка, производство продуктов, способных при определенных условиях возгораться или взрываться необходимо тщательно контролировать. Ежегодно в мире на пожаро-взрывоопасных объектах возникают чрезвычайные ситуации.

На рис. 2 представлены причины ЧС на пожаро-взрывоопасных объектах.



Рис. 2. Причины ЧС на объектах на пожаро-взрывоопасном объекте

Основная причина катастроф – нерациональная эксплуатация оборудования, что приводит к отказу технической системы.

На территории России за год в среднем происходит до 900–950 чрезвычайных ситуаций, связанных с производственной деятельностью человека. Статистика и продолжительное прогнозирование показывают, что эти цифры имеют тенденцию к дальнейшему росту.

Анализ данных о нефтяных авариях за последнее десятилетие позволяет сделать вывод о том, что несмотря на уменьшение числа и объема морских нефтяных аварий малого и среднего масштаба, тенденции на уменьшение числа и объема малых и средних нефтяных аварий на суше весьма сомнительны. По-прежнему сохраняется значительная угроза масштабного разлива в результате крупной аварии, которая может привести к экологической катастрофе для всей планеты и крупными экономическими потерями для нефтяных компаний и государств.

Распределительный Перевалочный Комплекс «Высоцк» (далее – РПК «Высоцк») принадлежит компании Лукойл и был образован в 2004 г. Основной деятельностью РПК «Высоцк» является прием, хранение, отгрузка нефтепродуктов.

Наличие опасных веществ в РПК «Высоцк» приводит к риску возникновения аварий. Перечень основных факторов и возможных причин, способствующих возникновению и развитию аварий на территории РПК.

В РПК «Высоцк» до настоящего времени не было аварий, сопровождаемых разливами нефти. Однако, все производственные объекты нефтепродуктообеспечения относятся к промышленным сооружениям повышенной пожарной опасности.

Основным типом аварийных ситуаций на объектах нефтепродуктообеспечения является возникновение пожара и стойкое загрязнение окружающей природной среды (ОПС). Взрывные процессы возможны для паровоздушных и капельно-воздушных облаков светлых нефтепродуктов. Статистические данные по причинам возникновения аварий на площадках хранения нефтепродуктов приведены в таблице.

Таблица. Распределение аварий наливных портов по причинам их возникновения

| Причина аварии | Процент от общего количества аварий, % |
|-------------------------|--|
| Механическое разрушение | 41 |
| Ошибка оператора | 20 |
| Неизвестная причина | 18 |
| Нарушение процесса | 8 |
| Природные катастрофы | 6 |
| Ошибка проекта | 4 |
| Саботаж/Поджог | 3 |

Наиболее распространенными в хранилищах нефтепродуктов были следующие аварийные ситуации:

- пожары в насосных;
- взрывы и пожары при сливо-наливных операциях;
- разгерметизация оборудования и внутриобъектовых трубопроводов;
- пожары и взрывы, возникшие в результате нарушения технологии, порядка и правил проведения сварочных работ на технологическом оборудовании и территории нефтебаз и нефтехранилищ.

Наиболее опасными составляющими складов нефтепродуктов являются резервуарные парки, представляющие собой комплекс сооружений (резервуаров), вмещающих значительные количества пожаро-взрывоопасных веществ и обладающих большим энергетическим потенциалом.

Проведенный анализ статистических данных и отчетов комиссий по расследованию причин возникновения аварийных ситуаций на промышленных объектах подобных РПК «Высоцк» показал, что они могут быть условно объединены в следующие группы:

- 1) отказы и неполадки технологического оборудования и систем противоаварийной защиты объекта;
- 2) ошибки, запаздывание, бездействие персонала в штатных и нештатных ситуациях, несанкционированные действия персонала;
- 3) «внешние» воздействия природного и техногенного характера.

Таким образом, для повышения эффективности функционирования опасных производственных объектов необходимо поддерживать показатели надежности, применяемого оборудования, в процессе эксплуатации. Такие мероприятия предусматривают своевременное проведение работ по восстановлению технической готовности промышленного оборудования в процессе эксплуатации. Применение автоматизированных систем контроля и оповещения персонала о необходимости проведения соответствующего вида работ позволит повысить оперативность реагирования и устранения неисправностей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Агафонов В.Б. Правовое обеспечение охраны окружающей среды и экологической безопасности при пользовании недрами. *Lex russica* (Русский закон). 2016. С 61-81.
2. Вишняков Я. Д. Безопасность жизнедеятельности. Защита населения и территорий в чрезвычайных ситуациях. - М.: Издательский центр «Академия», 2007. – 304 с.
3. Зайцев А.П. Чрезвычайные ситуации. Краткая характеристика и классификация: учебное пособие. - Москва: ИЦ - Редакция Военные знания, 2019. - С.2–8.
4. Мак Артур Д. Добыча нефти в России - история, статистика по годам, регионам, компаниям. URL: <https://prognostica.info/news/show/36>. (Дата обращения: 01.05.2022).
5. Неровных А. Н. Управление силами РСЧС в условиях чрезвычайных ситуаций: учеб. пособие / А. Н. Неровных, А. М. Земляков, В. М. Аношин. - Москва: Академия ГПС МЧС России, 2018. – 158 с.

УДК 614.846.5

А. П. Сизов, М. А. Колбашов, В. А. Комельков, С. А. Савченко, А. А. Кирьянов

ИССЛЕДОВАНИЕ КОМБИНИРОВАННОГО ТОРЦЕВОГО МАГНИТО-ЖИДКОСТНОГО УПЛОТНЕНИЯ, ИСПОЛЬЗУЕМОГО ДЛЯ ГЕРМЕТИЗАЦИИ ВОДЯНОГО НАСОСА АВТОМАТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ПОЖАРОТУШЕНИЯ

Аннотация: в представленной статье рассмотрены вопросы повышения надёжности и долговечности водяных насосов, используемых в системе водяного пожаротушения. Установлено, что для этой цели необходимо совершенствовать систему герметизации насоса вала водяного насоса. Для этого разработаны конструкции уплотнительных устройств, которые базируются на комбинированных уплотнениях, состоящих из сальникового и магнитожидкостного уплотнений. Приведён анализ надёжности насоса в случае использования уплотнений по отдельности и при совместной работе. В результате установлено, что надёжность работы насоса может быть увеличена при комбинированной их работе. С этой целью разработаны конструкции уплотнений предназначенные для испытания их комбинации.

Ключевые слова: долговечность, герметичность, уплотнение, магнитная жидкость, сальник, огнетушащие вещества.

INVESTIGATION OF THE COMBINED MECHANICAL MAGNETOFLUIDIC SEAL USED FOR SEALING THE WATER PUMP OF AN AUTOMATIC FIRE EXTINGUISHING SYSTEM

A. P. Sizov, M. A. Kolbashov, V. A. Komelkov, S. A. Savchenko, A. A. Kir'yanov

Abstracts: The article deals with the issues of improving the reliability and durability of water pumps used in the water fire extinguishing system. It is established that for this purpose it is necessary to improve the pump sealing system of the water pump shaft. For this purpose, the designs of sealing devices have been developed, which are based on combined seals consisting of an oil seal and a magnetofluidic seal. The analysis of the pump reliability in the case of using seals separately and when working together is given. As a result, it was found that the reliability of the pump can be increased with their combined operation. For this purpose, seal designs designed to test their combination have been developed.

Keywords: durability, tightness, seals, magnetic fluid, oil seal, fire extinguishing agents.

В пожарной технике мобильной и стационарной широко используются водяные насосы, с помощью которых при возникновении пожара в системе пожаротушения создаётся необходимое давление огнетушащего вещества при ликвидации возгорания. Режим работы водяных насосов рабочий или дежурный. Однако такие насосы должны иметь высокую надёжность и всегда быть

готовы к работе. Герметичность вращающегося вала в пожарных насосах обеспечивается сальниковым уплотнением. Для такого уплотнения главным показателем надёжности является его герметичность [1]. Этот показатель особенно важен для насосов, работающих в дежурном режиме, так как при стоянке вала микротечи, вызывающие коррозию конструктивных элементов уплотнения и при переходе от режима стоянки к рабочему режиму насоса он оказывается не готов выполнять свои рабочие функции.

Известно [2], что герметичность сальникового уплотнения зависит от герметичности, сальниковой набивки которая выпускается из различных материалов. На рис 1 представлен сальник.

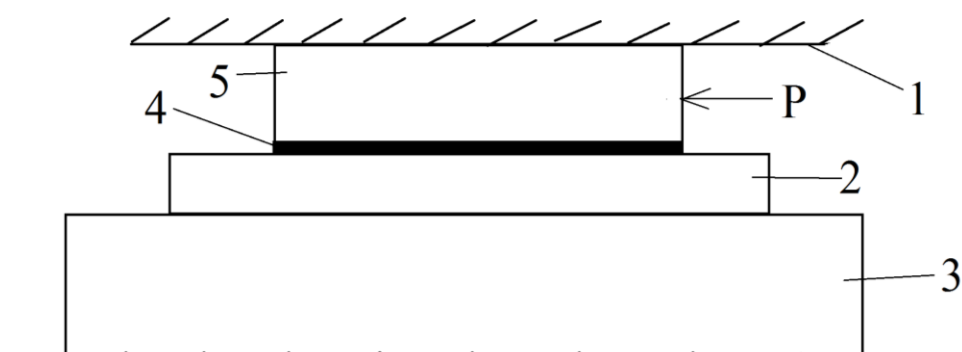


Рис. 1 Схема трения сальникового уплотнения.

1- корпус, 2- втулка 3- вал, 4 смазочный материал, 5- сальниковая набивка

Изменение герметичности уплотнения происходит при увеличении силы P , которая должна возрастать по мере выработки сальниковой набивки и увеличении зазора между втулкой и сальниковой набивкой. В зазор должна при этом поступать смазка, которая позволит одновременно уменьшить коэффициент трения.

Исследования, проведённые ранее с магнитожидкостными уплотнениями (МЖУ) при герметизации газов показали их высокую надёжность. Долговечность таких уплотнений составила такое количество времени, что уплотнение эксплуатировалось несколько лет без проведения дополнительных работ по замене конструктивных элементов и магнитной жидкости.

Однако, исследования, проведённые с магнитожидкостным уплотнением при герметизации жидких сред [3] показали их низкую долговечность и зависимость долговечности от компенсируемого давления. Это возможно объяснить гидродинамическими процессами, возникающими на поверхности раздела магнитная жидкость (МЖ) - уплотняемая жидкость. Поэтому на схеме рис. 1 сальник 5 для магнитной жидкости должен выполнять функцию защиты от воздействия жидкой уплотняемой среды, для сальникового уплотнения магнитная

жидкость должна способствовать уменьшению момента трения в сальнике, увеличивать герметичность сальниковой набивки и её долговечность.

Для исключения недостатков сальникового уплотнения и магнитожидкостного уплотнения (МЖУ) разработано комбинированное уплотнение, представленное на рис 2.

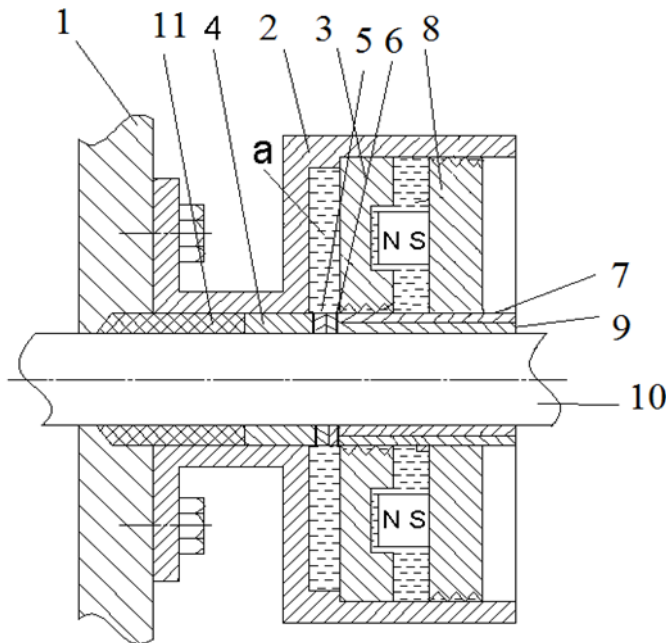


Рис. 2 Комбинированное магнитожидкостное уплотнение

Комбинированное уплотнение состоит из следующих элементов: корпус 1 водяного насоса на фланец, которого помещён неподвижный корпус 2 МЖУ. Внутри корпуса МЖУ расположен магнитопровод МЖУ 3, который состоит из следующих элементов: неподвижный магнитопровод 3 и подвижный магнитопровод 4 с жёстко закреплённым на этом магнитопроводе кольцевым постоянным магнитом 5. Этот магнит способен перемещаться в основном направлении за счёт сил, обусловленных притяжением магнита. Между внутренней поверхностью корпуса и поверхностью магнитопровода образована полость под МЖ. На уплотняемый вал установлена втулка, выполненная из антифрикционного материала, по которой перемещается магнитопровод упирающийся в торцовое уплотнение образованные двумя кольцами 6 и 7, которые воздействуют на втулку деформирующую сальниковую набивку 8. Разработанное уплотнение функционирует следующим образом. При вращении вала уплотнения происходит износ сальниковой набивки – в результате этого плотность сальниковой набивки уменьшается за счёт осевого перемещения магнита под действием магнитных сил, воздействующих на постоянный магнит. Плотность сальниковой набивки, возрастает и уплотнение автоматически увеличивает свою герметичность. Магнитная жидкость, находящаяся в полости «а» способствует уменьшению момента трения в торцовом уплотнении и втулки 8, которая перемещается в осевом направлении в корпусе МЖУ.

Для стабильности герметизации необходимо постоянное воздействие на сальниковый уплотнитель по мере его выработки, что осуществляется в конструкции уплотнения [2]. В случае использования для деформации набивки силовых элементов уплотнение складывается в основном из составляющей потери на трение в сальниковом уплотнении P_c .

Из литературных источников момент трения, по данным [4] определяется P_c

$$P_c = \pi * \omega * r^2 * \vartheta * P_0 (e^{2afi} - 1), \quad (1)$$

где $i = l/g$ – число колец набивки; ϑ - длина кольца; f - коэффициент трения; a - принимают значение 0,5; ω – угловая скорость; r – радиус.

Утечку для вращательного движения вала по формуле [6]

$$G = \frac{9*10^{-3}*d*P_0}{\mu*l}, \quad (2)$$

где μ - динамическая вязкость среды; P_0 – перепад давления; l - длина набивки; d - диаметр вала в месте контакта с набивкой.

В случае контакта сальниковой набивки с магнитной жидкостью, необходимо уточнять на основе эксперимента величины μ и f . Это производится на основе экспериментальных данных. С этой целью необходима разработка и изготовление установки, на которой планируется проведение экспериментальных работ, которая должна в себя включать следующие элементы: электрический привод вала установки, измеритель частоты вращения вала, измеритель момента трения. На основании, которых величины уточняются μ и f . На основании данных приведенных в [7] возможно сделать вывод об устойчивости гидродинамических процессов при совместной работе магнитной жидкости и уплотнения жидкости.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кондаков А.А., Голубев А.И., Овандер В.Б. и др. Уплотнения и уплотнительная техника. Справочник - М.: Машиностроение, 1986. 464 с.
2. Патент 2663438 Российская Федерация МПК F 16 J 15/43 Комбинированное магнитожидкостное уплотнение / А. П. Сизов, В. А. Комельков, М. А. Колбашов, В. С. Еловский и др.; опубл; 06.08.2018, Бюл. № 22.
3. Орлов Д.В., Михалев Ю.О., Мышкин Н.К. и др. Магнитные жидкости в машиностроении. М.: Машиностроение, 1993. 273 с.
4. Розенцвейг Е.Р. Феррогидродинамика. М.: Мир. 1989. 356 с.
5. Баштовой В.Г. Неустойчивость неподвижного тонкого слоя намагничивающейся жидкости. Прикладная механика и техническая физика, 1978. т.19 № 1. С. 81-87.

6. Сизов А.П., Комельков В.А., Колбашов М.А. Разработка статических уплотнений для объектов, предназначенных для хранения и транспортировки взрывоопасных и горючих веществ // Современные пожаробезопасные материалы и технологии. Иваново. 2020, С.101-103.

7. Разработка стенда для испытаний уплотнительного устройства водяного насоса / А.П. Сизов, В.А. Комельков, М.А. Колбашов и [др.] // Современные проблемы гражданской защиты № 2(35), 2020, С. 86-90.

УДК 614.8

С. В. Смекалин, Л. В. Чекарев

Санкт-Петербургское государственное казенное учреждение дополнительного профессионального образования «Учебно-методический центр по гражданской обороне и чрезвычайным ситуациям»

ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ РИСК-ОРИЕНТИРОВАННОГО ПОДХОДА В НАДЗОРНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ МЧС РОССИИ

Аннотация: В настоящей статье раскрыт материал по проведению риск-ориентированного подхода в надзорной деятельности МЧС России. Цель риск-ориентированного подхода – это снижение административной нагрузки и повышение эффективности контрольно-надзорной деятельности. Контролирующие органы могут осуществлять риск-ориентированный подход при проведении Федерального государственного пожарного надзора в различных учреждениях и организациях.

Ключевые слова: риск-ориентированный подход, государственный надзор, пожарная безопасность, федеральный государственный пожарный надзор, категории риска.

S. V. Smekalin, L. V. Chekarev

FEATURES OF THE IMPLEMENTATION OF A RISK-BASED APPROACH IN THE SUPERVISORY ACTIVITIES OF THE MINISTRY OF EMERGENCY SITUATIONS OF RUSSIA

Abstract: In this article, the material on the implementation of a risk-based approach in the supervisory activities of the Ministry of Emergency Situations of Russia is disclosed. The goal of the risk-based approach is to reduce the administrative burden and increase the efficiency of control and supervisory activities. Regulatory authorities can implement a risk-based approach when conducting Federal State Fire Supervision in various institutions and organizations.

Keywords: risk-oriented approach, state supervision, fire safety, federal state fire supervision, risk categories.

Риск-ориентированный подход – это метод организации и осуществления надзорной деятельности, при котором выбор интенсивности (формы, продолжительности и периодичности) надзора (контроля и профилактики) определяется отношением объекта надзора к определенному классу (категории) опасности.

Класс опасности зависит от тяжести негативных последствий, которые могут наступить при несоблюдении требований, как пожарной, так и безопасности в других сферах жизнедеятельности. Требования безопасности разрабатывают государственные надзорные органы, а критерии и правила отнесения к определенной категории риска определяются Правительством Российской Федерации.

Цель риск-ориентированного подхода – это снижение административной нагрузки и повышение эффективности контрольно-надзорной деятельности.

Контролирующие органы могут осуществлять риск-ориентированный подход при проведении Федерального государственного пожарного надзора в различных учреждениях и организациях, при надзоре в области гражданской обороны и надзоре в области защиты населения и территорий от ЧС.

При проведении большинства видов государственного надзора и контроля органами МЧС России в своей надзорной деятельности применяется риск-ориентированный подход, установленный постановлением Правительства РФ от 17.08.2016 № 806 «О применении риск-ориентированного подхода при организации отдельных видов государственного контроля (надзора)».

В соответствии с информацией, расположенной на сайте МЧС России, данное министерство осуществляет следующие виды государственного надзора и контроля:

- Федеральный государственный пожарный надзор;
- Федеральный государственный надзор в области защиты населения и территорий от ЧС;
- Федеральный государственный надзор в области гражданской обороны;
- Федеральный государственный контроль (надзор) за безопасностью людей на водных объектах (включающий пользование: маломерными судами, переправами и наплавными мостами, пляжами);
- Лицензирование деятельности по тушению пожаров в населенных пунктах, на производственных объектах и объектах инфраструктуры;
- Лицензирование деятельности по монтажу, техническому обслуживанию и ремонту средств обеспечения пожарной безопасности зданий и сооружений.

Особенности организации и осуществления государственного контроля (надзора) и муниципального контроля» определены в постановлении Правительства РФ от 10.03.2022 г. № 336. Запланированные контрольные (надзорные) мероприятия проводятся только по направлению Федерального государственного пожарного надзора.

Чтобы рассмотреть особенности проведения контрольных (надзорных) мероприятий необходимо использовать изменения, внесенные в постановление

Правительства Российской Федерации от 12.04.2012 № 290 «О федеральном государственном пожарном надзоре» (в редакции ПП РФ от 01.12.2021 года № 2169). Оно устанавливает **шесть категорий риска** в соответствии с критериями тяжести потенциальных негативных последствий возможного несоблюдения на объекте защиты обязательных требований.

К категории чрезвычайно высокого риска относятся:

объекты, предназначенные для проживания детей, престарелых, инвалидов и иных категорий лиц с ограниченными возможностями, с одновременным пребыванием более 10 человек, за исключением многоквартирных жилых домов;

объекты дошкольных учреждений с одновременным пребыванием более 10 детей;

объекты, на которых осуществляется деятельность детских лагерей с круглосуточным пребыванием детей;

объекты специального назначения, на которых осуществляет свою деятельность федеральный орган исполнительной власти в сфере мобилизационной подготовки и мобилизации.

К категории высокого риска относятся:

объекты начального общего, основного общего и среднего общего образования;

объекты, предназначенные для проживания или временного пребывания людей в ночное время, на которых осуществляется предоставление социальных и медицинских услуг, за исключением объектов, отнесенных к категории чрезвычайно высокого риска;

объекты, предназначенные для временного пребывания более 5000 человек одновременно, за исключением объектов транспортной инфраструктуры;

объекты обороны и иные объекты специального назначения (включая объекты военной инфраструктуры и объекты безопасности) с основным назначением по оказанию стационарной медицинской помощи и санаторно-курортному лечению, на которых осуществляют свою деятельность федеральные органы исполнительной власти в сфере обороны, войск национальной гвардии Российской Федерации, внутренних дел, государственной охраны, внешней разведки, мобилизационной подготовки и мобилизации.

К категории значительного риска относятся:

объекты, предназначенные для временного пребывания людей, на которых осуществляется предоставление социальных и медицинских услуг, за исключением объектов, отнесенных к категории высокого риска;

объекты, включенные в перечень объектов, критически важных для национальной безопасности страны, других особо важных пожароопасных объектов, особо ценных объектов культурного наследия народов Российской Федерации;

объекты, предназначенные для проживания или временного пребывания более 1000 человек одновременно, за исключением многоквартирных жилых домов и объектов, отнесенных к категории чрезвычайно высокого и высокого риска;

объекты высотой более 50 метров, за исключением многоквартирных жилых домов и объектов, отнесенных к категории чрезвычайно высокого и высокого риска;

объекты профессионального образования, а также общежития образовательных организаций;

объекты, отнесенные к категориям повышенной взрывопожароопасности;

объекты, предназначенные для хранения материальных ценностей государственного резерва, здания книгохранилищ и архивов федерального значения, таможенные терминалы;

объекты обороны и иные объекты специального назначения (включая объекты военной инфраструктуры и объекты безопасности), на которых осуществляют свою деятельность федеральные органы исполнительной власти в сфере обороны, войск национальной гвардии Российской Федерации, внутренних дел, государственной охраны, внешней разведки;

объекты, на которых осуществляется организация и постановка театральных, оперных и балетных представлений, концертов и иных сценических выступлений, показ кинофильмов, функционирование танцплощадок и дискотек в закрытых помещениях, за исключением объектов, отнесенных к категории чрезвычайно высокого и высокого риска;

многоквартирные жилые дома высотой более 75 метров;

объекты метрополитенов;

аэропорты федерального значения, железнодорожные вокзалы расчетной вместимостью более 700 человек, морские и речные пассажирские порты;

автомобильные и железнодорожные тоннели, пожарная безопасность которых обеспечивается техническими средствами противопожарной защиты;

учреждения уголовно-исполнительной системы и следственные изоляторы.

К категории среднего риска относятся:

многоквартирные жилые дома, а также объекты иного функционального назначения высотой 28 метров и более, за исключением объектов, отнесенных к категории чрезвычайно высокого, высокого и значительного риска;

объекты, предназначенные для проживания или временного пребывания более 200 человек одновременно, за исключением многоквартирных жилых домов, а также объектов, отнесенных к категории чрезвычайно высокого, высокого и значительного риска;

объекты, отнесенные к категории пожароопасности;

наружные установки, относящиеся к категориям повышенной взрывопожароопасности и взрывопожароопасности;

аэропорты, за исключением аэропортов, отнесенных к категории значительного риска, железнодорожные вокзалы расчетной вместимостью до 700 человек, морские и речные порты, автовокзалы;

дипломатические и консульские учреждения Российской Федерации, а также представительства Российской Федерации за рубежом.

К категории умеренного риска относятся:

объекты, предназначенные для проживания или временного пребывания более 50 человек одновременно, за исключением многоквартирных жилых домов и объектов, отнесенных к категории чрезвычайно высокого, высокого, значительного и среднего риска;

объекты, отнесенные к категории умеренной и пониженной пожароопасности;

наружные установки, за исключением наружных установок, отнесенных к категории значительного риска.

К категории низкого риска относятся иные объекты, не отнесенные к категории чрезвычайно высокого, высокого, значительного, среднего и умеренного риска.

Основным достоинством применение риск-ориентированного подхода при осуществлении государственного пожарного надзора является научная обоснованность интенсивности проверок на различных объектах. Критерии отнесения объекта к определенной категории риска определяются на основе функциональной пожарной опасности объекта, количества пребывания людей, высоты объекта, класса опасности проводимой деятельности, взрывопожарной и пожарной опасности зданий.

Анализируя данный документ с учетом категорий риска, можно сказать, что существенными недостатками на взгляд авторов является то, что:

- современная система риск-ориентированного подхода не учитывает расчетное значение величины пожарного риска на объекте, что делает менее объективным отнесение того или иного объекта к категории риска;

- отсутствует утвержденная методика оценки тяжести последствий нарушения требований пожарной безопасности, что также делает менее объективным отнесение объектов к категории риска.

Контрольно-надзорные мероприятия проводятся только в отношении объектов, отнесенных к категориям чрезвычайно высокого риска и высокого риска, однако в соответствии с постановлением Правительства РФ от 10. 03.2022 г. № 336 в этот перечень могут быть включены:

дошкольное и начальное общее образование;

основное общее и среднее (полное) общее образование;

деятельность по организации отдыха детей и их оздоровления;

деятельность детских лагерей на время каникул.

социальные услуги с обеспечением проживания;

деятельность в качестве родильных домов и перинатальных центров.

Порядок проведения плановых контрольных (надзорных) мероприятий Федерального государственного пожарного надзора зависит от присвоенной категории риска и осуществляется со следующей периодичностью:

для категории чрезвычайно высокого риска - инспекционный визит, рейдовый осмотр или выездная проверка один раз в год;

для категории высокого риска - инспекционный визит, рейдовый осмотр или выездная проверка один раз в 2 года;

для категории значительного риска - инспекционный визит, рейдовый осмотр или выездная проверка один раз в 3 года;

для категории среднего риска - инспекционный визит, рейдовый осмотр или выездная проверка один раз в 5 лет;

для категории умеренного риска - инспекционный визит, рейдовый осмотр или выездная проверка один раз в 6 лет.

В отношении объектов, отнесенных к категории низкого риска, плановые контрольные (надзорные) мероприятия не проводятся.

Основанием для включения планового контрольного (надзорного) мероприятия в план на следующий год является истечение в году проведения контрольного (надзорного) мероприятия установленной периодичности с даты: ввода объекта надзора в эксплуатацию;

окончания проведения последнего планового контрольного (надзорного) мероприятия.

При проведении плановых проверок должностные лица органов государственного пожарного надзора обязаны использовать проверочные листы чек-листы, содержащие списки контрольных вопросов, которые должны быть общедоступны. Используя их, ответственное лицо может оценить степень готовности объекта к проверке и не допустить нарушений.

В заключение, необходимо сказать, что основы государственной политики в области пожарной безопасности на период до 2030 года, утвержденные Президентом РФ, определяют приоритетными для органов Государственного пожарного надзора не карательные, а профилактические мероприятия.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Федеральный закон от 31.07.2020 года № 248-ФЗ «О государственном контроле (надзоре) и муниципальном контроле в Российской Федерации».

2. Постановление Правительства РФ от 10 марта 2022 года № 336 «Об особенностях организации осуществления государственного контроля (надзора), муниципального контроля».

3. Постановление Правительства РФ от 17.08.2016 года № 806 «О применении риск-ориентированного подхода при организации отдельных видов государственного контроля (надзора)».

4. Постановление Правительства РФ от 12.04.2012 года № 290. «Положение о Федеральном государственном пожарном надзоре».

УДК 621.9.047

А. А. Снежко^{1,2}, О. Р. Лузанов², Д. М. Высоцкий²

¹Сибирская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,

²Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М. Ф. Решетнева

ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ И ДОЛГОВЕЧНОСТИ ПОЖАРНО-СПАСАТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ МИКРОДУГОВЫМ ОКСИДИРОВАНИЕМ

Аннотация: В работе анализируются способы упрочнения деталей пожарной техники. Представлены результаты исследований оксидных покрытий, полученных разными способами (прочность, плотность, пористость, твердость и фазовый состав покрытий). Приводятся рекомендации по составлению пар трения.

Ключевые слова: микродуговое оксидирование, износостойкие покрытия, детали поршневой группы, пожарные насосы.

A. A. Snezhko^{1,2}, O. R. Luzanov², D. M. Vysotsky

¹Siberian Fire and Rescue Academy

²Reshetnev Siberian State University of Science and Technology

IMPROVING THE RELIABILITY AND DURABILITY OF FIRE AND RESCUE EQUIPMENT BY MICRO-ARC OXIDATION

Abstract: The paper analyzes the methods of strengthening the details of fire equipment. The results of studies of oxide coatings obtained by various methods (strength, density, porosity, hardness and phase composition of coatings) are presented. Recommendations on the composition of friction pairs are given.

Keywords: micro-arc oxidation, wear-resistant coatings, piston group parts, fire pumps.

Трение рабочих поверхностей деталей машин, в том числе и пожарной техники, – основная причина их изнашивания. Наиболее уязвимыми в данном отношении являются алюминиевые сплавы. Примером тому – износ шкивов, шестерен и быстровращающихся деталей вакуумных насосов, поршневых колец и гильз цилиндров, клапанов, коленчатого вала, шатунных и коренных подшипников коленчатого вала, деталей уплотнения пожарных насосов [1, 2]. В основу борьбы с износом положен ряд технологических приемов, среди которых наиболее эффективным является модифицирование рабочей поверхности через воздействие высокоэнергетическими источниками или формирование защитных покрытий [3], в частности, оксидных. Как известно, оксидные покрытия могут быть получены разными способами, что существенно образом сказывается на уровне триботехнических показателей.

Характеристики оксидных покрытий на алюминиевых сплавах, сформированных электрохимическим традиционным анодированием, газотермическим способом и методом микродугового оксидирования (МДО), представлены в таблице. Очевидно, что при несущественной разнице в плотности покрытий, МДО-покрытия существенно превосходят газотермические и анодные по твердости, т.к. ближе всего по составу к природному оксиду (корунду), а также выигрывают по прочности сцепления с основой.

Таблица. Характеристики природного корунда и оксидных покрытий на алюминиевых сплавах, получаемых разными способами [4]

| Способ нанесения покрытий | Прочность сцепления $\sigma_{сц}$, МПа | Плотность покрытия ρ , г/см ³ | Пористость покрытия П, % | Твердость покрытия Н, ГПа | Фазовый состав покрытия |
|--|---|---|---|---------------------------|--|
| Корунд (природный и искусственный минерал) | – | 3,97 | около 0 | 21,9÷23,0 | α (80÷95 %) примеси (V, Fe, Mn, Ni, Ti, Cr и др. элементов, а также кварца) |
| Газотермический | при $h \approx 100$ мкм для АМг6 11, для АД1 1÷11,2, для алюминия 7,0÷9,3 | 3,3÷3,4 | 6,5÷12,0 (обшая, открытая) | 7,98÷9,00 для алюминия | α – исходный порошок; покрытие: γ – (90÷95 %) α – (5÷10 %) |
| Электрохимическое анодирование | ~2 | Для непористых пленок 3,10 ± 0,05 | Для толсто-слойных пленок: до 11 для А99, до 26 для Д16 (общая) | до 7,70 | γ' (беспорядочное расположение катионов) |
| Микродуговое оксидирование | свыше 14 | 2,26÷3,43 | для Д16Т по росту покрытия от 0 % на границе металл – оксид до 9,7÷17,5 % на толщинах 180÷345 мкм | для Д16Т 15÷29,0 | α , δ и γ (в сумме до 70 %), муллит 3Al ₂ O ₃ ·2SiO ₂ (до 20 %) [7] $\alpha/\gamma = 0,98\div1,50$ |

В вопросе выбора пары трения можно рекомендовать создание пар, составленных из МДО-покрытия и бронзой или сталью, а также со сталью с фосфатолаковым покрытием. Не рекомендуется составление пар из МДО-покрытия и алюминиевых сплавов – их можно использовать только при

небольших нагрузках, кроме того, не желательно использовать сочетание оксид с оксидом, которое допустимо при очень легких нагрузках и малых скоростях относительного перемещения, так как покрытия нетеплопроводны. Из литературных сведений известно, что диапазон значений коэффициентов трения МДО-покрытий после механической обработки составляет от 0,02 до 0,2.

Проведенный в работе [4] комплекс научных исследований позволит предложить производству пожарной и другой техники разработки по изготовлению деталей из алюминиевых сплавов с упрочнением рабочих поверхностей методом МДО при последующем применении наполнителей. Данную технологию необходимо рекомендовать для ремонта изношенных деталей после предварительного восстановления аддитивными технологиями, в частности послойным синтезом из алюминиевых проволоки или порошка.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вахламов В. К. В222 Автомобили: Основы конструкции: учебник для студ. высш. учеб. заведений / В. К. Вахламов. – 4-е изд., стер. – М.: Издательский центр «Академия», 2008. – 528 с.

2. Безбородько М. Д. Пожарная техника /М. Д. Безбородько // Издательство Академии ГПС МЧС России, Москва, 2004 год. – 552 с.

3. Снежко, А. А. Повышение ресурса работы деталей пожарной техники / А. А. Снежко, А. П. Филкова, О. Р. Лузанов // Сибирский пожарно-спасательный вестник. – 2022. – № 2(25). – С. 96-102. – DOI 10.34987/vestnik.sibpsa.2022.79.65.012. – EDN XZLQFQ.

4. Голенкова, А. А. Совершенствование технологии формирования износостойких покрытий на алюминиевых сплавах микродуговым оксидированием [Текст]: дис. канд. техн наук: 05.02.08/ А. А. Голенкова. – Красноярск, 2006.-125 с.

УДК 620.22:620.16

Е. В. Соловьева

Ивановский государственный энергетический университет им. В. И. Ленина

ТРИБОТЕХНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СОТС НА ОСНОВЕ ПОЛИГЛИКОЛЕВЫХ ЭФИРОВ

Анотация: представлены исследования смазочных свойств концентратов СОТС на основе полигликолевых эфиров, а также результаты экспериментов шлифовки. Установлено, что полигликолевые эфиры оказывают положительное влияние на технологические свойства СОТС.

Ключевые слова: эфир, нагрузка, износ, поверхность, индекс задира

E. V. Soloveva

TRIBOTECHNICAL PROPERTIES OF COOLING LUBRICATION BASED ON POLYGLYCOL ETHERS

Abstract: studies of the lubricating properties of cooling lubrication concentrates based on polyglycol ethers, as well as the results of grinding experiments are presented. It has been established that polyglycol ethers have a positive effect on the technological properties of cooling lubrication.

Keywords: ether, load, wear, surface, scuff index

Машиностроение и металлургия считаются базой формирования общенационального хозяйства. По этой причине академическим исследованиям в сфере формирования, а также эксплуатации металлообрабатывающего оснащения уделяется основное значение. В развитии обработки металлов резанием особое место занимает подбор подходящей смазочно-охлаждающей среды. Смазочные материалы находят свое назначение в уменьшении трения и износа узлов деталей машин, а так же механизмов, выполняют защитную антикоррозионную функцию. Также смазочные материалы предназначаются для очистки от загрязнений трущихся поверхностей и отвода от них теплоты.

Для большинства промышленного, а именно, машиностроительного производства оценку «сохранности» дают по суммарному износу поверхностей в зоне контакта «инструмент-деталь».

В процессах обработки конструкционных материалов применяются эмульсии концентратов СОТС на основе полиэтиленгликолей (ПЭГ). ПЭГ с жирными кислотами, входящими в состав СОТС, образуют сложные эфиры, способствующие созданию на поверхности трения смазочной пленки.

Разупрочнение поверхностных слоев материала под действием СОТС интенсифицирует процесс резания и повышает производительность оборудования. Экспериментальные и теоретические исследования СОТС на основе ПЭГ очень ограничены и фрагментарны. Поэтому исследование возможностей СОТС с ПЭГ имеет большое значение для материаловедения и научно-обоснованного выбора состава смазочно-охлаждающих жидкостей, что обуславливает выбор данной темы.

Цель данной работы – изучение влияния ПЭГ и их эфиров на повышение стойкости инструмента и качество поверхности.

Достижение поставленной задачи зависит от физико-механических свойств обрабатываемого материала, исходной дефектности образца, а также условий обработки и, главное, величины сил, действующих на обрабатываемую поверхность детали [1-3].

На сегодняшний день основным условием механизма действия СОТС является реализация в максимальной степени эффекта Ребиндера, который заключается в пластификации поверхностных слоев металла внешней средой (растворами поверхностно-активных веществ и расплавами определенных лег-

коплавких металлов) из-за адсорбционных эффектов и очень чувствителен к скорости деформации.

Материалы на основе полигликолевых эфиров (ПЭ) обладают высокими индексами вязкости и стабильны при сдвиге. ПЭ также ценятся за невысокую летучесть в высокотемпературных условиях, высокую устойчивость к формированию фрагментов и отложений. Биоразлагаемость делает их идеальными для применения в экологически чувствительных областях. Верное понимание характера режущего материала имеет главное значение и при выборе СОТС.

В машиностроении ПЭ используются с абразивными материалами, например, карбидом кремния (SiC), для образования суспензии с весовым соответствием, как правило, от 0,5 до 1,5. Эта суспензия распыляется на режущий инструмент, например, проволочную пилу, для резки хрупкой заготовки, к примеру, слитка кремния. Для оптимальной работы смазочно-охлаждающей жидкости абразивный материал должен быть равномерно распределен по всей поверхности, а это требует, чтобы жидкость обладала определенной вязкостью для устранения броуновского движения. С другой стороны, ещё нужно хорошее охлаждение для понижения теплового напряжения на пластине, чтобы избежать разбухания всевозможных частей устройства, например, режущих проволок, оснастки, что удерживает и направляет пластину, и т. д. Для получения максимального эффекта от добавления ПЭ целесообразным представляется добавление второго диспергатора, в качестве которого может выступать поликарбонатовая кислота [4-7].

Состав СОТС на основе ПЭ значительно заметнее сокращает общую длину контакта, кроме того, ближе к кромке располагается примыкающий участок пластического контакта, вдобавок существенным образом уменьшится перемещение стружки и её деформация, воздействующие силы, работа трения и резки. СОТС с ПЭ, имея высокие смазочные свойства, существенно изменяет содержание контактных процессов, снижая значимость адгезионных явлений и, как следствие, уменьшая площадь контакта стружки с поверхностью инструмента.

Об эффективности использования ПЭ для повышения стойкости инструмента и качества поверхности свидетельствуют следующие опыты. В роли испытуемого образца использовалось СОТС, в составе которого есть ПЭ с разной концентрацией как показано в табл. 1.

Таблица 1. Примеры образцов концентрата СОТС

| Компоненты | Содержание в образцах, мас. % | | | | |
|--|-------------------------------|----|----|----|----|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Триэтаноламиновое мыло низших дикарбонновых кислот | 18 | 10 | 12 | 14 | 9 |
| Полигликолевые эфиры жирных кислот | 67 | 60 | 62 | 64 | 53 |
| Смачиватель +ингибиторы коррозии | 15 | 30 | 26 | 22 | 38 |

Разработанный концентрат СОТС при смешении с водой образует стабильные эмульсии с водородным показателем $pH=8,0 - 8,6$ и хорошими смазочными свойствами (табл. 2).

Таблица 2. Смазочные свойства образцов концентрата СОТС

| Показатели | Образцы | | | | |
|-------------------------|---------|------|------|------|------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Нагрузка сварки, Н | 1404 | 1765 | 1867 | 1753 | 1415 |
| Критическая нагрузка, Н | 778 | 856 | 868 | 805 | 725 |
| Индекс задира | 41,6 | 49,7 | 56,8 | 53,7 | 44,9 |

В качестве оптимального выбран образец концентрата СОТС № 3, который имеет самые высокие противозадирные свойства. Опытный образец СОТС сравнивали с водорастворимым концентратом НАКУФЛУИД 122 (компания «Kluhte») пригодным для обработки железных и твердых сплавов, цветных металлов (табл. 3).

Таблица 3. Результаты испытаний образцов СОТС

| Плоская шлифовка заготовок из стали 30MnB5 | | | | |
|--|--|---|--|--|
| Наименование концентрата | Период устойчивости шлифовального круга в проходах | Износ шлифовального круга ΔR , мм | Удельная мощность шлифования, Вт·мин/мм ³ | Шероховатость поверхности после обработки Ra , мкм |
| СОТС на основе ПЭ | 99 | 0,008 | 0,78 | 0,52 |
| НАКУФЛУИД 122 | 96 | 0,006 | 0,61 | 0,47 |
| Круглое наружное шлифование заготовок из титанового сплава ВТЗ-1 | | | | |
| Наименование концентрата | Максимальная скорость подачи, не вызывающая ожогов, мм/мин | Износ шлифовального круга ΔR , мм | Удельная мощность шлифования, Вт·мин/мм ³ | Шероховатость поверхности после обработки Ra , мкм |
| СОТС на основе ПЭ | 0,7 | 0,002 | 1,73 | 1,2 |
| НАКУФЛУИД 122 | 0,6 | 0,006 | 2,2 | 1,8 |

Испытания опытного образца СОТС на основе полигликолевых эфиров показали его эффективность по сравнению с НАКУФЛУИД 122.

Вывод. Использование ПЭ в составе СОТС положительным образом влияет на повышение стойкости инструмента и качество поверхности за счет уменьшения трения и износа движущихся частей, а также благодаря тому, что жидкость имеет высокий индекс вязкости, хорошие характеристики при низких и высоких температурах и обеспечивают достаточную прочность пленки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Степанова Т.Ю., Куваева Е.Ю., Тютюкин И.Ю. Влияние концентрации полигликолевых эфиров на триботехнические свойства индустриального масла И-50 // Новые материалы и технологии в машиностроении. 2019. № 30. С. 66-68.
2. Соловьев А.В., Репин Д.В. Смазочно-охлаждающие жидкости в металлообработке // Интернаука. 2020. № 12-1 (141). С. 87-94.
3. Клепиков А., Кошкина Т. Мониторинг и сервис смазочно-охлаждающих жидкостей // Станкоинструмент. 2020. № 1 (18). С. 58-65.
4. Данилова А.С. Анализ экономического состояния горно-металлургической промышленности Российской Федерации // Экономика и предпринимательство. 2020. № 10 (123). С. 60-67.
5. Gangopadhyay A. Friction and Wear Reduction Mechanism of Polyalkylene Glycol-Based Engine Oils // Tribology transactions. 2018. N. 4. Pp 621-631.
6. Cuthbert John. et al. Engine Friction and Wear Performances with Polyalkylene Glycol Engine Oils // SAE technical paper series. 2016. Section 01: N. 2271. Pp 14-20.
7. Hai Yu, Liping Mi, Yijing Liang. Performance Evaluation of Friction Reducers in Polyether (PAG) Oil // Shiyou lianzhi yu huagong. 2016. Vol. 47. Pp 81-84.

УДК 620.178

Д. А. Тарасова, В. П. Зарубин

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО ВЫБОРУ СХЕМЫ ТРЕНИЯ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ УСКОРЕННЫХ ТРИБОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ СМАЗОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Аннотация: в статье рассматривается вопрос сокращения времени на проведение трибологических исследований смазочных материалов; рассмотрены существующие методы определения коэффициента трения и интенсивности изнашивания; предложена пара трения с переменной площадью контакта сокращающая время проведения исследований триботехнических свойств масел и смазок.

Ключевые слова: пара трения, машина трения, интенсивность изнашивания, коэффициент трения, пятно контакта, смазочный материал.

D. A. Tarasova, V.P. Zarubin

SUGGESTIONS FOR CHOOSING A FRICTION SCHEME FOR CONDUCTING ACCELERATED TRIBOLOGICAL STUDIES OF LUBRICANTS

Abstract: the article deals with the issue of reducing the time for conducting tribological studies of lubricants; the existing methods for determining the coefficient of friction and the wear rate are considered; a friction pair with a variable contact area is proposed that reduces the time for conducting studies of the tribological properties of oils and lubricants.

Keywords: friction pair, friction machine, wear rate, coefficient of friction, contact spot, lubricant.

Проведение трибологических исследований направленных на изучение антифрикционных свойств смазочных материалов невозможно без использования машин и оборудования позволяющих определить основные трибологические параметры. Очень часто такого рода исследования проводятся на стандартных машинах трения с различными парами трения. Геометрические параметры трущихся образцов моделируют условия работы натуральных деталей и дают возможность оценить антифрикционные показатели исследуемой смазочной среды. Форма, размеры и материалы для пар трения могут быть различные, однако одной из самых распространенных пар трения в лабораторных условиях является пара диск – колодка (рис. 1).

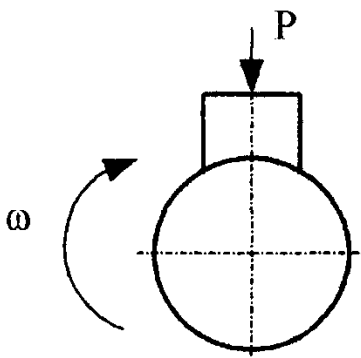


Рис. 1. Схема испытания образцов («диск – колодка»).

Очень часто материалом для образцов является сталь 45 с твердостью HRC 45 – 50. Вращающийся диск (ролик) имеет диаметр 40 мм и ширину 10 мм. Образец имеет размеры $l \times b \times h = 10 \times 10 \times 10$ мм. Все образцы имеют одинаковые поверхности 8 класса шероховатости по ГОСТ 2789. Образец и контртело представлены на рис. 2.

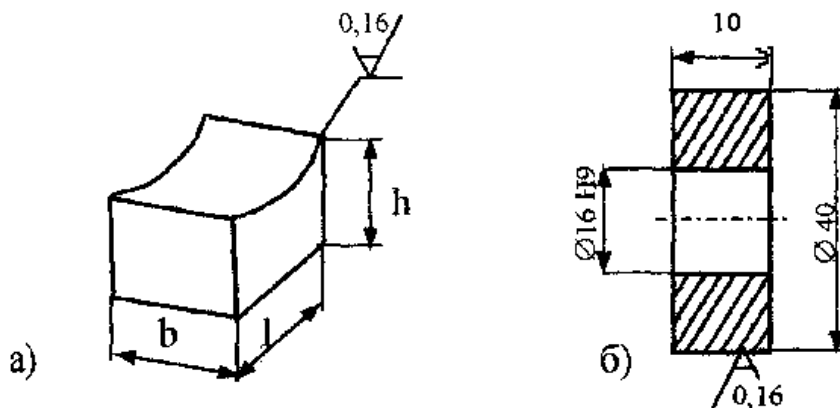


Рис. 2. Образец (а) и контртело (б) для проведения испытаний на трение и изнашивание.

С помощью представленной схемы трения определяют коэффициент трения и износ деталей пары трения. Датчики машины трения измеряют момент трения на валу, а величина коэффициента трения определяется по формуле:

$$f = 2MTP / (d_p \cdot P),$$

где f – коэффициент трения; MTP – момент трения, Н•м; d_p – диаметр ролика, м; P – нагрузка, Н.

Износ поверхности трения при такой схеме определяют либо взвешиванием образца до и после трения, либо с помощью искусственных баз – установлением линейного износа по заранее нанесенным отпечаткам на твердомере ТКС – 1 М коническим твердосплавным индентором с углом при вершине $\alpha = 120^\circ$ (рисунок 3). Диаметры отпечатков определяются с помощью микроскопа.

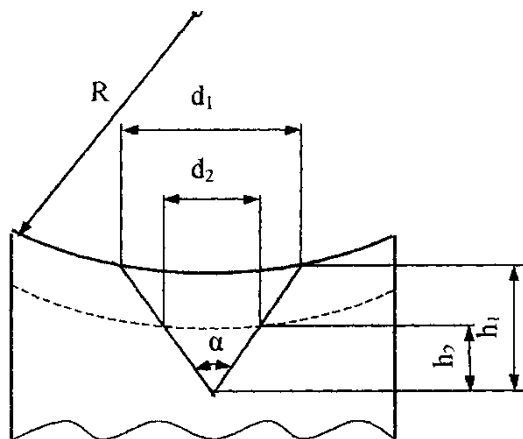


Рис. 3. Схема определения линейного износа по методу «искусственных баз».

Величина линейного износа с учетом вогнутости поверхности определяется по формуле:

$$\Delta h = \frac{(d_1 - d_2)}{m} - \frac{(d_1 - d_2)}{8 \cdot R}, \quad m = \frac{2}{\operatorname{tg}(90 - \alpha/2)},$$

где Δh – линейный износ, мкм; d_1 – диаметр отпечатка до изнашивания, мкм.; d_2 – диаметр отпечатка после изнашивания, мкм.; R – радиус вогнутости поверхности, мкм.

Интенсивность изнашивания определяется по формуле:

$$I = \Delta h / S,$$

где I – интенсивность изнашивания, мкм/км; S – путь трения, км.

Однако представленная выше схема требует значительных затрат времени на проведение приработки (получения полного пятна контакта) и на проведение самого эксперимента. Поэтому такая схема не совсем удобна для отбора образцов смазки с лучшими показателями из большого перечня.

Для оценки антифрикционных, противозадирных и противоизносных свойств жидких и пластичных смазок широкое применение нашли схемы трения с переменной площадью контакта. К ним можно отнести: пару трения «диск – диск», при этом оба диска могут быть подвижными и вращаться либо с одинаковой, либо с разной скоростью моделируя различные условия трения; «цилиндр – цилиндр» с различным расположением осей цилиндров; пару трения четырехшариковой машины состоящей из четырех шариков составленных в пирамиду. Опыт показывает [1-4], что испытания по таким схемам отличаются высокой экспрессностью и надежностью результатов. Среди экспериментальных установок, предназначенных для оценки смазочных свойств масел, смазок и композиций, наиболее распространена четырехшариковая машина трения [2]. Однако дефицитность ее заставляет исследователей разрабатывать методики оценки триботехнических свойств смазочных материалов, не уступающие по надежности и экспрессности методики четырехшариковой машины и легко реализуемые на серийных износоиспытательных установках типа СМЦ – 2, СМТ – 1 и аналогичных [3, 4].

В частности, в [4] применительно к указанным выше машинам предлагается использовать схему трения «вращающийся диск – неподвижный шарик». При этом ожидается уменьшение затрат времени при достаточно высокой надежности результатов.

Упрощенная схема узла трения машины представлена на рис. 4.

Схема испытаний, вращающийся диск – неподвижный шарик, представлена на рис. 5.

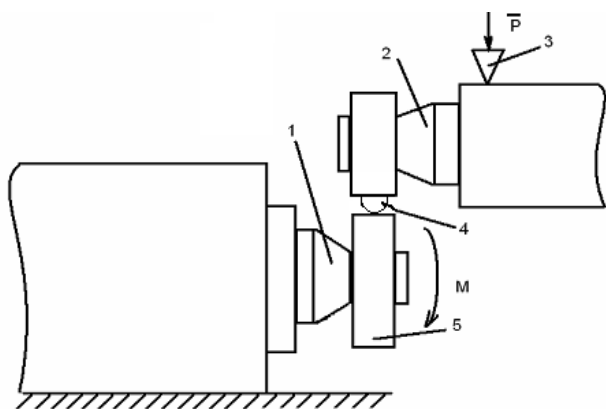


Рис. 4. Упрощенная схема узла трения машины СМТ – 1.

- 1 – нижний (вращающийся) вал;
- 2 – верхний (неподвижный) вал;
- 3 – нагружающее устройство;
- 4 – шарик; 5 – контртело

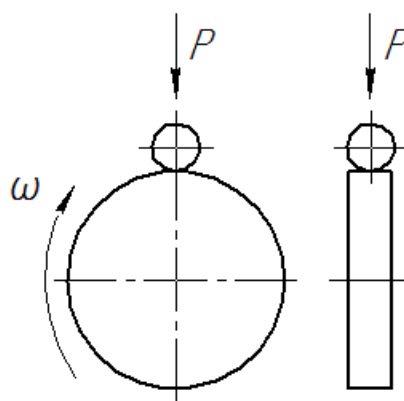


Рис. 5. Схема испытания образцов (диск – шарик)

Материалом пары трения может быть: диск – сталь 45 с твердостью HRC 45 – 50; шарик – сталь ШХ 15. Вращающийся диск (ролик) должен иметь диаметр 40 мм и ширину 10 мм. В качестве шарика предлагается использовать тело качения шарикоподшипника № 111 с диаметром $d = 10,32$ мм.

В процессе исследований смазочных материалов по схеме трения вращающийся диск – неподвижный шарик можно фиксировать изменения коэффициента трения и изменения интенсивности изнашивания пары трения. Коэффициент трения определяется по формуле аналогичной для пары трения «диск – колодка». За характеристику противоизносных свойств предлагается принимать средний приведенный диаметр из условия равенства удельных нагрузок или площадей эллипса и приведенного круга:

$$d = ((d_1^2 + d_2^2)/2)^{1/2},$$

где d_1 – диаметр пятна износа в горизонтальном направлении, мм;

d_2 – диаметр пятна износа в вертикальном положении, мм.

Указанный выше способ определения основных триботехнических характеристик смазочных материалов на стандартных машинах трения по схеме «диск – шарик» позволит проводить экспресс исследования большого количества образцов смазок и за относительно короткое время отобрать более интересные для дальнейшего исследования образцы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пружанский Л.Ю. Исследование методов испытаний на изнашивание. – М.: Наука, 1978. – 116 с.
2. Словарь-справочник по трению, износу и смазке. - Киев: Наука Думка, 1979. – 188 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.

УДК 620

А. В. Топоров

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ КОЛИЧЕСТВА МАГНИТНОГО
НАПОЛНИТЕЛЯ НА ТРИБОТЕХНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА
МАГНИТНОГО ЭЛАСТОМЕРНОГО МАТЕРИАЛА**

Аннотация: В данной работе приводятся результаты расчетов магнитных полей методом конечных элементов для магнитного эластомерного материала, имеющего различное количество магнитного наполнителя.

Ключевые слова: магнитный эластомерный материал, метод конечных элементов, магнитные характеристики, моделирование, расчет

**INVESTIGATION OF THE INFLUENCE OF THE AMOUNT
OF MAGNETIC FILLER ON THE TRIBOTECHNICAL PROPERTIES
OF MAGNETIC ELASTOMERIC MATERIAL***A. V. Toporov*

Abstracts: This paper presents the results of calculations of magnetic fields by the finite element method for a magnetic elastomeric material having a different amount of magnetic filler.

Keywords: magnetic elastomeric material, finite element method, magnetic characteristics, modeling, calculation

Эластичные магниты — магнитные эластомеры находят широкое применение в технике. Магнитный эластомер — это композиционный материал, состоящий из эластомерной матрицы и магнитного наполнителя [1]. Достоинствами магнитных эластомеров по сравнению с твердотельными магнитами являются их способности перерабатываться в изделия сложной формы, повторять неровности контактирующих с ними поверхностей; возможность разрезать такие материалы на сегменты любой конфигурации [2, 3]. При этом их магнитные свойства будут сохраняться неизменными. Магнитные эластомеры не дают трещин и не повреждаются в условиях тряски, вибрации и ударов. Эти свойства позволяют использовать их при создании комбинированных магнитожидкостных уплотнений в качестве источника магнитного поля. В этом случае возникает вопрос, какими магнитными свойствами обладает данный вид материалов. Измерение величины магнитной индукции в рабочем зазоре осложняется тем, что в комбинированных магнитожидкостных уплотнениях магнитный эластомерный материал находится в непосредственном контакте с валом или штоком.

Поэтому, наиболее рациональным в данных условиях является моделирование магнитных полей при помощи метода конечных элементов.

Основной проблемой при таком моделировании является построение расчетной области. В [4] приведены микрофотографии магнитного эластомерного материала с наполнителем из порошка неодим-железо-бор. В качестве матрицы использовалась резиновая смесь 420 на основе смеси фторкаучуков СКФ-26 ВС и СКФ-26 ОНМ. Как видим из микрофотографии, магнитные частицы 1 (рис. 1 а), находящиеся в резиновой матрице (рис. 1 б) имеют сложную неравноосную конфигурацию и кроме того отличаются друг от друга размерами. Имеет место соприкосновения частиц. Смоделировать такую структуру достаточно сложно. С известной долей достоверности, при построении расчетной области была выбрана форма частиц магнитного наполнителя в виде восьмигранников. Такое допущение, вероятно, в полной мере не описывает реальную структуру, однако позволяет учесть наличие у частиц острых граней, влияющих на распределение магнитных полей.

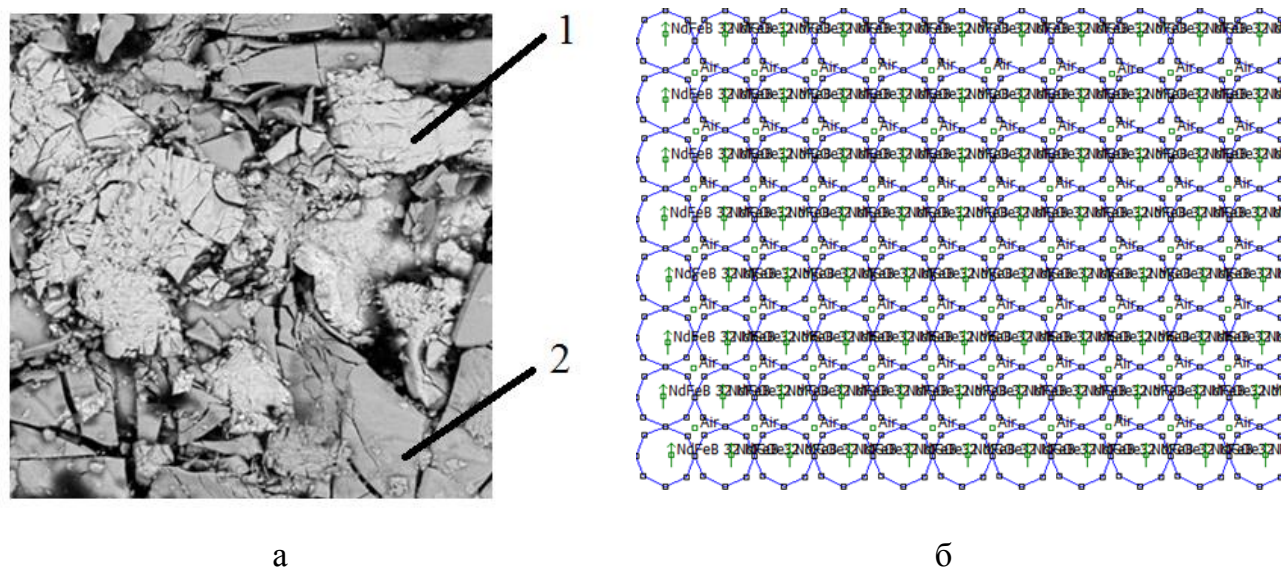


Рис. 1. Микрофотография магнитного эластомерного материала (а) и расчетная модель (б)

В [2] приведены микрофотографии магнитного эластомерного материала с наполнителем из порошка неодим-железо-бор. В качестве матрицы использовалась резиновая смесь 420 на основе смеси фторкаучуков СКФ-26 ВС и СКФ-26 ОНМ. Как видим из микрофотографии, магнитные частицы 1 (рис. 1 а), находящиеся в резиновой матрице (рис. 1 б) имеют сложную неравноосную конфигурацию и кроме того отличаются друг от друга размерами. Имеет место соприкосновения частиц. Смоделировать такую структуру достаточно сложно. С известной долей достоверности, при построении расчетной области была выбрана форма частиц магнитного наполнителя в виде восьмигранников. Такое допущение, вероятно, в полной мере не описывает реальную структуру, однако

позволяет учесть наличие у частиц острых граней, влияющих на распределение магнитных полей.

Исходя из полученных данных возможно качественно оценить величину магнитной индукции в зависимости от плотности упаковки (рис. 2):

$$B_{\text{ср.}} = k \cdot f_{\text{уп}},$$

где $B_{\text{ср}}$ – средняя величина индукции в центральной части расчетной области,

$f_{\text{уп}}$ – коэффициент упаковки (от 0 до 1),

k – коэффициент пропорциональности.

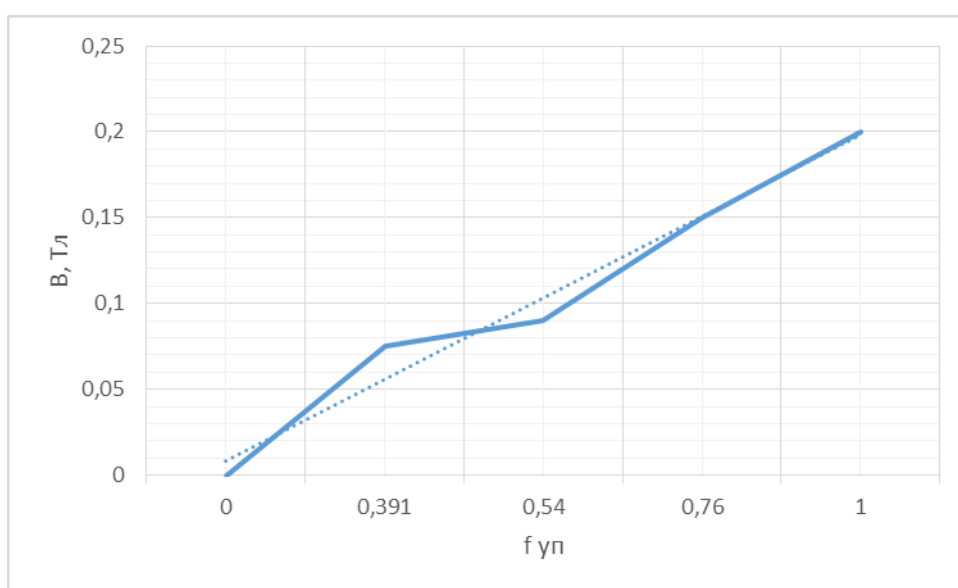


Рис. 2. Зависимость средней величины магнитной индукции в центральной части рабочей области от коэффициента плотности упаковки

Для принятых начальных условий, исходя из графика, приведенного на рис. 2, легко установить, что величина средней индукции пропорциональна плотности упаковки частиц с коэффициентом $k=0,2$.

На основании представленных материалов возможно сделать следующие выводы: величина магнитной индукции в рабочей области зависит от плотности упаковки магнитных частиц в магнитном эластомерном материале; зависимость носит близкий к линейному характер и может быть выражена через коэффициент пропорциональности между средней величиной магнитной индукции и коэффициентом упаковки частиц; магнитный эластомерный материал в котором магнитные частицы находятся в контакте друг с другом проявляет свойства твердотельного постоянного магнита, имеющего худшие магнитные характеристики (по сравнению с твердотельным магнитом, изготовленного из того же что и наполнитель магнитного материала). Величина магнитной индук-

ции достаточная для удержания магнитной жидкости в зоне трения [2] достигается при плотности упаковки магнитных частиц более 60 %.

С целью проведения качественной оценки износа магнитоэластомерного материала в присутствии магнитной жидкости был проведен эксперимент. Образцы из магнитного эластомерного материала и резины смазывались магнитной жидкостью. Диаметры образцов составляли 10 мм, контактное усилие 0,05 кг. Испытания проводились при движении по кругу диаметром 50 мм, в течении 60 с, частота вращения составляла 600 об/мин.

На рис. 3 представлены образцы после испытаний. Как видим, на поверхности магнитного эластомерного материала следы износа практически отсутствуют (рис. 3 а). Потеря массы составила порядка. Образец из резины, представленный на рис. 3 б имеет следы значительного износа, потеря массы образца составила 12 мг.

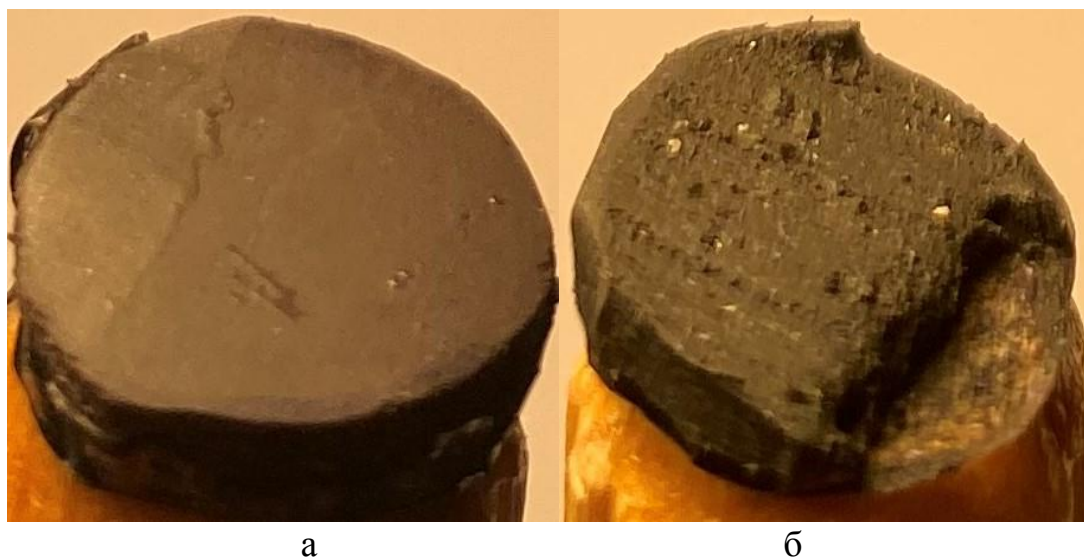


Рис. 3. а – поверхность магнитного эластомерного материала после проведения эксперимента; б – поверхность резины после проведения эксперимента

Таким образом установлено, что наличие магнитного наполнителя в эластомерном материале позволяет уменьшить износ при использовании магнитной жидкости в качестве смазки. Без наложения магнитного поля магнитная жидкость обладает посредственными смазочными свойствами.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Топоров А.В., Палин Д.Ю. Исследование рабочих характеристик магнито-жидкостного уплотнения Современные проблемы гражданской защиты. 2021. № 2 (39). С. 123-130.
2. Топоров А.В. Разработка комбинированных магнито-жидкостных уплотнений и исследование их трибологических характеристик / А.В. Топоров // диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Иваново, 2000

3. Мур, Десмонд Ф. Трение и смазка эластомеров [Текст] / Д. Мур ; Пер. с англ. Г.И. Бродского. - Москва : Химия, 1977.

4. Таганова В. А. Технология магнитных эластомеров с повышенными эксплуатационными свойствами. Специальность 05.17.06 – Технология и переработка полимеров и композиций. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук. Саратов 2011

УДК 614.841.4

В. В. Чеберяк

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

МОБИЛЬНЫЕ СРЕДСТВА ПОЖАРОТУШЕНИЯ ЛИТИЙ-ИОННЫХ АККУМУЛЯТОРОВ НА ЭЛЕКТРОМОБИЛЯХ

Аннотация: В данной статье обсуждаются способы предотвращения возгорания литий-ионных аккумуляторов и представлены различные подходы к снижению теплового выброса, включая сепараторы, антипирены и вентиляционные отверстия. Безопасность литий-ионных аккумуляторов привлекает большое внимание. Любое устройство хранения энергии связано с риском. Все аккумуляторы несут в себе угрозу безопасности, и производители аккумуляторов обязаны соблюдать требования безопасности.

Ключевые слова: Литий-ионный аккумулятор, преобразование энергии, тепловое воздействие, полимерный сепаратор, антипирены, вентиляционные отверстия, вопросы безопасности.

V. V. Cheberyak

MOBILE LITHIUM-ION FIRE EXTINGUISHING EQUIPMENT BATTERIES ON ELECTRIC VEHICLES

Abstracts: This article discusses ways to prevent ignition of lithium-ion batteries and presents various approaches to reducing thermal emissions, including separators, flame retardants and ventilation openings. The safety of lithium-ion batteries attracts a lot of attention. Any energy storage device is associated with risk. All batteries carry a safety risk, and battery manufacturers are required to comply with safety requirements.

Keywords: Lithium-ion battery; energy conversion; thermal effects; safety issues; polymer separator; flame retardants; ventilation openings.

Литий-ионные аккумуляторы стали существенной частью революции в области микроэлектроники. По сравнению с предыдущими аккумуляторными

батареями, такими как свинцово–кислотные батареи, литий-ионные аккумуляторы имеют более высокую удельную емкость, плотность энергии и плотность мощности. Эти преимущества позволяют литий-ионным аккумуляторам поддерживать длительную работу и использование большого тока, что требуется для многих современных портативных электронных устройств, включая мобильные телефоны, компьютеры и электромобили. Однако литий-ионные аккумуляторы представляют собой проблему безопасности. Если литий-ионный аккумулятор поврежден или подвергается воздействию высокой температуры, могут быть запущены экзотермические реакции, приводящие к самоусиливающемуся циклу повышения температуры, известному как «тепловой выброс», который может привести к возгоранию и взрыву аккумулятора.

Имеется множество случаев, когда литий-ионные аккумуляторы загорались и взрывались. Например, в октябре 2019 года Nissan Lifa загорелся через 6 месяцев после крыш-теста, в марте 2021 года выгорел вместе с гаражом Nissan Lifa причина пожара была самовозгорание поврежденных литий-ионного аккумулятора. В Шанхае несколько седанов Tesla Model S загорелись после того, как они были повреждены дорожным мусором. Хотя Tesla усилила защиту аккумулятора на своих новых и существующих автомобилях, в августе 2016 года электромобиль Tesla загорелся во Франции во время рекламного тура. Соответствующие причины инцидентов с литий-ионными аккумуляторами различаются. Короткое замыкание, механическое повреждение, перезарядка аккумулятора, а также конструктивные и производственные недостатки - все это может привести к возгоранию, взрыву аккумулятора.

В обычных литий-ионных аккумуляторах с жидкими электролитами имеется пять ключевых компонентов: анод, катод, сепаратор, токосъемники и электролит. Среди этих компонентов сепаратор и электролит менее устойчивы к повышению температуры, чем электроды и токосъемники, которые изготовлены из оксида металлаграфита или металла. Литий-ионный аккумулятор использует полимерный сепаратор и легковоспламеняющийся электролит, которые для обеспечения безопасной работы ограничены определенными температурными пределами.

Когда температура литий-ионного аккумулятора повышается примерно до 130–150 °С, высокоэнергетические материалы и органические компоненты нестабильны и склонны выделять больше тепла. Если выделяемое тепло не рассеивается, температура батареи будет еще больше повышаться и ускорять процесс выделения тепла. Тепловой разряд может быть вызван, если батарея имеет определенные дефекты, которые могут привести к короткому замыканию, перегреву, высокому потреблению импульсной мощности или проколу. Как правило, пассивирующий слой (межфазный твердый электролит, SEI) на электроде разлагается при температуре около 69 °С. После разрушения слоя SEI электролит вступает в реакцию с электродом и выделяет легковоспламеняющиеся углеводородные газы. Полимерный сепаратор плавится при температуре около 130 °С. При более высоких температурах положительный электрод разлагается и выделяет кислород.

Тепловое воздействие может быть смягчено методами, которые действуют на разных стадиях процесса теплового воздействия. Эти меры можно разделить на три категории в зависимости от их влияния на процесс. В целом, на потенциал теплового воздействия влияют состояние заряда, условия эксплуатации, материалы электродов батареи, электролит и сепаратор. Первая категория – это профилактические меры, в которых для обеспечения термостойкости батареи добавляются антипирены. Вторая категория – это безотказные меры, которые останавливают или уменьшают ущерб, причиненный тепловым потоком; к ним относятся отключение сепаратора и вентиляция ячейки. Третья категория включает меры по тушению возгораний литий-ионных аккумуляторов после того, как произошло тепловое воздействие.

Предотвращение теплового воздействия с помощью сепараторов.

Сепаратор является одним из основных компонентов литий-ионного аккумулятора. Сепаратор может быть изготовлен из бумаги, геля или полимера. Среди этих материалов полимерный сепаратор наиболее широко используется в коммерческих литий-ионных аккумуляторах. Как уже упоминалось, сепаратор расположен посередине положительного и отрицательного электродов внутри батареи. С точки зрения работы батареи сепаратор выполняет две функции: он предотвращает прямой контакт между двумя электродами и обеспечивает путь для ионов лития. Сепаратор всегда изготовлен из изоляционных материалов, которые не вызовут внутреннего короткого замыкания в батарее, и имеет пористую структуру, способную поглощать жидкий электролит. Электрохимические реакции батареи зависят от этого ионного пути, обеспечиваемого сепаратором. Внедрение полимерного сепаратора также повышает безопасность литий-ионных аккумуляторов.

Поскольку полимерный сепаратор имеет пористую структуру, если температура батареи повышается до температуры, близкой к температуре плавления сепаратора, поры сепаратора закроются. Этот процесс закрытия пор называется «выключением сепаратора».

Отключение сепаратора блокирует путь между положительным и отрицательным электродами и останавливает электрохимические реакции. Сопротивление батареи также обычно увеличивается во время этого процесса. В процессе выключения полимерный сепаратор не разрушится сразу, что означает, что отключение сепаратора не приведет к полной остановке всех реакций сразу. В результате батарея не начнет охлаждаться сразу же во время выключения сепаратора или даже после выключения сепаратора. Температура, при которой будет активирована остановка сепаратора, зависит от температуры плавления сепаратора. Например, сепараторы из полипропилена и полиэтилена будут плавиться при температуре около 160 °C и 140 °C соответственно.

Разделитель должен сохранять свою целостность во время процесса выключения. В противном случае, если сепаратор сжимается во время процесса выключения, заблокированные положительный и отрицательный электроды будут напрямую соединяться друг с другом и приводить к внутреннему короткому замыканию. На этом этапе преимущество отключения сепаратора больше

не существует. В однослойном полимерном сепараторе, использующем только один тип материала, температура выключения близка к температуре плавления сепаратора, что позволяет функционировать только с небольшим запасом для выключения сепаратора. Даже если отключение сепаратора сработает, сепаратор также будет плавиться и сжиматься, что затрудняет сохранение целостности однослойного полимерного сепаратора. Существуют конструкции для трехслойных полимерных сепараторов, в которых один слой полиэтилена расположен между двумя слоями полипропилена. Такая конструкция обеспечивает определенный запас прочности из-за разницы в температурах плавления. Другим подходом к повышению безопасности сепаратора является использование керамических материалов в полимерном сепараторе.

Сепаратор из керамического, полимерного композита имеет более высокую температуру плавления и более термически стабилен, чем полимерный сепаратор.

Предотвращение возгорания с использованием антипиренов.

В процессе теплового разряда реакция выделения тепла приведет к повышению температуры батареи, а газы, скопившиеся внутри батареи, приведут к увеличению внутреннего давления. Для повышения безопасности батареи и предотвращения взрыва было внедрено несколько механизмов безопасности. Электролит, используемый в литий-ионной батарее, представляет собой раствор растворителя, неорганической соли лития и некоторых добавок. Поскольку рабочее напряжение литий-ионного аккумулятора обычно превышает 3 В, растворителем в элементе является органическая жидкость, которая обычно представляет собой смесь циклических и ациклических карбонатных растворителей. Хотя циклические растворители обычно имеют более высокую температуру вспышки, чем нециклические растворители, последние являются горючими из-за их низкой температуры вспышки. Например, точки вспышки диэтилкарбоната, диметилкарбоната и метилэтилкарбоната составляют 33 °С, 15 °С и 22 °С соответственно. Легковоспламеняющийся органический электролит обладает самой низкой термостабильностью среди всех компонентов. Во время процесса термического разряда электролит может выделять легковоспламеняющиеся газы, а материал катода может генерировать кислород. При этом условии повышающаяся температура литий-ионного аккумулятора делает его склонным к возгоранию.

Было предложено несколько методов повышения термостабильности электролита. Один из подходов заключается в добавлении в электролит антипиренов. Первое требование состоит в том, чтобы его температуры вспышки были выше соответствующих значений вышеупомянутых ациклических растворителей. Кроме того, реализованные антипирены должны быть инертными и не должны препятствовать работе батареи и электрохимическим реакциям внутри нее.

Предотвращение возгорания при помощи вентиляции ячеек

Еще одна стратегия повышения безопасности батареи заключается в добавлении в батарею отказоустойчивых механизмов. Обычно реализуемые отка-

зоустойчивые механизмы включают предохранительные вентиляционные отверстия, термические предохранители и разделители отключения. Предохранительные вентиляционные отверстия предназначены для сброса дополнительного внутреннего давления и предотвращения непрерывного повышения внутренней температуры. Как только температура выйдет за пределы рабочего температурного диапазона отключения сепаратора, тепловой поток может продолжаться. В это время внутри батареи будут накапливаться легковоспламеняющиеся газы из материалов батареи, включая органический электролит. Если допустить скопление газа, это может привести к разрыву батареи. Механизм вентиляции ячейки предназначен для снижения внутреннего давления батареи и выпуска газов.

Когда вентиляция ячейки активирована, скопившиеся газы внутри батареи сразу же вырвутся наружу. С помощью предохранительных вентиляционных отверстий внутренние газы батареи выделяются контролируемым образом, а не в результате неконтролируемого взрыва. После вентиляции могут выделяться не только собранные легковоспламеняющиеся газы, но и большое количество тепла, содержащегося в газах, также может выделяться в окружающую среду. Кроме того, вентиляция может снизить давление, оказываемое на сепаратор батареи, и снизить риск внутреннего короткого замыкания батареи. Концепция вентиляционного отверстия батареи направлена на снижение давления, создаваемого в процессе теплового разряда, и предотвращение разрыва батареи. Для литий-ионного аккумулятора тепловой поток может распространиться на всю батарею менее чем за 2 секунды. За этот короткий промежуток времени внутреннее давление батареи возрастет. Конструкция вентиляционного отверстия должна быть способна выдерживать соответствующий поток газа. Конструкции вентиляционных отверстий элементов различаются в зависимости от типа батарей. Обычно аккумуляторные батареи имеют небольшие вентиляционные «окна» в положительной клеммой крышке для сброса дополнительного внутреннего давления, в то время как призматическая батарея использует заполняющее отверстие в качестве вентиляционного отверстия батареи. Например, одна конструкция вентиляционного отверстия для аккумуляторной батареи представляет собой хрупкий колпачок, который ломается при достижении критического давления. Колпачок содержит вентиляционный диск, на котором ранее были сделаны зазубрины. Если внутреннее давление аккумулятора повысится до критической точки из-за скопления газа, вентиляционный диск сломается при зазубрине и образует канал для выпуска газа. В любом случае, если вентиляционные отверстия забиты материалами батареи во время процесса вентиляции, давление в аккумуляторе увеличится и приведёт к взрыву.

Классификация пожара литий-ионного аккумулятора может варьироваться, но, как правило, относится к классам D или C. В некоторых случаях в качестве источника питания используется литий-ионный аккумулятор, а при пожаре задействованы электрические устройства. В других случаях пожар, вызванный литий-ионным аккумулятором, может распространиться и воспламенить близлежащие материалы. Огнетушители для литий-ионных аккумуляторов разли-

чаются в зависимости от огнетушащего вещества, такого как сухие химикаты, углекислый газ, пена, вода и сухие порошки. Углекислый газ можно использовать для тушения пожара, но он не охлаждает аккумуляторные батареи.

Тушение пожара литий-ионного аккумулятора относится как к тушению открытого пламени, так и к снижению температуры аккумулятора. Если температура батареи достаточно высока после того, как открытое пламя погасло, все еще существует вероятность того, что батарея снова загорится. В Калифорнии произошел инцидент с возгоранием литий-ионного аккумулятора с участием электромобиля. Потенциальная опасность поражения электрическим током для пожарных убедила их использовать углекислотные огнетушители. Хотя огнетушители с углекислым газом были успешными.

В этой статье рассмотрено три стратегии сокращения числа инцидентов с возгоранием батарей: отключение сепаратора, антипирены и вентиляция ячеек. Хотя наиболее широко используемый полимерный сепаратор имеет функцию выключения, как только сепаратор сжимается и теряет свою целостность, функция выключения становится бесполезной. Что касается антипиренов, то основная проблема заключается в том, не снижают ли они производительность аккумуляторов. Недавние исследования показали возможность замены электролита на основе карбоната другим органическим электролитом, обладающим лучшей термостойкостью.

Существующие в настоящее время стандарты предусматривают тестирование безопасности литий-ионных аккумуляторов в ненадлежащих условиях, включая нарушение электрических, механических, тепловых характеристик, но не содержат указаний по защите от возгорания аккумуляторов или тушению возгораний литий-ионных аккумуляторов. При тушении возгорания литий-ионных аккумуляторов охлаждение их так же важно, как и подавление пламени.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бураков М. А. и др. Влияние эксплуатационных факторов на работу литий-ионного аккумулятора // Символ науки. 2019 № 7.
2. Скундин А.М., Ефимов О.Н., Ярмоленко О.В. Современное состояние и перспективы развития исследований литиевых аккумуляторов // Успехи химии. - 2012 - Т. 71 - №4. - С. 378-398.
3. Скундин А.М. Литий-ионные аккумуляторы: современное состояние, проблемы и перспективы. Электрохимическая энергетика, 2011, т. 1, с. 5-15.
4. Чеберяк В.В. Автоматическая система пожаротушения электромобилей // Актуальные проблемы обеспечения пожарной безопасности и защиты от чрезвычайных ситуаций, Изд-во: ФГБОУ ВО Сибирская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2021. - 683 с
5. Чеберяк В.В. Правила и способы тушения электромобилей пожарной охраной. Достижения науки и образования, 2020. № 9 (63). С. 4–8.
6. ГОСТ Р МЭК 61960–2007. Аккумуляторы и аккумуляторные батареи, содержащие щелочной и другие неокислотные электролиты. Аккумуляторы и аккумуляторные батареи литиевые для портативного применения. М.: Стандартинформ, 2008.

УДК 621.9.079

С. А. Шабунин, Д. С. Репин, С. Н. Наконечный, Е. В. Барина
Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ТЕРМИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ СВОЙСТВ ПОЛИМЕРНЫХ ПРИСАДОК К СОЖ

Аннотация: в статье приводятся результаты исследования термического разложения поливинилового спирта, используемого как присадка к СОЖ, в интервале температур 20–800 °С в среде азота и в азотно-кислородной среде. В среде азота полиэтиленгликоль обладает большей термической устойчивостью по сравнению с азотно-кислородной средой.

Ключевые слова: поливиниловый спирт, термическое разложение, СОЖ.

S. A. Shabunin, D. S. Repin, S. N. Nakonechnyj, E. V. Barinova

APPLICATION OF THE THERMAL ANALYSIS METHOD TO STUDY THE PROPERTIES OF POLYMER ADDITIVES TO COOLANT

Abstract: The article presents the results of a study of the thermal decomposition of polyvinyl alcohol, which is used as an additive to coolant in the temperature range of 20–800 °C in a nitrogen environment and in a nitrogen-oxygen environment. In a nitrogen environment, polyethylene glycol has a greater thermal stability compared to a nitrogen-oxygen environment.

Keywords: polyvinyl alcohol, thermal decomposition, coolant.

Методы термического анализа широко применяются для исследования термической стабильности компонентов СОЖ, влияния химического состава среды на обрабатываемые материалы и компоненты СОЖ, моделирования химических реакций, возникающих при обработке металлов резанием. Результаты подобных исследований могут быть использованы для разработки новых активных присадок к СОЖ, что является актуальной задачей на протяжении последних десятилетий [1].

Ранее нами уже были проведены исследования термической стабильности полиэтиленгликоля (ПЭГ), показывающие, что ПЭГ может использоваться как присадка при обработке металлов в области низких температур [2].

Целью текущей работы являлось исследование термической стабильности поливинилового спирта (ПВС). ПВС – водорастворимый полимер, применяющийся как активная присадка в СОЖ.

Исследование термической деструкции проводили на термическом анализаторе Setsys Evolution 18 в атмосфере азота методом синхронного термического анализа, комбинирующего термогравиметрический анализ и дифференци-

альную сканирующую калориметрию (ДСК). В азотно-кислородной среде общее содержание кислорода составляло 21 %.

ПВС проявляет большую термическую стабильность по сравнению с ПЭГ [2]. Его термического разложение начинается при температуре 210 °С и заканчивается при 520 °С и протекает в 2 стадии: 190-390 °С с потерей 51 % массы от исходного образца и 390–520 °С с потерей 37 % массы. На кривой теплового потока наблюдается 1 широкий экзопик в интервале 220–590 °С с величиной теплового эффекта — 15,8 кДж/г.

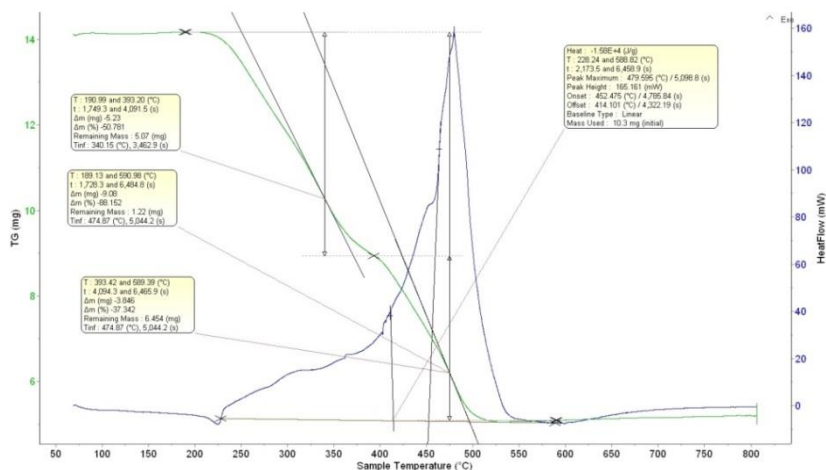


Рис. 1. Результаты исследования термической деструкции поливинилового спирта в азотно-кислородной среде (зеленый – потеря массы, синий – тепловой поток)

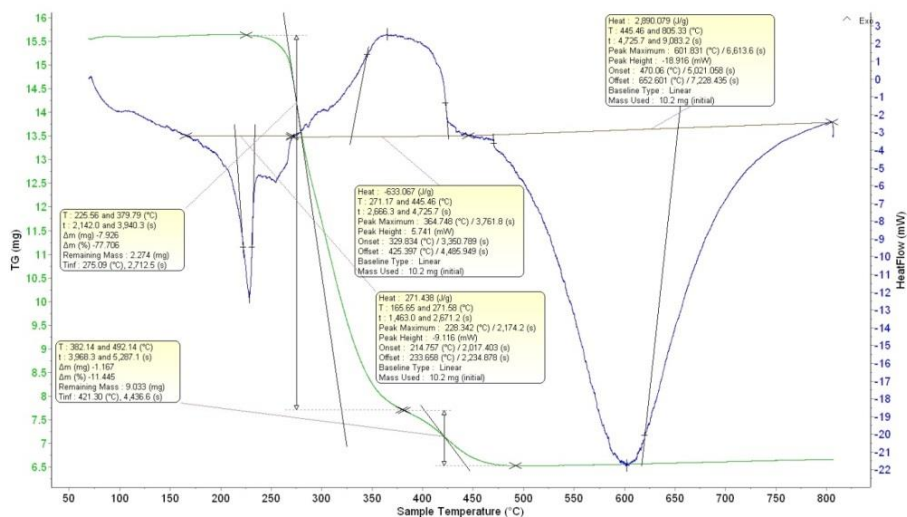


Рис. 2. Результаты исследования термической деструкции поливинилового спирта в инертной среде (зеленый – потеря массы, синий – тепловой поток)

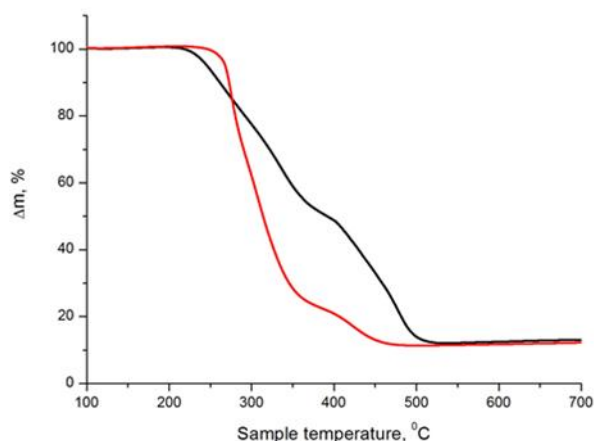


Рис. 3. Потеря массы полиэтиленгликоля (в %) в азотно-кислородной и инертной средах (черный – в азотно-кислородной среде, красный – в инертной среде)

В инертной атмосфере (рис. 2) терморазложение происходит в интервале 250–470 °С в 2 стадии. Однако, по сравнению с кислородной средой, 1 стадия протекает в интервале 225–380 °С с потерей 77,7 % массы, а на второй стадии (380–500 °С) происходит потеря еще 11 % от первоначальной массы. На кривой теплового потока наблюдается 3 пика: 2 эндопика (165–270 °С и 445–800 °С) и 1 экзопик в интервале 380–490 °С).

На рис. 3 представлена зависимость потери массы образцов (в %) ПВС в азотно-кислородной среде и инертной среде. Аналогично ПЭГ [2], температура начала термического разложения ПВС в инертной атмосфере более высокая (280 °С) по сравнению в азотно-кислородной среде (220 °С). Термическое разложение в инертной среде заканчивается при 400 °С, в то время как в азотно-кислородной – при 450 °С. Таким образом, присутствие кислорода инициирует разложение присадки с выделением активных частиц при более низкой температуре.

Поливиниловый спирт, имеющий более высокую температуру разложения, по сравнению с полиэтиленгликолем. ПВС может быть использован как активный компонент в СОЖ, предназначенной для работы в более высокой температуре.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Наумов А.Г. Развитие теории радикально-цепного механизма действия СОТС при резании металлов / А.Г. Наумов, В.Н. Латышев, В.С. Раднюк, О.А. Наумова // *Металлообработка*, 2016. – Вып. 4(94). – С. 26-33.
2. Шабунин С.А. Исследование термической стабильности полимерных присадок к СОЖ / С.А. Шабунин, Д.С. Репин // сборник материалов XIII Всероссийской научно-практической конференции «Надежность и долговечность машин и механизмов», Иваново, 14 апреля 2022 г. – Иваново : Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2022. – С. 569-573.

УДК 621.763

Е. О. Шевчук

Российский университет транспорта

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОГО СПОСОБА СНИЖЕНИЯ РАСХОДА ВОЗДУШНО-ВОДЯНОЙ СМАЗОЧНО-ОХЛАЖДАЮЩЕЙ СМЕСИ ПРИ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКЕ ДЕТАЛЕЙ ИЗ ПОЛИМЕРНО-КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Аннотация: целью исследования является проблема большого расхода специально смазывающих охлаждающих жидкостей (СОЖ). Статья посвящена разработке универсального способа образования водо-воздушной смеси с помощью ее подачи непосредственно через инструмент. В результате исследования определён эффективный способ охлаждения, который позволил снизить расход воздушно-водяной охлаждающей смеси.

Ключевые слова: аддитивные технологии, полимерно-композиционные материалы, абразивная обработка, качество, эффективность, шероховатость, распыление, мягкий абразивный инструмент

E. O. Shevchuk

INVESTIGATION OF AN EFFECTIVE WAY TO REDUCE THE CONSUMPTION OF AIR-WATER COOLING MIXTURE DURING MACHINING OF PARTS MADE OF POLYMER-COMPOSITE MATERIALS

Abstract: the purpose of the study is the problem of high consumption of specially lubricating coolants (COOLANT). The article is devoted to the development of a universal method for the formation of a water-air mixture by feeding it directly through the tool. As a result of the study, an effective cooling method was determined, which allowed to reduce the consumption of the air-water cooling mixture.

Keywords: additive technologies, polymer-composite materials, abrasive treatment, quality, efficiency, roughness, spraying, soft abrasive tool

Введение

Распространение и популярность аддитивных технологий постоянно растёт. Послойное выращивание хоть и позволяет изготавливать детали со сложной формой, исключая использование каких-либо соединений для создания сборочной единицы, но шероховатость поверхностей изделий, полученных таким методом, находится в пределах $Ra \geq 1,2$ мкм, а заложенные конструктором требования не могут быть выполнены [1].

Поэтому для повышения показателя качества поверхности Ra необходимо подвергать детали последующей механической обработке с помощью мягкого абразивного инструмента. В отличие от жёсткого инструмента такие щётки позволяют обрабатывать сложнофасонные поверхности

Поглощение полимерными материалами влаги при механической обработке

В предыдущих работах [2] было экспериментально установлено, что механическая обработка материалов без использования охлаждения приводит к неисправимому браку (рис. 1).

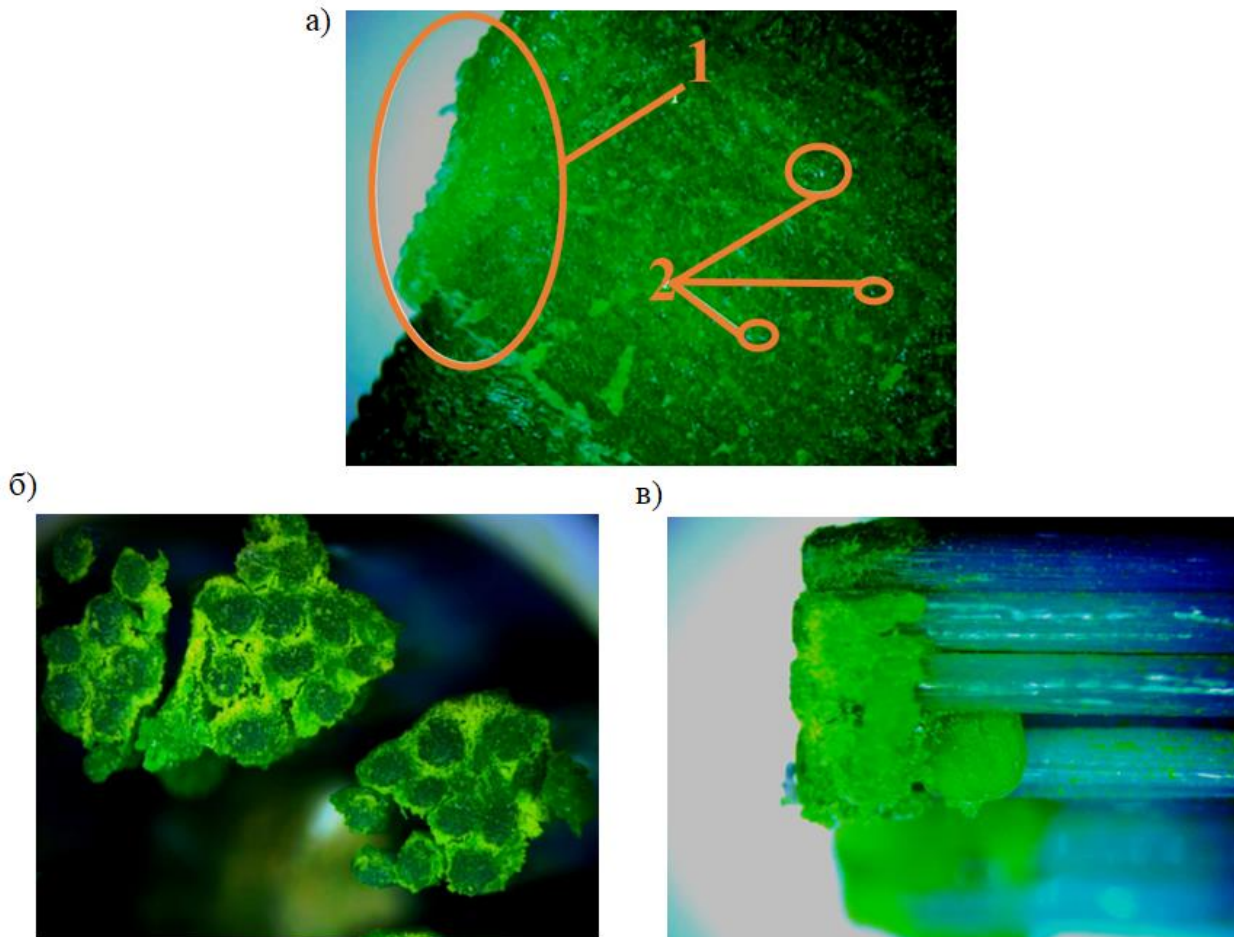


Рис. 3. а) Обработанная поверхность под микроскопом (x300);
 1 наплыв; 2 – вкрапление абразивных зёрен;
 б) Загрязнение абразивных зёрен налипшим пластиком(вид с торца);
 в) Загрязнение абразивных зёрен налипшим пластиком(вид с сбоку)

На рис. 1а наглядно виден наплыв, образовавшийся в ходе повышения температуры $t > 50\text{ }^{\circ}\text{C}$. Одновременно с этим происходит сильный износ инструмента, нарушается абразивная связка и загрязняются волокна налипшим пластиком (рис. 1б, 1в).

Наплыв является неисправимым дефектом, который приводит к браку изделия, поэтому необходимо снизить температуры в зоне резания.

В качестве способа подачи специальной охлаждающей технологической смеси (СОТС) была использована штатная система станка [2]. Эксперимент показал эффективное снижение температуры в зоне резания $t = 27,6\text{ }^{\circ}\text{C}$, что соот-

ветствует поставленным задачам. Однако, в последующем, было установлено, что полимерные материалы обладают способностью к влагопоглощению (рис. 2).

На рис. 2 наглядно видно расслоение и набухание слоёв материала, который “насытился” влагой. Слои, образованные с помощью выращивания больше не представляют единую структуру, а о повышении качества поверхности говорить не приходится.

С целью устранения данного эффекта влагопоглощения необходимо было снизить количество СОТС в смеси.

Для этого использовалась специальная экспериментальная установка распыления (рис. 3), которая была размещена непосредственно в камере станка.

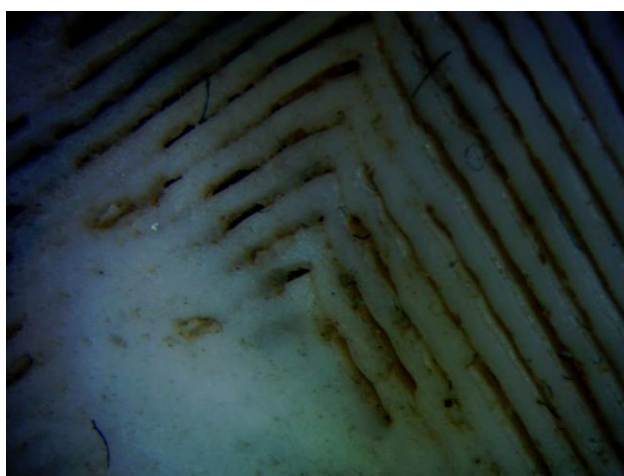


Рис. 2. Поверхность заготовки под микроскопом х400

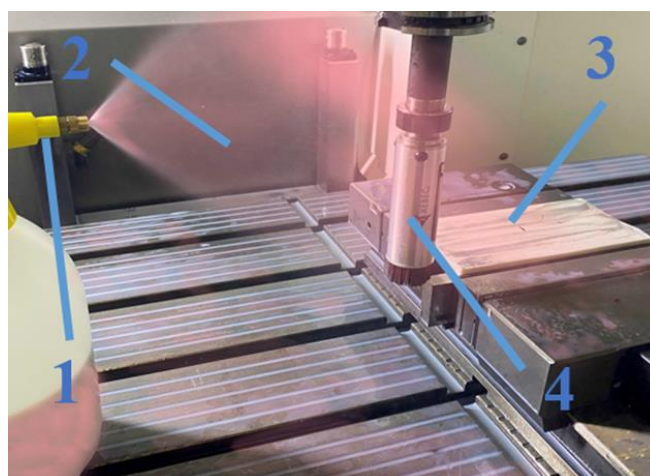


Рис. 3. Эксперимент в насыщенном облаке СОЖ; 1 - Установка распыления СОЖ, 2 - Облако СОЖ, 3 - Заготовка, 4 - Абразивная щётка

Такой метод охлаждения позволил ограничить количество влаги путём образования водо-воздушной смеси. Эксперимент показал, что влагопоглощение полимером снизилось.

Однако, использование экспериментальной установки сопровождается рядом недостатков:

- необходимость размещения установки в камере станка
- водо-воздушная смесь распыляется облаком, большая часть которого находится вне рабочей области обработки, что увеличивает расход влаги
- необходимость пополнения бака жидкостью в ручном режиме, что негативно сказывается на общем времени обработки
- отсутствует возможность более точно подавать водо-воздушную смесь прямо в зону обработки.

Снижение расхода водо-воздушной смеси с помощью каналов абразивного инструмента

Для того, чтобы убрать выше перечисленные недостатки, был спроектирован и разработан специальный инструмент с внутренним подводом водо-воздушной смеси, схема канала которого изображена на рис. 4.

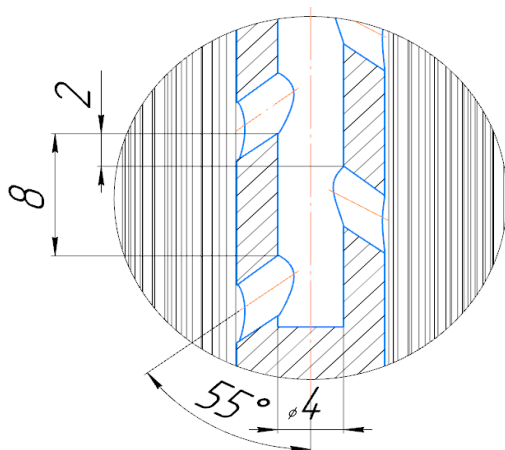


Рис. 4. Схема канала с отверстиями

Водо-воздушная смесь подаётся непосредственно через шпиндель станка по несквозному каналу $\varnothing 4$, имеющему направленные под углом 55° отверстия. Расстояние между соседними каналами составляет 2 мм.

В процессе обработки поступающая смесь обволакивает абразивные волокна, а низкая концентрация позволяет избежать перенасыщения влагой полимером. Температура в зоне резания сохраняет при этом свои минимальные значения $t = 27,6^\circ\text{C}$.

Вывод

Опыты показали эффективное снижение расхода жидкости при использовании охлаждения с помощью внутренних каналов инструмента.

Такой способ подачи охлаждения позволил уменьшить концентрацию водо-воздушной смеси, количество влаги, которое попадает на обработанный полимер стало значительно меньше. Данный метод охлаждения исключает проблему размещения установки охлаждения, а также снижается затраченное время, которое бы потребовалось для пополнения бака с СОТС.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Куликов М.Ю., Ларионов М.А., Гусев Д.В., Шевчук Е.О. Обеспечение качества деталей, изготовленных с помощью аддитивных технологий. Вестник Брянского государственного технического университета. 2020;12(97):4–10.

2. М. Ю. Куликов, М. А. Ларионов, Д. В. Гусев, Е. О. Шевчук. Улучшение шероховатости поверхностей деталей из полимерных материалов, полученных с помощью аддитивных технологий. Вестник Брянского государственного технического университета. 2021. 7(104). 12–18.

3. Шевчук Е.О, В.В. Погорельский Улучшение качества поверхности деталей, полученных с помощью аддитивных технологий. «Машиностроение: традиции и инновации (МТИ – 2021)». Сборник докладов. – М.: ФГБОУ ВО «МГТУ «СТАНКИН», 2021. – 357-366

4. Куликов М. Ю., М. А. Ларионов, Д. В. Гусев Исследование закономерностей формирования точностных параметров деталей при прототипировании. Вестник Брянского государственного технического университета. – 2016. 2(50). 104–107.

5. М. И. Клушин, М. Б. Гордон. Применение распыленных жидкостей при резании металлов. Иваново: Кн. изд-во, 1960. - 50 с.

6. Яшков В.А Повышение эффективности работы сборного абразивного инструмента для внутреннего шлифования путем интенсификации действия СОТС в зоне обработки: автореферат дис. Кандидата технических наук : 05.02.07 / Яшков Валентин Александрович; Москва, 2016. - 19 с.

7. Гусев Д. В. Повышение показателей качества изготавливаемых изделий при использовании технологии быстрого прототипирования: специальность 05.02.08 «Технология машиностроения» : диссертация на соискание ученой степени канд. техн. наук / Денис Витальевич Гусев; Ульяновский государственный технический университет. – Ульяновск, 2019. – 116 с.

8. Ю.П. Адлер, Е.В. Маркова, Ю.В. Грановский. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий. М.: Наука, 1976. – 278 с. М.А. Зленко, М.В. Нагайцев, В.М. Довбыш. Аддитивные технологии в машиностроении. Пособие для инженеров.. – М.: ГНЦ РФ ФГУП «НАМИ», 2015. – 220 с

РАЗДЕЛ II

АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И ПРОБЛЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

УДК 614.8

В. В. Анисимов, В. А. Комельков, Д. В. Сорокин

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

РАЗРАБОТКА АВТОНОМНОГО СИГНАЛЬНО-ПУСКОВОГО УСТРОЙСТВА ДЛЯ АВТОМАТИЧЕСКОГО ПОЖАРОТУШЕНИЯ

Аннотация: В данной статье проводим обзор автоматических средств противопожарной защиты. Рассматриваем сигнально-пусковые устройства с тепловым признаком пожара, а так же сигнально-пусковые устройства с дымовым признаком пожара.

Ключевые слова: пожары, средства противопожарной защиты, сигнально-пусковые устройства, дымовой признак, тепловой признак.

V. V. Anisimov, V. A. Komelkov, D. V. Sorokin

DEVELOPMENT OF AN AUTONOMOUS ALARM-STARTING DEVICE FOR AUTOMATIC FIRE EXTINGUISHING

Annotation: In this article we review automatic fire protection equipment. We consider signal-starting devices with a thermal sign of fire, as well as signal-starting devices with a smoke sign of fire.

Keywords: fires, fire protection equipment, alarm and starting devices, smoke sign, thermal sign.

Автономные установки (устройства) могут применяться для защиты таких установок и помещений ограниченного объема, как контейнеры, электрические шкафы, серверы, гаражи, разного рода складские помещения, удаленные объекты, не подключенные к системам централизованного электроснабжения, объекты строительства (когда системы автоматического пожаротушения находятся еще в стадии монтажа) и т. д. При этом распространение пожара за пределы указанной локальной поверхности или локального объема должно быть ограничено ограждающими конструкциями или иными конструктивными решениями. Техническое обслуживание автономных установок (устройств) пожаротушения, как правило, заключается в их внешнем осмотре (проверка целостности корпуса и системы крепления) и, в редких случаях, в контроле давления с помощью штатного манометра (индикатора давления). Из-за отсутствия взаи-

модействия автономных установок (устройств) с другими элементами пожарной защиты, они не могут применяться взамен автоматических установок пожаротушения, а могут лишь дополнить их, тем самым повышая уровень противопожарной защиты объекта.

В патенте на полезную модель [2] описано устройство сигнально-пусковое автономное для автоматической установки пожаротушения, предназначенное для обнаружения пожара в объектах, представляющих замкнутый объем, который может характеризоваться протяженными размерами, отсеками, перегородками, лабиринтами и предназначено для автоматического пуска установки пожаротушения. Устройство имеет микроконтроллер, автономный источник питания, светозвуковое оповещение, органы управления, выходные клеммы для подключения электровоспламенителями установки пожаротушения и входные места для подключения шлейфа сигнализации, состоящего из отдельных пар термочувствительных элементов.

Согласно полезной модели, конструкция устройства имеет основание, на котором выполнен электронный модуль с микроконтроллером на печатной плате, на которой дополнительно расположены органы управления, оповещатели, батарейный отсек, четыре входных места, выполненные в виде площадок под пайку и предназначенные для подключения к шлейфу сигнализации, выходные клеммы для подключения электровоспламенителя установки пожаротушения, при этом модуль закрыт защитной крышкой, защитные свойства которой усилены внешней решетчатой крышкой, выполненной в виде усеченного конуса, на вершине которой выполнен вводный узел в виде стандартного электрического гермоввода, причем выполнена чека, соединенная с предохранительной перемычкой отключения питания и выведенная за пределы решетчатой крышки. Более подробно устройство поясняется при помощи: рис. 1.

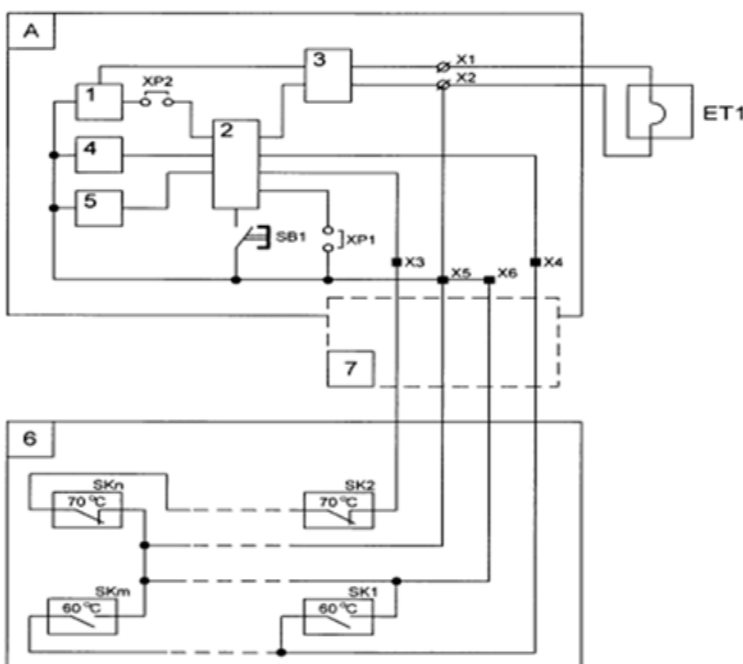


Рис. 1. Схема комбинированного устройства сигнально-пускового автономного для автоматической установки пожаротушения

Устройство сигнальное пусковое взрывозащищенное УСП-101 с маркировкой взрывозащиты 1ExibПВТ4 предназначено для использования в системах автоматического пожаротушения во взрывоопасных зонах.

Устройство УСП-101 предназначено для непрерывного контроля состояния окружающей среды, приведения в действие установки автоматического пожаротушения в автономном режиме в случае достижения температуры срабатывания, а также в режиме ручного пуска.

Устройство УСП-101 может быть использовано для автономного запуска автоматических средств пожаротушения: БУРАН, ТУНГУС, УРАГАН, ТАЙФУН, ПУРГА, и других, а также пиротехнических усилителей УТПИ и аналогичных им изделий.

Устройство работает без источников электропитания. Принцип действия механикоэлектрический. При превышении температуры окружающей среды заданных пороговых значений, устройство генерирует электрический импульс амплитудой не менее 3.5В на нагрузке 1 Ом, длительность импульса не менее 1 мс.

Устройство УСП выпускается в следующих модификациях:

УСП-101-45-Э – на температуру срабатывания $45 \pm 3^\circ\text{C}$

УСП-101-72-Э – на температуру срабатывания $72 \pm 3^\circ\text{C}$

УСП-101-93-Э – на температуру срабатывания $93 \pm 5^\circ\text{C}$;

УСП-101-110-Э – на температуру срабатывания $110 \pm 5^\circ\text{C}$

УСП-101-Р – автономное устройство ручного пуска.

Данное устройство показано на рис. 2.



Рис. 2. Устройство сигнальное пусковое взрывозащищенное УСП-101



Рис. 3. Устройство сигнально-пусковое автономное автоматическое для установок пожаротушения УСПАА-1v4

Устройство сигнально-пусковое автономное автоматическое для установок пожаротушения УСПАА-1v4 предназначено для защиты объектов (учреждений, квартир, торговых помещений, складов, гаражей и т.д.), в которых возможно пребывание людей, от пожаров, выдачи предупреждающих

светозвуковых сигналов и формирования сигналов управления средствами пожаротушения.

Устройство контролирует температуру и уровни спектральных составляющих низкочастотных колебаний инфракрасного излучения, характерных открытому пламени, рекуррентно сопоставляет полученные данные с априорно заданными образами, представляющими нормальное состояние защищаемого объекта и типовые варианты развития пожара, в зависимости от степени их совпадения классифицирует пожарную ситуацию по стадии ее развития уровнями опасности: «Норма», «Пожар», «Пуск», «Авария».

Устройство рассчитано на совместную работу в автономном режиме в составе модулей порошкового пожаротушения (МПП) типа «Тунгус».

Может быть подключено к любому модулю пожаротушения Тунгус для автономного и автоматического обнаружения и тушения возгорания.

Данное устройство показано на рис. 3.

Устройство сигнально-пусковое автономное УСП212-63А (далее – УСП или устройство) ТУ 4371-012-12690086-15 предназначено для обнаружения возгорания в закрытом помещении (сопровождающегося появлением дыма), звукового оповещения о нём и запуска модуля пожаротушения (модуль приобретается отдельно). УСП выполняет все функции автономного дымового пожарного извещателя, а также осуществляет контроль целостности и функционирования линий связывающих его с модулем пожаротушения и устройством блокировки автоматического запуска, с выдачей информации о неисправностях световой индикацией и звуковым оповещением.

Устройство предназначено для круглосуточной непрерывной работы от внутреннего источника питания.

Конструкция устройства не предусматривает его эксплуатацию в условиях воздействия агрессивных сред и во взрывоопасных помещениях.

Наглядность пускового-сигнального устройства УСП212-63А показана на рис. 4.



Рис. 4. УСП212-63А

На основании проведенного анализа существующих сигнально-пусковых устройств можно выявить следующие недостатки:

1. Высокая вероятность ложных срабатываний;
2. Отсутствие задержки срабатывания;

3. Отсутствие возможности отмены запуска.

4. Отсутствие возможности работы с различными устройствами автоматического пожаротушения.

5. Отсутствие возможности установки времени воздействующего импульса на модуль пожаротушения;

6. Отсутствие цифровой индикации оставшегося времени до запуска модуля пожаротушения.

Все выявленные недостатки дают предпосылки к разработке нового сигнально-пускового устройства.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Федеральный закон от 22.07.2008 №123 ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» г. (в ред. от 29.07.2017г.);

2. СП 3.13130.2012 «Системы противопожарной защиты. Система оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре. Требования пожарной безопасности»;

3. Пат. RU 175623 U1, МПК А62С 37/00 (2006.01). Устройство сигнально пусковое автономное для автоматической установки пожаротушения / Авдиенко Н.А., Бойцов И.Ю., Виноградский В.В. и др.; заявитель и патентообладатель ЗАО «Производственное объединение «Спецавтоматика»». – № 2017119268; заявл. 01.06.2017; опубл. 12.12.2017, Бюл. № 35. – 9 с.

УДК 614.8(075.8)

А. М. Буглаев, В. В. Сиваков

Брянский государственный технический университет,

Брянский государственный инженерно-технологический университет

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОПЕРАТИВНОЙ ИНФОРМАЦИИ МЧС В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ

Аннотация: Для повышения качества подготовки специалистов в вузе важно использовать актуальную информацию о чрезвычайных ситуациях техногенного, природного и социального характера. Основным источником такого рода информации являются данные МЧС, которые предлагается использовать для формирования базы данных и ее применения в учебном процессе.

Ключевые слова: оперативная информация, МЧС, учебный процесс.

А. М. Buglaev, V. V. Sivakov

USING THE OPERATIONAL INFORMATION OF THE MINISTRY OF EMERGENCY SITUATIONS IN THE EDUCATIONAL PROCESS

Abstract: To improve the quality of training of specialists at the university, it is important to use up-to-date information about man-made, natural and social emergencies. The main source of this kind of information is the data of the Ministry of Emergency Situations, which is proposed to be used for the formation of a database and its application in the educational process.

Keywords: operational information, Ministry of Emergency Situations, educational process.

Для качественного обучения студентов в вузе необходима достоверная и своевременная информация, особенно в области безопасности жизнедеятельности (БЖД). МЧС ежемесячно предоставляет следующую информацию: данные о чрезвычайных ситуациях техногенного, природного и социального характера; статистику пожаров и дорожно-транспортных происшествий; данные об обстановке в системах жизнеобеспечения и подготовки объектов жилищно-коммунального хозяйства к работе в осенне-зимней период. Информация предоставляется в удобном для изучения виде (рис. 1; табл. 1, 2).

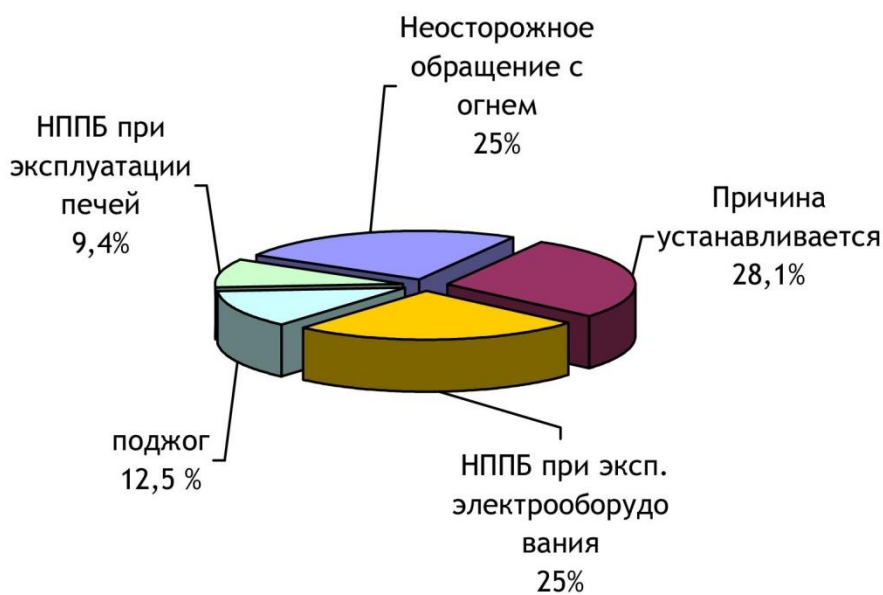


Рис. 1. Основные причины возникновения пожаров

Для удобства работы с информацией является целесообразным формирование базы данных, например, СУБД ACCESS, позволяющей организовать удобный ввод информации, выборку по интересующим параметрам, а также вывод информации как на экран монитора, так и на печать.

Использование базы данных в учебном процессе возможно как в лекционных занятиях, так и практических работах, курсовом и дипломном проектировании. Студенты получают возможность проведения анализа актуальной информации, позволяющей предлагать мероприятия по снижению пожаров, дорожно-транспортных происшествий и других неблагоприятных ситуаций.

Для проверки знаний и качественной организации учебного процесса целесообразно применять системы дистанционного обучения [1, 2, 3].

Таблица 1. Информация по пожарам по городам и районам области

| № п/п | Наименование города (района) | Количество пожаров | | | | Погибло, чел. | | | |
|--|------------------------------|---------------------|------|---------------------------|------|---------------------|------|---------------------------|------|
| | | За прошедшую неделю | АППГ | 2021 (нарастающим итогом) | АППГ | За прошедшую неделю | АППГ | 2021 (нарастающим итогом) | АППГ |
| Рост количества пожаров по отношению к прошлой неделе | | | | | | | | | |
| 1. | Дятьковский район | 3 | 1 | 64 | 60 | - | - | 7 | 4 |
| 2. | Стародубский район | 2 | - | 57 | 42 | - | - | 4 | 6 |
| 3. | г. Брянск | 9 | 1 | 292 | 265 | - | - | 14 | 11 |
| 4. | Карачевский район | 2 | 2 | 50 | 59 | - | - | 4 | 2 |
| 5. | Клинцовский район | 3 | 2 | 82 | 78 | - | - | 3 | 9 |
| 6. | Выгоничский район | 1 | 2 | 34 | 36 | - | - | 1 | 6 |
| 7. | Жуковский район | 2 | - | 37 | 36 | 1 | - | 4 | 3 |
| Снижение количества пожаров по отношению к прошлой неделе | | | | | | | | | |
| 8. | Жирятинский район | - | - | 11 | 10 | - | - | - | 1 |
| 9. | Унечский район | - | 1 | 54 | 57 | - | - | 6 | 5 |
| 10. | Брянский район | 1 | 3 | 78 | 97 | - | - | 6 | 5 |
| 11. | Климовский район | 1 | 1 | 50 | 46 | - | - | 4 | 6 |
| 12. | Погарский район | - | 2 | 35 | 45 | - | 2 | 3 | 5 |
| 13. | Комаричский район | - | - | 23 | 31 | - | - | 1 | 1 |
| 14. | Суземский район | - | - | 18 | 25 | - | - | 2 | 2 |
| 15. | г. Сельцо | - | - | 15 | 11 | - | - | 2 | 1 |
| 16. | Суражский район | 1 | 1 | 31 | 44 | - | 1 | 5 | 5 |
| 17. | Гордеевский район | - | - | 23 | 14 | - | - | 4 | 1 |
| 18. | Брасовский район | - | 1 | 37 | 34 | - | - | 3 | 3 |
| 19. | Мглинский район | - | 2 | 28 | 35 | - | - | 2 | 2 |
| Число пожаров на прежнем уровне по отношению к прошлой неделе | | | | | | | | | |
| 20. | Злынковский район | 2 | 1 | 20 | 20 | - | - | 2 | 4 |
| 21. | Рогнединский район | - | - | 14 | 17 | - | - | - | - |
| 22. | Почепский район | - | 2 | 49 | 53 | - | - | 3 | - |
| 23. | Клетнянский район | 1 | - | 28 | 27 | - | - | 2 | 6 |

**РАЗДЕЛ II. АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И ПРОБЛЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ
ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ**

| № п/п | Наименование города (района) | Количество пожаров | | | | Погибло, чел. | | | |
|----------|---------------------------------|--------------------------|-----------|---|-------------|--------------------------|----------|--------------------------------------|------------|
| | | За прошед- шую неделю | АППГ | 2021 (нарас- таю- щим итогом) | АППГ | За прошед- шую неделю | АППГ | 2021 (нарас- тающим итогом) | АППГ |
| 24. | Трубчевский район | - | 1 | 23 | 29 | - | - | - | 4 |
| 25. | Красногорский район | - | - | 12 | 15 | - | - | 4 | 1 |
| 26. | Навлинский район | 1 | 1 | 33 | 42 | - | - | 4 | 2 |
| 27. | Севский район | 1 | 1 | 20 | 24 | 1 | 1 | 2 | 2 |
| 28. | Новozyбковский район | 1 | 1 | 64 | 56 | - | - | 2 | 4 |
| 29. | Дубровский район | 1 | 1 | 27 | 28 | - | - | 4 | 4 |
| | ИТОГО: | 32 | 27 | 1309 | 1336 | 2 | 4 | 98 | 105 |

АППГ – аналогичный период прошлого года

*Таблица 2. Показатели готовности теплового, энергетического хозяйств
и системы ЖКХ на 1 сентября 2021 года*

| Объекты жилищно-коммунального хозяйства | Всего | Задание по подготовке | Готовы к эксплуа- тации | Процент готовности | |
|--|---------|--------------------------|-------------------------------|-----------------------|-----------|
| | | | | 2021 | 2020 |
| Котельные (ед.): | 1152 | 1060 | 975 | 92 | 91 |
| Теплосети (км) | 1097,4 | 1001,3 | 891,1 | 89 | 91 |
| Замена ветхих сетей (км) | 60,1 | 25,2 | 23,5 | 93 | 91 |
| ЦТП (ед.) | 192 | 192 | 167 | 87 | 93 |
| Водопроводные сети (км) | 7032,6 | 4629,4 | 4073,9 | 88 | 89 |
| Замена ветхих водопроводных сетей (км) | 1734,3 | 377,8 | 332,4 | 88 | 88 |
| Газопроводы (км) | 10978 | 8349,8 | 8015,8 | 96 | 89 |
| Линии электропередач (км) | 54397,5 | 9003,2 | 8192,93 | 91 | 88 |
| Трансформаторные подстанции (шт.) | 4061 | 1550 | 1442 | 93 | 87 |

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сиваков В.В., Заикин А.Н. Опыт применения системы дистанционного обучения // Совершенствование методики преподавания в техническом вузе: сборник научных трудов по материалам Всероссийской научно-методической конференции (Воронеж, 19 мая 2021 г.). Воронеж: Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова, 2021. С. 122-125. DOI 10.34220/ITMTU2021_122-125.

2. Молочников Д.Е., Яковлев С.А., Хабарова В.В. Опыт применения системы дистанционного обучения MOODLE // Инновационные технологии в высшем образовании. Материалы Национальной научно-методической конференции профессорско-преподавательского состава. Ульяновск, 2022. С. 103-106.

3. Давиденко П.В. LMS и электронные образовательные ресурсы предпринимательского университета // Шаг в будущее: искусственный интеллект и цифровая экономика. Технологическое лидерство: взгляд за горизонт. Под общей редакцией доктора экономических наук, кандидата технических наук П. В. Терелянского. 2022. С. 84-93.

УДК 614.84

М. Е. Коваленко, Н. А. Таратанов

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

ГОРЮЧЕ-СМАЗОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ КАК ИНИЦИАТОР ГОРЕНИЯ

Аннотация: в работе рассматриваются основные свойства горюче-смазочных материалов и их грамотной эксплуатацией. В данной работе приведена важность соблюдения простых рекомендаций для того, чтобы избежать возникновения пожара на автотранспорте, а также практическое использование специальных знаний в экспертной практике.

Ключевые слова: горюче-смазочные материалы, пожарная опасность, пожарно-техническая экспертиза, расследование пожара, автотранспорт.

М. Е. Kovalenko, N. A. Taratanov

FUELS AND LUBRICANTS AS THE INITIATOR OF GORENJE

Abstract: the paper discusses the main properties of fuels and lubricants and their competent operation. This paper shows the importance of following simple recommendations in order to avoid a fire in vehicles, as well as the practical use of special knowledge in expert practice.

Key words: fuel and lubricants, fire hazard, fire and technical expertise, fire investigation, motor transport.

Автомобильная и тракторная техника различного назначения с двигателями внутреннего сгорания является основным потребителем смазочных материалов.

Современные машины требуют использования высококачественных смазочных материалов. В настоящее время отечественная промышленность выпускает широкий ассортимент смазочных материалов, отвечающий высоким требованиям современной техники. С другой стороны, российский рынок насыщен маслами практически всех зарубежных фирм-производителей. Например, только моторных масел на нашем рынке насчитывается более 100 наименований.

РАЗДЕЛ II. АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И ПРОБЛЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Между тем для грамотной эксплуатации и продления срока службы машины подбирать и использовать смазочные материалы следует осознанно. Экономия может обойтись дороже. В то же время цены на нефтепродукты, а значит, и на смазочные материалы растут. Это связано в том числе с совершенствованием методов переработки нефти, использованием нетрадиционных способов получения так называемых синтетических смазочных материалов, что повышает их качество и расширяет возможности применения.

К пожару, по причине разгерметизации топливной системы приводят: срыв хомута, ослабление соединений, поломка двигателя, повреждения топливopроводов. В нишах и полостях автомобиля образуются легковоспламеняющиеся пары в высокой концентрации. Достаточно просто включить поворотник, свет фар или нажать на педаль тормоза, чтобы возник пожар.

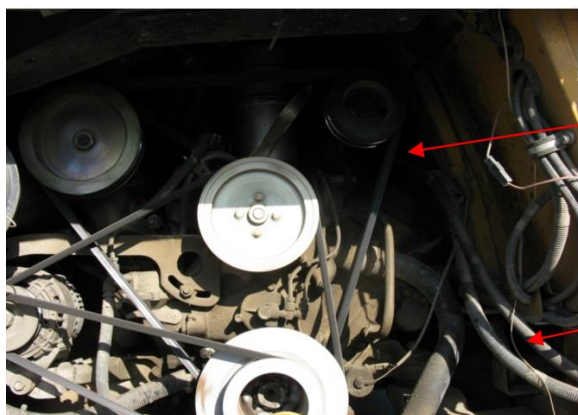
Пожарную ситуацию можно избежать, если придерживаться простых рекомендаций, отмеченных на рис. 1.



Рис. 1. Рекомендации предупреждения воспламенения ГСМ при разгерметизации топливной системы

Рассмотрим один из случаев нарушения при обслуживании и эксплуатации транспортного средства, на примере пожара на пассажирском автобусе марки «ПАЗ». В ходе осмотра места происшествия установлено, что автобус расположен на участке автомобильной дороги, имеющий затяжной (около 1,5 км) подъем. Из этого можно заключить, что непосредственно перед возникновением пожара, автобус ехал вверх, «под нагрузкой». Отсюда следует, что непосредственно перед возникновением пожара поверхность двигателя и деталей выхлопного тракта автобуса находились в разогретом (до рабочих температур) состоянии. Необходимо отметить, что в данном случае очаговая зона (левый выпускной коллектор) расположена непосредственно под насосом гидрав-

лической системы усиления рулевого управления (ГУР). Согласно справочных данных гидравлическая жидкость системы рулевого управления является горючей жидкостью (ГЖ). При этом, струйное постепенное истечение гидравлической жидкости, резко не сказалось бы качестве рулевого управления автобусом перед пожаром. Из объяснений водителя известно, что рулевая колонка работала нормально, а накануне пожара он долил жидкость в расширительный бачок гидроусилителя. Из этого можно сделать вывод, что в автомобиле происходила утечка гидравлической жидкости из системы ГУР. В ходе опроса водителя установлено, что гидравлическую жидкость не однократно доливали, после рейсов автобуса. Из этого следует, что утечка гидравлической жидкости происходила в те периоды, когда система ГУР находилась под давлением (автомобиль ехал, либо просто работал двигатель). При осмотре другого автобуса (аналогичной марки), с таким же двигателем (рис. 2) установлено, что насос и гидравлические шланги высокого давления системы ГУР расположены непосредственно над левой частью выпускного коллектора (рис. 3).



Место подвода шланга с гидравлической жидкостью к насосу ГУР (левая часть двигателя)

Шланг с гидравлической жидкостью ГУР.

Рис. 2. Обзорный снимок передней части такого же двигателя, на аналогичном автобусе

На рис. 2 видно, каким образом проходят шланги с гидравлической жидкостью ГУР, место их подвода к насосу ГУР, а также места расположения других узлов и агрегатов в моторном отсеке.



Потеки гидравлической жидкости ГУР

Рис. 3. Обзорный снимок места крепления насоса ГУР к корпусу двигателя

На рис. 3 видны потеки гидравлической жидкости на поверхности двигателя, выше левого выпускного коллектора, а также на корпусе самого насоса, а также на поверхности двигателя (под ним) прослеживаются значительные потеки гидравлической жидкости, а шланги имеют множественные трещины на внешнем защитном слое.

Таким образом, учитывая вышеизложенное, приходим к выводу, что причиной пожара явилось загорание гидравлической жидкости (при разгерметизации гидравлической системы рулевого управления) от нагретых деталей выпускного коллектора двигателя.

Подводя итог выше сказанному, следует, что разгерметизация системы трубопроводов в автотранспорте происходит не одномоментно, и это можно заметить, если периодически заглядывать под капот и смотреть, нет ли подтеканий, проверять целостность патрубков и качественно проводить техническое обслуживание.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Таратанов, Н.А. Эффективность применения полевых инструментальных методов при установлении очага пожара / Н.А. Таратанов, Т.А. Мочалова, О.Е. Сторонкина // Актуальные проблемы пожарной безопасности: Материалы XXXII Международной научно-практической конференции, Балашиха, 05–06 ноября 2020 года. – Балашиха: ВНИИПО, 2020. – С. 543-549. – EDN SXKTNS.
2. Карасев, Е.В. Исследование процесса возникновения и развития пожара на объекте строительной техники / Е.В. Карасев, Н.А. Таратанов, Н.Б. Чурбанов // Пожарная и аварийная безопасность. – 2021. – № 2(21). – С. 26-39. – EDN HSIWWZ.

УДК 621

В. В. Колесниченко, Н. А. Кропотова

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ АКВАТОРИИ ФЕОДОСИЙСКОЙ БУХТЫ ЗА СЧЕТ ПРИМЕНЕНИЯ АНАЛИТИЧЕСКОГО РОБОТИЗИРОВАННОГО КОМПЛЕКСА

Аннотация: Работа посвящена актуальному вопросу – мониторинг акватории для обеспечения безопасности за счет применения робототехнических плавучих средств. Данная проблема решается за счет использования разведывательных катеров, способных осуществлять сбор и анализ данных, как на поверхности воды, так и при погружении. Данная технология, совместима со спутниковыми данными. Данный подход позволяет наиболее эффективно распределять силы и средства, предназначен-

ных для ликвидации чрезвычайных ситуаций и их последствий, тем самым обеспечивая безопасность акватории.

Ключевые слова: роботизированный комплекс, разлив нефтепродуктов, распад боеприпасов, аналитический центр сбора данных, мониторинг акватории.

V. V. Kolesnichenko, N. A. Kropotova

ENSURING THE SAFETY OF THE WATER AREA OF THE FEODOSIYA BAY THROUGH THE USE OF AN ANALYTICAL ROBOTIC COMPLEX

Abstracts: The work is devoted to an urgent issue – monitoring of the water area to ensure safety through the use of robotic floating vehicles. This problem is solved through the use of reconnaissance boats capable of collecting and analyzing data, both on the surface of the water and while diving. This technology is compatible with satellite data. This approach allows the most efficient distribution of forces and means intended for the elimination of emergency situations and their consequences, thereby ensuring the safety of the water area.

Keywords: robotic complex, oil spill, ammunition disintegration, analytical data collection center, monitoring of the water area.

Проблема затонувших морских судов на сегодня стоит достаточно остро. У каждого происшествия или аварии есть свои поражающие факторы, вместе с их статистическими данными [1]. Сегодня более 60 % мирового грузооборота совершается через водный транспорт. Несмотря на то, что двадцать первый век предъявляет нам новейшие разработки науки и техники, имеет место быть устаревшее оборудование, которое до сих пор стоит на вооружении. Проведенный обзор литературы подтверждает необходимость постоянного мониторинга состояния, как поверхностных вод, так и затонувших судов, поэтому предложения по обеспечению безопасности на водных объектах являются актуальными.

Основная работа проводилась в отделении пиротехнических работ специального морского отряда Главного управления МЧС России по Республике Крым. Подразделение связано с обнаружением, обезвреживанием и уничтожением авиационных бомб и фугасов, а также других невзорвавшихся боеприпасов, а также исследование проб грунта, воды и других объектов. Предлагается внедрить аналитический роботизированный комплекс для обеспечения безопасности акватории Феодосийской бухты.

Из страниц истории известно, что грузовой двухпалубный теплоход трехостровного типа «Жан-Жорес» на территории города Феодосия в районе Феодосийской бухты Республики Крым, в результате подрыва 16 января 1942 года на магнитной mine, на глубине 16–18 метров. Часть команды была снята катером «Кабардинец» и тральщиком «Геленджик». Сорок человек погибло. Так как надстройки теплохода находятся на глубине всего 6 метров, он лежит в районе активного судоходства, были случаи столкновения с ним. После изучения материалов Керченско-Феодосийской десантной операции и исследования самого объекта водолазами в 1978 году, было принято решение не поднимать «Жан Жорес». В формулировке решения прямо не было сказано о нали-

РАЗДЕЛ II. АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И ПРОБЛЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

чий боезапаса, но и не отвергалось его наличие. Как сообщил начальник ОСВОД Феодосии Александр Черноволов «...не поднимать из-за возможной детонации возможных боеприпасов...».

Осенью 2007 года Керченский Специальный морской отряд МЧС России провел работы по водолазному обследованию судна «Жан Жорес». Обследование подтвердило наличие военного груза: артиллерийские орудия, снаряды, военную технику.

С 2019 года по 2021 год силами сводного отряда МЧС России проводились работы по водолазному обследованию, обнаружению взрывоопасных предметов и их подъему. Всего поднято на поверхность 18802 ед., артиллерийских снарядов, 303 ед., авиационных бомб, 87300 ед., патронов, 21501 ед., других взрывоопасных предметов.

Обследование затонувшего теплохода «Жан-Жорес». На рис. 1 представленные изображения затонувшего судна эхолотом, подтверждают наличие затонувшего корабля и наш объект исследования.

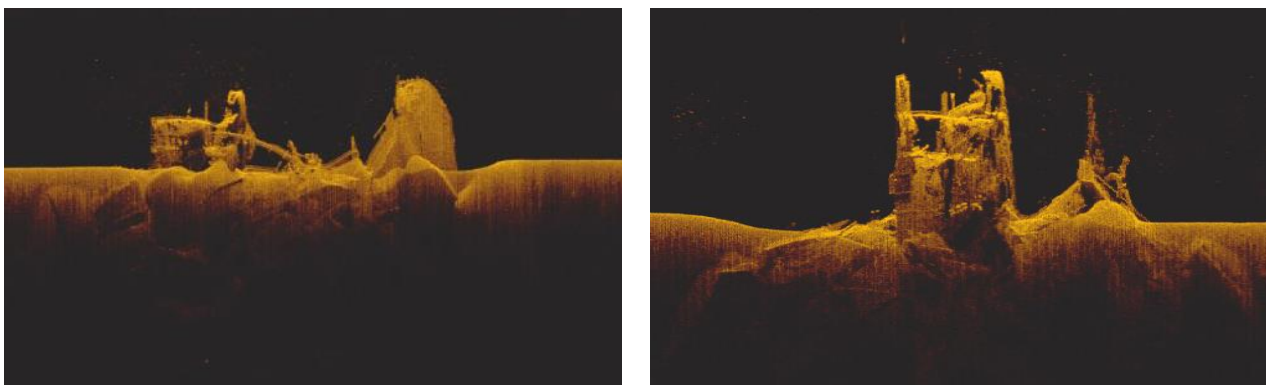


Рис. 1. Изображения эхолота

Необходимость проведения постоянного мониторинга за средой позволит принимать решения при поступлении новых данных. Поэтому применение роботизированного комплекса (рис. 2) позволит обеспечить отделение необходимыми данными [2–4].

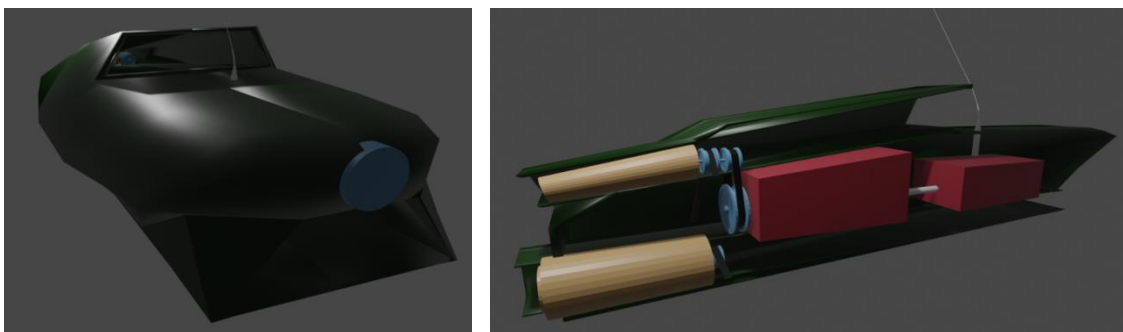


Рис. 2. Роботизированный комплекс для мониторинга акватории

Разработка представляет собой плавательное средство для осуществления мониторинга акватории бухты как на поверхности воды, так и под водой. Для более эффективного анализа собранных данных комплексы снабжаются:

- специальными шупами с захватом проб воды и/или подводного грунта (см. табл.). Стоит отметить, что химический состав грунта на железо, алюминий, магний и марганец соответствует нормам, а вот на тяжелые металлы, такие как кадмий, ртуть, кобальт, медь, свинец, хром и цинк, а также на наличие ароматических углеводородов – превышает;

- приспособлениями в виде захвата позволяет поднять различные предметы либо для исследования, либо для обезвреживания и дальнейшей утилизации;

- навигационное оборудование позволяющее формировать гидроакустические образы поверхностей дна (рис. 3);

Таблица. Результаты химического анализа проб грунта

| Место и номер пробы | Измерения г/кг | | | | | | | | |
|---------------------|--------------------------------------|---------------------------------|------------------------------------|----------------------|---------|-------------|--|------------------------|---------|
| | Нефте-продукты | Cd | Co | Cu | Ni | Hg | Pb | Cr | Ar |
| Жан Жорес 5-1 | 0.26±0.07 | 0.40±0.12 | 6.4±1.9 | 2.5±0.8 | 9.8±3.0 | 0.070±0.021 | 13±4 | 5.3±1.6 | 2.3±0.7 |
| Жан Жорес 5-2 | 0.16±0.04 | 0.36±0.11 | 6.8±2.0 | 7.9±2.4 | 9.3±2.8 | 0.054±0.016 | 226±68 | 18±5 | 3.2±1.0 |
| Жан Жорес 5-3 | 0.16±0.04 | 0.36±0.11 | 6.3±1.9 | 6.5±2.0 | 5.3±1.6 | 0.040±0.012 | 10±3 | 17±5 | 3.9±1.2 |
| Жан Жорес 5-4 | 0.17±0.04 | 0.2±0.06 | 3.7±1.1 | 4.9±1.5 | 6.1±1.8 | 0.040±0.012 | 8.3±2.5 | 8.0±2.4 | 3.4±1.0 |
| Жан Жорес 5-5 | 0.14±0.04 | 0.24±0.07 | 4.3±1.3 | 4.1±1.2 | 11±3 | 0.049±0.015 | 8.2±2.4 | 9.2±2.4 | 3.7±1.1 |
| Жан Жорес 5-6 | 0.21±0.05 | 0.4±0.12 | 6.8±2.0 | 8.5±2.6 | 9.8±3.0 | 0.052±0.016 | 13±4 | 21±6 | 3.8±1.1 |
| Итог исследования | Превыше-ние до 6 раз** до 1,8 раз*** | Превыше-ние 0.5-2* 0.8** 0,8*** | Превыше-ние в 1,5-3 раза по ПДК РФ | Превыше-ние до 7 раз | | | Превыше-ние от 1,5 до 6 раз; в точке 5-2 в 50 раз! | Превыше-ние в 1,5 раза | |

* ОДК ГН 2.1.7. 2511 – 09, ПДК ГН 2.1.7.2041-06.

** Neue Niederlandische Liste. Atlanten Spektrum 3/95.

*** Нормы и критерии оценки загрязненности донных отложений в водных объектах Санкт-Петербурга.

На основании собранных данных роботизированный комплекс представит карту загрязнения теми или иными веществами, в том числе опасными для жизни и здоровья человека (рис. 4).

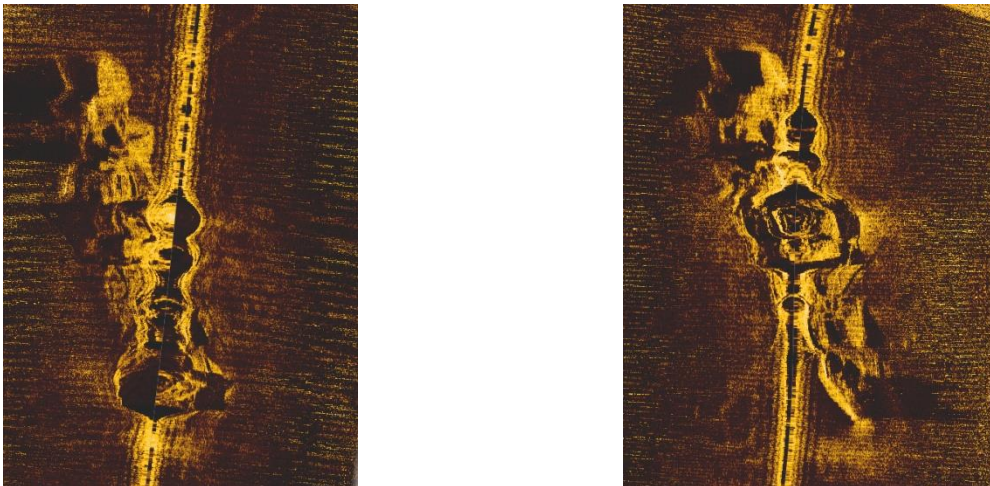
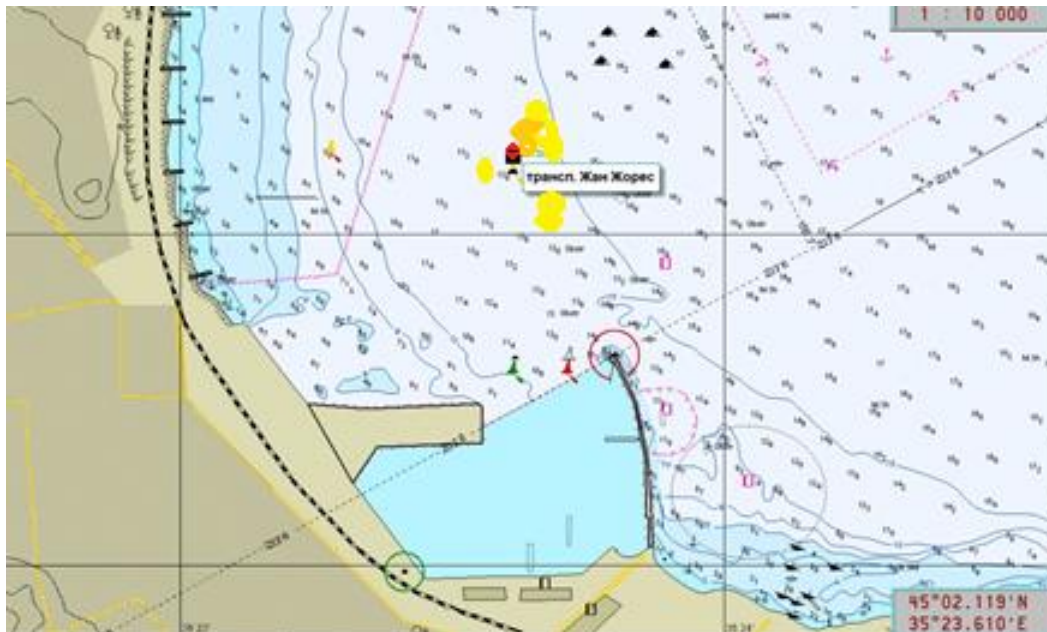


Рис. 3. Гидролокационная мозаика затонувшего судна «Жан-Жорес»



| | | | | |
|-----------------|----------------------------|-------------------------------|------------------------------------|---------------------------------|
| - чистые (0) | -слабо загрязненные (I) | умеренно загрязненные (II) | - от умеренно до сильного (III) | - опасно загряз- ненные (IV) |
|-----------------|----------------------------|-------------------------------|------------------------------------|---------------------------------|

Рис. 4. Карта загрязнений

Рассматриваемый участок акватории Крымского полуострова находится на малом расстоянии от берега: не более 1,5 км, имеет сравнительно малую глубину, в значительной степени подвержен ветровым условиям и интенсивным процессам вихреобразования. Поэтому влияние основной составляющей течений Черного моря кольцевого циклонического течения (КЦТ) на перенос взвешенных загрязнений существенно снижается в этих районах повышенным воздействием ветра, береговыми стоками и локальными особенностями береговой линии.

Наиболее показательным методом оценки распространения взвеси в морских акваториях в настоящее время являются спутниковые снимки. Внедрение серверной установки в базы данных аналитического комплекса позволит создать матрицу общей картины. Конечно, для получения полной картины экологического состояния акватории необходимы продолжительные систематические наблюдения – постоянный мониторинг. В то же время, имеющиеся результаты измерений гидрохимических гидрологических параметров водных масс у Крымского побережья позволяют сделать общие выводы об условиях возникновения опасных загрязнений в этом районе. Поэтому решение о привлечении роботизированного комплекса позволит решить выявленную проблему. Комплекс позволит решить еще и превентивные / предупреждающие мероприятия:

– столкновение с затонувшим судном «Жан Жорес» других плавательных средств в случае ограниченной видимости, неблагоприятных погодных условий или человеческого фактора и как следствие техногенная авария с вероятным возникновением детонации ВОП, и загрязнением окружающей среды.

– потенциальный объект представляет интерес для незаконного рекреационного дайвинга, что может служить причиной детонации ВОП или использовании ВВ в террористических целях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Статистика аварий водного транспорта [Электронный ресурс] URL: <https://vawilon.ru/statistika-avarij-vodnogo-transporta/> (доступ свободный, дата обращения 24.07.2022).

2. Теньковский П.А., Кропотова Н.А. Робототехническое устройство для обеспечения безопасности // Электромеханотроника и управление // Шестнадцатая международная научно-техническая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых «Энергия-2021»: Материалы конференции. В 6 т. Т. 4. – Иваново: ФГБОУ ВО «Ивановский государственный энергетический университет им. В.И. Ленина», 2021. С. 75.

3. Теньковский П.А., Кропотова Н.А. Разработка модели робототехнической платформы для ликвидации разливов нефтепродуктов с поверхности воды // Общественные проблемы инженерной подготовки кадров МЧС России: сборник трудов секции № 16 XXXI Международной научно-практической конференции «Предотвращение. Спасение. Помощь», 17 марта 2021 года. – Химки: ФГБОУ ВО АГЗ МЧС России. – 2021. С. 136-141.

4. Теньковский П.А., Кропотова Н.А. Нефтеборщик нового поколения // Надежность и долговечность машин и механизмов: сборник материалов XI Всероссийской научно-практической конференции, Иваново, 15 апреля 2021 г. – Иваново: ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2021. С. 156–161.

УДК 614.84

Е. О. Косолапов, Н. А. Таратанов

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

ИССЛЕДОВАНИЕ ОБУГЛЕННЫХ ОСТАТКОВ ДРЕВЕСИНЫ И ДРЕВЕСНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ В ЦЕЛЯХ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МЕСТОПОЛОЖЕНИЯ ОЧАГА ПОЖАРА

Аннотация: в данной статье проведено исследование электросопротивления слоев копоти для установления путей распространения основных конвективных потоков и очаговой зоны. Также в данной статье приведены теоретические основы расследования происшествий, связанных с пожарами, так как без применения специальных познаний это невозможно. В работе рассматриваются рекомендации для проведения исследования с применением термометра при исследовании копоти на конструкциях в целях определения очага пожара.

Ключевые слова: копоть, пожарно-техническая экспертиза, электросопротивление.

Е. О. Kosolapov, N. A. Taratanov

INVESTIGATION OF CHARRED REMAINS OF WOOD AND WOOD COMPOSITE MATERIALS IN ORDER TO DETERMINE THE LOCATION OF THE FIRE

Abstract: In this article, a study of the electrical resistance of soot layers is carried out to establish the ways of propagation of the main convective flows and the focal zone. Also in this article, the theoretical foundations of the investigation of incidents related to fires are given, since this is impossible without the use of special knowledge. The paper considers recommendations for conducting a study using a thermometer in the study of soot on structures in order to determine the source of fire.

Keywords: soot, fire-technical expertise, electrical resistance.

Отложения копоти на конструкциях и предметах присутствуют практически на любом пожаре — как в зоне горения, так и в зоне задымления. Это обстоятельство позволяет рассматривать копоть как перспективный объект экспертного исследования. В настоящее время копоть крайне ограниченно используется в качестве объекта исследования и соответственно источника криминалистически значимой информации о пожаре. В России и за рубежом специалистами по пожарной криминалистике делались лишь попытки определения природы сгоревших материалов по структуре и составу копоти, а также установления факта наличия в зоне горения этилированных топлив по присутствию в ко-

потти окиси свинца и неэтилированных нефтепродуктов путем обнаружения их микроколичеств, сорбированных частицами сажи. Задачи определения условий горения в различных зонах пожара и выявления очаговых признаков пожара при этом не ставились и не решались.

Целью работы является исследование слоев копоти для установления путей распространения основных конвективных потоков и очаговой зоны.

На пожаре частицы сажи движутся в сторону, где температура ниже [1–3]. Поэтому если частицы находятся между холодной и теплой поверхностями, они перемещаются к холодной и осаждаются на ней.

Образование наслоений копоти напрямую связано с направлением и скоростью дымовых потоков. В случае, когда интенсивные конвективные потоки отсутствуют, происходит гравитационное осаждение копоти на обращенные вверх поверхности [1–3]. Одним из объектов исследования в целях установления очаговой зоны, является копоть. В первую очередь обычно исследуются отложения копоти в пределах зоны горения, путем измерения ее электросопротивления. Измерения электросопротивления слоя копоти проводят на любых поверхностях материалов, обладающих диэлектрическими свойствами (бетон, штукатурка, керамическая плитка и т. п.), желательно — на поверхностях одного типа. Если на поверхностях с осевшей копотью до пожара была какая-либо грязь, то под слоем копоти она выделяется в виде неровности на поверхности. Измерения электросопротивления на таких поверхностях проводить не следует.

В качестве прибора для измерения сопротивления может быть использован любой измеритель сопротивления с верхним пределом измерений не ниже 10 Ом. Это могут быть тераомметр Е6-13А с пределом измерений 10^{14} Ом, измеритель сопротивления, увлажненности и степени старения электроизоляции МИС-2500 с пределом измерения $1,1 \cdot 10^{13}$ Ом и др.

Указанные технические требования реализованы в разработанном ИЦЭП комплекте оборудования для исследования копоти АКО2-01-ЭП, который входит в состав комплекса специальных приборов и оборудования для работы пожарно-технического эксперта на месте пожара «ПирЭкс».

Данные по электросопротивлению слоя копоти в различных зонах пожара могут служить объективной основой для дифференциации зон нагрева закопченных конструкций и предметов. При интерпретации (трактовке) этих данных необходимо иметь в виду следующее. Зоны наибольшего прогрева конструкций характеризуются наименьшими значениями сопротивления слоя копоти электрическому току. Такие зоны возникают прежде всего над очагом пожара, если копоть не выгорела, а также на путях распространения основных конвективных потоков от очага. В отдельных случаях таким же образом проявляют себя очаги горения, обусловленные сосредоточением пожарной нагрузки. При достаточно высокой температуре (более 600–650 °С) на ограждающих очаг пожара конструкциях и предметах очаговая зона может проявляться также в полном локальном выгорании копоти. В этом случае путем исследования отложений копоти вне зоны выгорания выявляются направления конвективных потоков из данного очага.

РАЗДЕЛ II. АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И ПРОБЛЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Зоны прохождения основных конвективных потоков продуктов горения характеризуются постепенным увеличением электросопротивления копоти от очага горения в направлении вытяжных проемов.

Рассмотрим пожар в музыкальной студии, расположенной в кабинете административного здания. В результате пожара, закопчены стены и потолок внутри кабинета. Повреждены некоторые предметы внутренней обстановки и отделки, а также музыкальное оборудование. Жертв и других тяжелых последствий нет.

Зона горения выявлена в правой (от входа) части кабинета. Стоит отметить, что по мере удаления от указанной области, степень термических поражений кабинета уменьшается (рис. 1). Однако, на момент осмотра места происшествия, предметная обстановка в кабинете существенно изменена. С рабочего стола и из шкафа убраны личные вещи, передвинуты предметы мебели, быта и пр. Из зоны горения практически полностью убран пожарный мусор, при этом мягкая мебель (диван) вынесена на улицу.

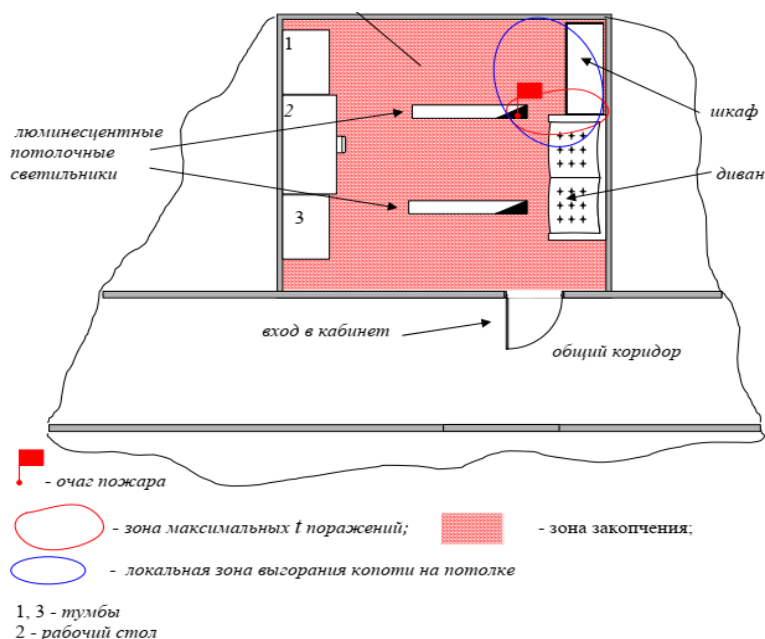


Рис. 1. План-схема места пожара

В свою очередь, на оштукатуренном однородном потолке кабинета, зафиксирована локальная зона выгорания копоти, расположенная в районе правого (от входа) дальнего угла, ближе к шкафу.

В данном случае, на поверхности потолка кабинета нанесли точки с шагом 0,8 м (рис. 2).

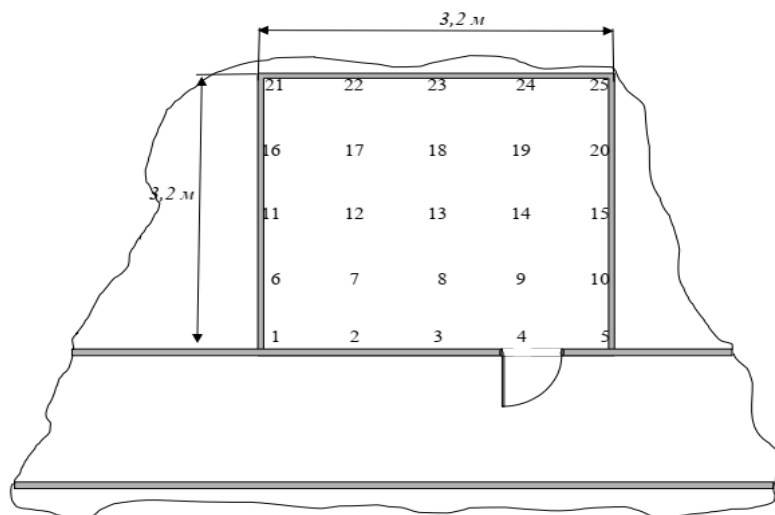


Рис. 2. Схема расположения точек замера электросопротивления копоти на потолке кабинета

Фиксировав результаты измерений электрического сопротивления копоти, а также среднее значение результатов измерений для одной точки R_{cp} и его логарифм $lg(R_{cp})$. По полученным $lg(R_{cp})$ строим диаграмму термических зон, отражающую картину распределения значений электросопротивления копоти на потолке кабинета (см. рис. 3) Зоны наибольшего прогрева, согласно методике, характеризуются наименьшими значениями сопротивления слоя копоти электрическому току.

Как видно из полученных результатов, зона наименьших значений электросопротивления копоти на потолке кабинета расположена в правом (от входа) дальнем углу (рис. 3). На основании проведенных измерений, можно сделать вывод, что в указанной области (правый дальний угол), расположена зона наибольшего термического воздействия на потолок кабинета.

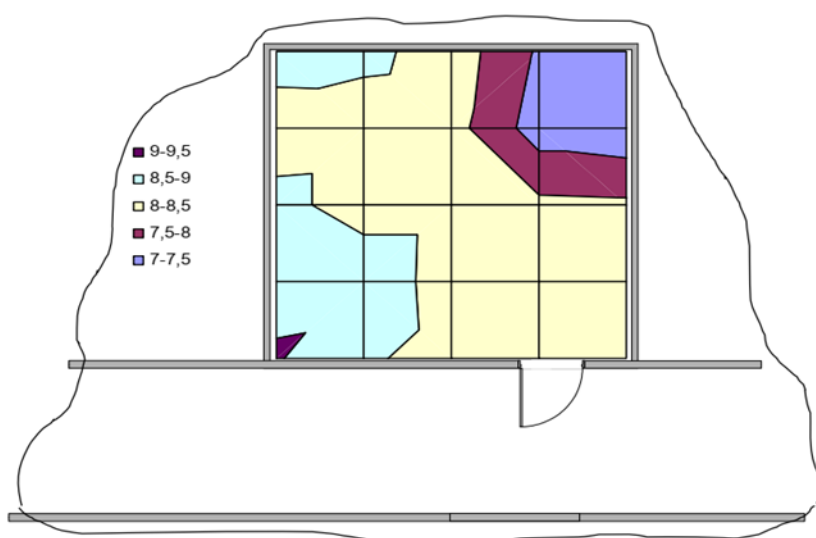


Рис. 3. Диаграмма термических зон на потолке кабинета

Очевидно, что в правой (от входа) дальней части кабинета, температурный режим был выше, чем в других местах. В свою очередь, в ходе осмотра места происшествия, специалистом проведена частичная

реконструкция предметной обстановки в кабинете. Установлено, что в указанной области, на момент возникновения пожара, располагался шкаф и примыкающий к нему диван. В ходе опроса арендаторов помещения и представителей собственника здания установлено, что на момент возникновения пожара, на верхней части шкафа лежало несколько картонных коробок. Очевидно, что вышеуказанный максимальный температурный режим в правой части кабинета, мог возникнуть как в результате наиболее длительного, так и наиболее интенсивного горения в этой области. Однако, в нижней части помещения, на диване зафиксирована локальная зона горения, со стороны шкафа. При этом на поверхности дивана, зафиксированы некоторые карбонизированные фрагменты пластмассового корпуса потолочного светильника и плафона.

При сопоставлении зоны выгорания копоти на потолке, механических повреждений штукатурного слоя на потолке (в месте крепления светильника), а также термических поражений шкафа и дивана, установлено их совпадение. Однако, сценарий развития горения от дивана вверх (к потолочному светильнику), противоречит общей картине термических поражений кабинета. По нашему мнению, первоначальное горение возникло в верхней части помещения, в области светильника. При этом, распространение горения вниз (на шкаф и диван) произошло при массопереносе горящих пластмассовых фрагментов светильника (корпус, плафон и пр.).

Таким образом, учитывая вышеизложенное, принимая во внимание результаты исследования электросопротивления копоти на потолке кабинета, а также общий характер термических поражений, приходим к выводу, что очаг пожара располагался в правой части кабинета, вверху, в области крепления дальнего (от входа) потолочного светильника.

В заключении хотелось отметить, что полученные результаты исследования копоти могут быть использованы в рамках пожарно-технической экспертизы для реконструкции процесса возникновения и развития горения, в том числе для установления очага пожара.

Учитывая, что метод этот неразрушающий, - нет никаких ограничений на его применение при осмотре места пожара дознавателями и техническими специалистами на стадии проверки по факту пожара. Окончательные выводы об очаге пожара могут быть сформированы только в рамках пожарно-технической экспертизы на основе всего комплекса имеющейся по пожару информации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Таратанов, Н. А. Исследование копоти при горении нефтепродуктов методом флуоресцентной спектроскопии в целях судебной пожарно-технической экспертизы / Н. А. Таратанов, О. Е. Сторонкина, Т. А. Мочалова // Современные проблемы гражданской защиты. – 2020. – № 4(37). – С. 154-159. – EDN GFKPBR.

2. Вакуленко С.В. Использование данных о составе и свойствах копоти при реконструкции пожара: Дис. канд. техн. наук / СПбУ МВД России. - Санкт-Петербург, 2000. - 150 с.

3. Комплексная методика определения очага пожара / К.П. Смирнов, И.Д. Чешко, Б.С. Егоров и др. - Л.: ЛФ ВНИИПО МВД СССР, 1987. - 114 с.

УДК 614. 849.

М. Л. Меликян, А. А. Лазарев

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

О ПРОБЛЕМЕ РАЗРАБОТКИ ПРОВЕРОЧНОГО ЛИСТА ДЛЯ НОРМАТИВНО-ТЕХНИЧЕСКОГО СОВЕТА В ПОДРАЗДЕЛЕНИИ МЧС РОССИИ

Аннотация: В статье предложен вариант совершенствования работы нормативно-технического совета, создаваемого в уполномоченном подразделении МЧС России посредством разработки специального проверочного листа, определены основные этапы этой деятельности, указаны преимущества использования данного проверочного листа.

Ключевые слова: проверочный лист, нормативно-технический совет, пожарная безопасность.

M. L. Melikyan, A. A. Lazarev

ABOUT THE PROBLEM OF DEVELOPING A CHECKLIST FOR THE REGULATORY AND TECHNICAL COUNCIL IN THE EMERCOM OF RUSSIA

Abstract: The article offers a variant of improving the work of the regulatory and technical council. This council is created in the authorized department of the Ministry of Emergency Situations of Russia through the development of a special checklist, the main stages of this activity are defined, the advantages of using this checklist are indicated.

Keywords: checklist, regulatory and technical council, fire safety.

Проблемы обеспечения пожарной безопасности сложных и уникальных зданий неоднократно рассматривались различными исследователями [1–6]. При этом практически отсутствуют предложения по совершенствованию данной профилактической работы посредством разработки специального проверочного листа для нормативно-технического совета, работа которого организуется в уполномоченном подразделении МЧС России (далее – Совет).

Это необходимо для облегчения ориентирования членов Совета в обширной базе руководящих документов для обеспечения пожарной безопасности при строительстве (далее – ПБ), по аналогии с деятельностью различных

надзорных ведомств, принявших схему проверок с применением установленных проверочных листов. Данный проверочный лист (или чек-лист) представляет собой список контрольных вопросов. По соответствующему перечню вопросов государственными органами проверяется выполнение индивидуальными предпринимателями и юридическими лицами обязательных требований по определенным направлениям. При помощи проверочного листа контролируемое лицо может пройти самопроверку.

В настоящее время при работе специалистов целесообразно иметь основное ядро общепризнанных в этой области понятий, а для этого нужно не только иметь знания в этой области, но и объединять их в сопоставлении, так как сравнительный анализ способствует выбору эффективных методов и средств системного исследования, то он в большей мере и подходит для объединения принимаемых решений.

Теория систем и системный анализ при управлении организациями и предприятиями, решение правовых вопросов, которые возникают при выполнении поставленных задач – всё это особенно востребовано в настоящее время. Осуществление управления организацией является весьма сложной проблемой, которая требует привлечения специалистов из различных областей знаний. С усложнением производственных процессов и развитием наукоёмких технологий обострились проблемы с наличием значительной начальной неопределённостью проблемной ситуации. В этой ситуации наиболее значимую роль стал играть непосредственно процесс постановки задачи, произошло возрастание значения лица, которое принимает решение, в данном случае человек представляется носителем определенной системы ценностей и определенных критериев, необходимых для принятия решения. При этом восприятие этой системы и обозначенных критериев должно быть целостным. Изначально для решения указанных задач разрабатывались новые разделы математики; в качестве самостоятельной была выделена прикладная математика для приближения математических методов к практическим задачам; появилось понятие, а позднее и целое направление «принятие решений». В этом случае постановка задачи рассматривается как равноценный этап её решения. Следует также отметить широкое использование понятий «система», «системный подход», «системный анализ» в ходе решения подобных комплексных проблем [1–4].

Применение методов и моделей теории систем для практических её приложений к задачам управления в рамках системного анализа является наиболее конструктивным направлением системных исследований в настоящее время. Важной функцией системного анализа являются: осуществление работы с целями, создание процесса целеобразования, то есть проведение исследования факторов, которые влияют на цель, формулирование, структурирование или декомпозиция обобщающей цели. При этом понятия и закономерности теории систем используется для разработки методики и выбора методов и приёмов выполнения её этапов. Интерес к системным представлениям проявляется не

только для внедрения удобного обобщающего понятия, но и с целью использования средства постановки задач с большой неопределённостью [4].

На основании изложенного предлагаются следующие основные разделы проверочного листа для Совета:

1. Подтверждение соблюдения процедуры оформления и подачи документов для рассмотрения на Совете, включая наличие оснований для разработки специальных технических условий.

2. Анализ непротиворечивости исходных данных.

3. Проведение анализа взрывопожарной и пожарной опасности объекта, включая сопоставление с действующими нормами в области ПБ и аналогичными решениями, принятыми в установленном порядке ранее.

4. Соблюдение порядка заседания Совета и оформления документов по его итогам.

Преимуществом введения в действие такого инструмента для Совета заключается в том, что при его применении повышается самоконтроль как со стороны членов Совета, так и со стороны лиц (заказчиков, подрядчиков, инвесторов в строительство), подающих заявление в данный Совет.

Следовательно, применение проверочных листов вполне оправдано при организации работы Совета. Особую вариативность данному документу могут придать типовые решения, применение которых обосновано в установленном порядке. Этот инструмент может быть настроен в зависимости от осуществляемых на предприятиях технологических процессах, особенности планировки зданий и сооружений. Предлагаемые мероприятия вырабатываются на основе опыта предупреждения пожаров. Проверочный лист позволяет учитывать влияние характеристик определенного объекта на установленные параметры системы обеспечения пожарной безопасности. Особенно это актуально для сложных строений, требования ПБ к которым не определены действующими нормативными правовыми актами и стандартами ПБ. И в данном случае широкое внедрение проверочных листов содействует распространению пожарно-технических знаний, что представляет большое значение для противопожарного нормирования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кирюханцев Е.Е., Иванов В.Н. Проблемы разработки и согласования специальных технических условий в области пожарной безопасности // Технологии техно-сферной безопасности, 2016. № 5. С. 23–34.

2. Гераськин Ю.М. Малышева К.М. Разработка специальных технических условий при проектировании объектов торгово-развлекательного назначения // Международный журнал прикладных наук и технологий Integral. 2020. № 4. С. 26.

3. Кобзев И.И. Актуальность разработки специальных технических условий и пути развития обеспечения пожарной безопасности объектов защиты // Современные проблемы и перспективы развития строительства, эксплуатации объектов недвижимости. Сборник научных статей. 2016. С. 11–27.

4. Бакурская Н. Современные методы коллективной экспертизы // Российская академия народного хозяйства и государственной службы при Президенте Российской Федерации, Государственная служба. 2016. № 2 (100). С. 116–119.

5. Гилетич А.Н., Шебеко А.Ю., Шебеко Ю.Н., Гордиенко Д.М. Требуемые пределы огнестойкости строительных конструкций высотных зданий // Пожарная безопасность. 2012. № 4. С. 31–39.

6. Шебеко Ю.Н., Шебеко А.Ю., Гордиенко Д.М. Расчётная оценка эквивалентной продолжительности пожара для строительных конструкций на основе моделирования пожара в помещении // Пожарная безопасность. 2015. № 1. С. 31–39.

УДК 614.841

Т. А. Мочалова, О. Е. Сторонкина

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

ИССЛЕДОВАНИЕ ИНТЕНСИФИКАТОРОВ ГОРЕНИЯ В ПРОЦЕССЕ ИХ ВЫГОРАНИЯ С РАЗЛИЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ, СЛУЖАЩИХ ОБЪЕКТАМИ-НОСИТЕЛЯМИ ГОРЮЧИХ ЖИДКОСТЕЙ

Аннотация: В статье представлены результаты исследования по применению метода флуорисцентной спектороскопии с целью выявления интенсификаторов горения на пожаре при их выгорании на различных напольных покрытиях, служащих объектами-носителями горючих жидкостей.

Ключевые слова: флуорисцентная спектороскопия, интенсификаторы горения, напольные покрытия.

Т. А. Mochalova, O. E. Storonkina

INVESTIGATION OF COMBUSTION INTENSIFIERS IN THE PROCESS OF THEIR BURNOUT FROM VARIOUS MATERIALS SERVING OBJECTS-CARRIERS OF COMBUSTIBLE LIQUIDS

Abstract: The article presents the results of a study on the application of the method of fluorescence spectroscopy in order to identify combustion intensifiers in a fire when they burn out on various floor coverings that serve as carriers of combustible liquids.

Key words: fluorescence spectroscopy, flame retardants, floor coverings.

Необходимость идентификации легковоспламеняющихся и горючих жидкостей, обнаруженных на месте пожара, является актуальной задачей.

В настоящей работе в качестве объектов исследования использовали бензин неэтилированный марки АИ-92-К5 по ГОСТ 32513-2013 и бензин марки «G-Drive 95» (АИ-95-К5) по СТО 42045241-001-2010.

В качестве объектов-носителей использовались напольное поливинилхлоридное покрытие фирмы Tarkett Sprint Pro Pablo 4 [1], предназначенное для устройства полов в зданиях и сооружениях типа А: жилых домах, детских дошкольных учреждениях, лечебно-профилактических учреждениях [2] и ковровое покрытие из искусственного ворса на основе нейлона.

Исследование проводили с помощью анализатора «Флюорат-02-Панорама». Пробоподготовка осуществлялась по методу, описанному в работе [3].

На первом этапе эксперимента выжигали по 2 мл бензина неэтилированного АИ-92-К5 и бензина марки АИ-95-К5 в низких фарфоровых тиглях до прекращения горения. Остатки жидкости извлекли ополаскиванием 2-мя мл гексана (ОСЧ).

На втором этапе осуществляли сжигание напольных покрытий. С этой целью на образец напольного покрытия марки Tarkett Sprint Pro Pablo 4 в течение 5 минут воздействовали пламенем газовой горелки. Следует отметить, что образец горел интенсивно, пламя имело зеленоватый окрас, выделялось много копоти. Аналогично сжигали ковровое покрытие из искусственного ворса на основе нейлона. После остывания образцов с них были взяты смывы для анализа.

На следующем этапе исследования сжигали образцы напольного покрытия Tarkett Sprint Pro Pablo 4 совместно с 5 мл бензина неэтилированного АИ-92-К5. Ковровое покрытие из искусственного ворса на основе нейлона сжигали совместно с 5 мл бензина АИ-95-К5.

Спектры флуоресценции исследованных объектов представлены на рис. 1–5.

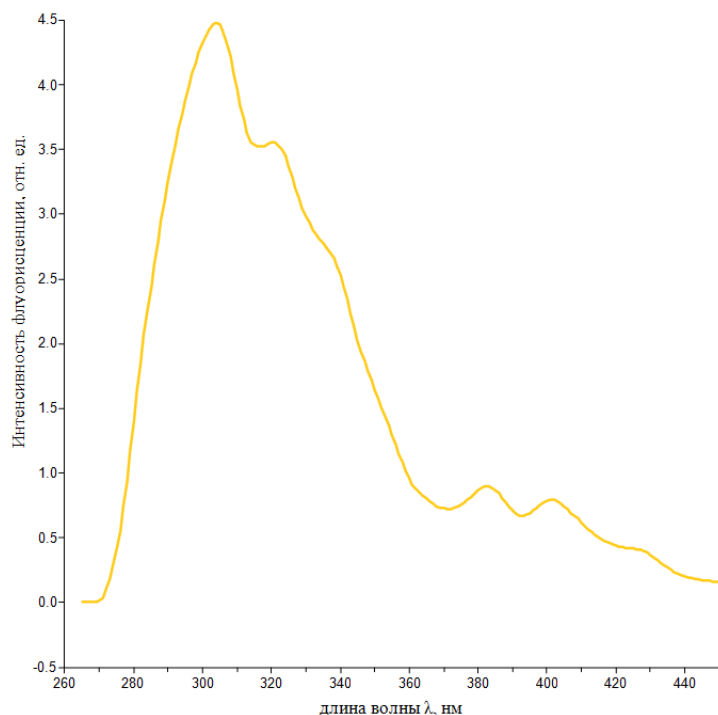


Рис. 1. Спектр флуоресценции бензина марки АИ-92-К5

На рис. 1 видно, что в спектре флуоресценции бензина марки АИ-92-К5 наблюдается один интенсивный максимум в области 310 нм, и менее выраженный пик в области 325 нм. В состав автомобильных бензинов входит значительное количество моноароматических углеводородов (МАУ) и не значитель-

ное количество ПАУ полиароматические углеводороды. На спектре флуоресценции это подтверждается наличием двух максимум в интервале 270–300 нм и ПАУ в интервале 300–330 нм, причем максимум МАУ интенсивнее.

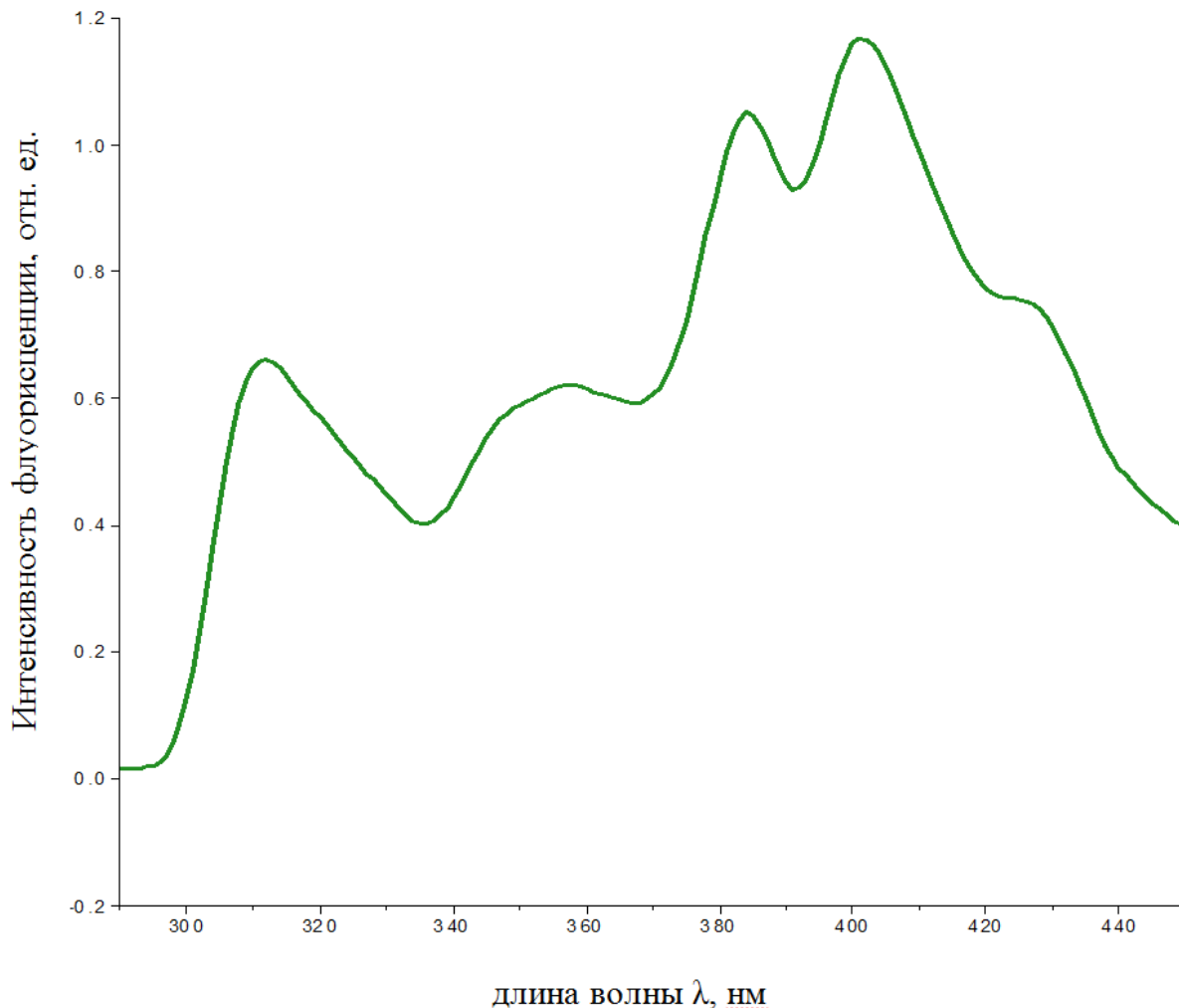


Рис. 2. Спектр флуоресценции бензина марки АИ-95-К5 «G-Drive»

На рис. 2 видно, что в спектре флуоресценции бензина марки АИ-95-К5 «G-Drive» наблюдаются три интенсивных максимума в области 312, 384 и 401 нм, а также «плечо» в интервале от 357 до 428 нм, что является характерным для высокооктановых бензинов [4, 5]. Максимумы флуоресценции в диапазоне длин волн выше 400 нм связаны с наличием в экстрактах смолистых компонентов и окисленных структур.

На рисунке 3 представлены спектр флуоресценции напольного покрытия Tarkett Sprint Pro Pablo 4 сожженного без использования ЛВЖ и совместно с бензином марки АИ-92-К5. Из рисунка видно, что в исследуемой пробе наблюдается пик в диапазоне от 300 до 330 нм, что свидетельствует о присутствии следов бензина марки АИ-92-К5.

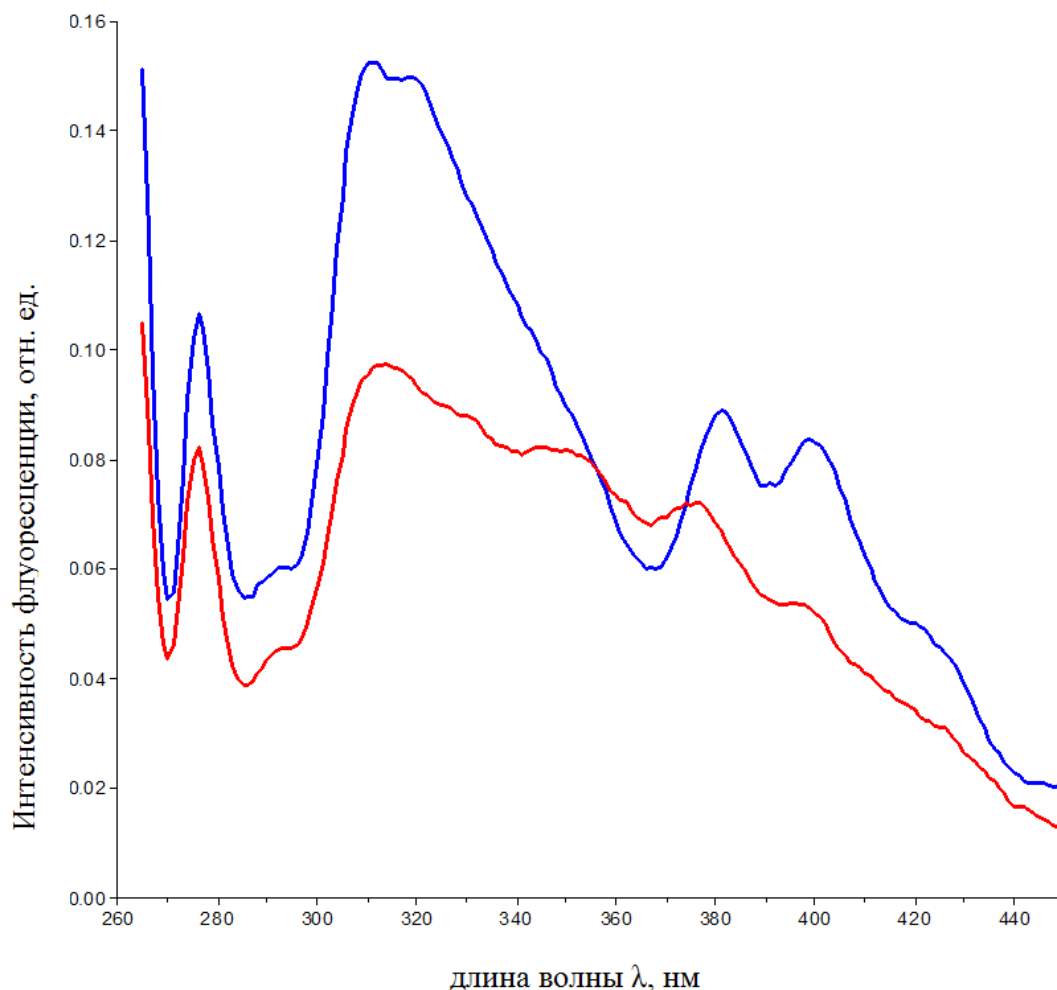


Рис. 3. Спектры флуоресценции:

- спектр флуоресценции бензина марки АИ-92-К5,
выжженного на напольном покрытии Tarkett Sprint Pro Pablo 4;
- спектр флуоресценции напольного покрытия Tarkett Sprint Pro Pablo 4

На рис. 4 представлены спектры флуоресценции экстрактов копоти, образовавшейся при сжигании коврового покрытия из искусственного ворса на основе нейлона (отдельно и с бензином марки АИ-95G-Drive). Видно, что в спектре флуоресценции коврового покрытия из искусственного ворса наблюдаются один интенсивный максимума в области 360 нм.

При совместном сжигании коврового покрытия из искусственного ворса на основе нейлона с бензином марки АИ-95-К5 наблюдается существенное изменение профиля флуоресценции экстрактов. Уменьшается интенсивность флуоресценции, исчезает характерный для коврового покрытия максимум в области 360 нм, что, вероятно связано с более полным сгоранием материала в присутствии бензина. Также в спектре появляются максимумы в области 401 и 430 нм, характерные для бензина марки АИ-95-К5. Все же этот спектр подобен спектру исходного коврового покрытия, из чего следует, что диагностика ЛВЖ на нем по данным флуоресцентной спектроскопии затруднена.

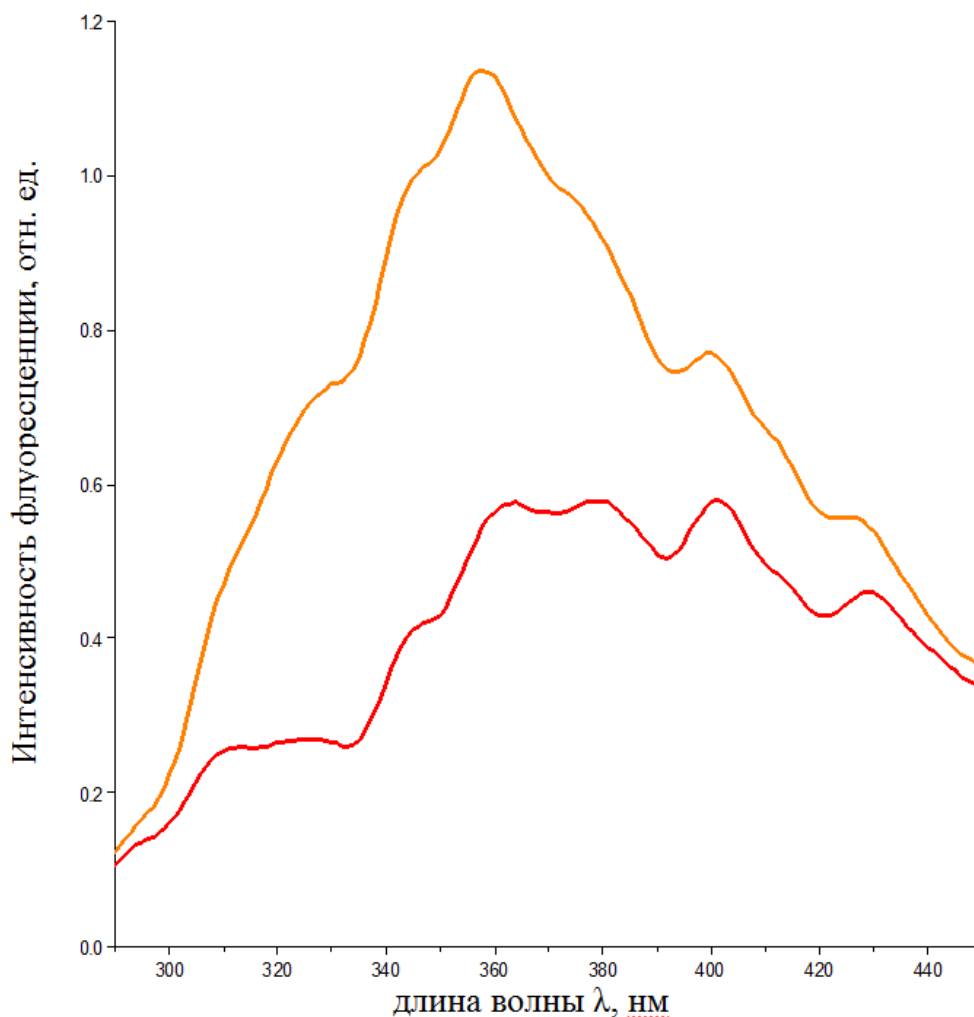


Рис. 4. Спектр флуоресценции коврового покрытия из искусственного ворса на основе нейлона (верхний – без бензина, нижний – с бензином марки АИ-95-К5 «G-Drive»)

Таким образом, в ходе экспертного исследования получены спектральные данные потенциальных средств поджога – бензина неэтилированного АИ-92-К5 и бензина марки АИ-95-К5, а также напольного покрытия Tarkett Sprint Pro 4 и коврового покрытия из искусственного ворса. Показано, что следы исследованных ЛВЖ могут быть обнаружены даже в случае «загрязнения» пробы продуктами сгорания различных напольных покрытий.

По результатам проведенного методом флуоресцентной спектроскопии исследования можно констатировать, что в исследованных образцах обнаружены продукты, свойственные для бензинов марок АИ-92-К5 и АИ-95-К5. Экспериментально выявленные особенности химического состава экстрактов при сгорании нативных бензинов и сожженных на напольных покрытиях имеют весьма информативный характер, так как демонстрируют возможность выявления и диагностики следов ЛВЖ и ГЖ, оседающих с сажевыми частицами на различных поверхностях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. http://complect-com.ru/files/certification/sprint_pro_expert2.pdf
2. Федеральный закон от 22.07.2008 №123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности».
3. Чешко И.Д., Галишев М.А., Шарапов С.В., Кривых Н.Н. Техническое обеспечение расследования поджогов, совершенных с применением инициаторов горения /Под ред. д.в.н., профессора В.С. Артамонова, СПб.: Санкт-Петербургский университет МВД России, 2000. –103 с.
4. Галишев М.А., Дементьев Ф.А., Медведев А.Ю. Исследование отложений копоти на строительных конструкциях после пожара // Пожарная безопасность объектов капитального строительства. Нормативы, проектирование, устройство и эксплуатация: Материалы международной научно-технической конференции / Сост. С.А. Турсенев, А.В. Зыков и др. – СПб.: ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России», Центр деловых коммуникаций «КОНТАКТ», 2019. – С. 104 – 109.
5. Сторонкина О.Е., Мочалова Т.А., Кочетова А.А. Возможности спектральных исследований копоти при выявлении причин возгорания автотранспортных средств // Современные проблемы гражданской защиты. 2021. №4(41). С. 126-131.

УДК 614.841.411

С. Н. Наконечный

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

ИЗУЧЕНИЕ ПРОЦЕССА САМОВОСПЛАМЕНЕНИЯ ДРЕВЕСИНЫ ЕЛИ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ТЕПЛОвого ПОТОКА

Аннотация: Целью данной работы является изучение процесса самовоспламенения образцов древесины ели, обработанных огнезащитным составом, с использованием установки по определению групп воспламеняемости строительных материалов. Полученные результаты содержат данные по значениям времени самовоспламенения исследованных образцов и критической поверхностной плотности теплового потока.

Ключевые слова: древесина, ель, процесс самовоспламенения, тепловой поток; огнезащита.

S. N. Nakonechnyy

STUDYING THE PROCESS OF SELF-IGNITION OF SPRUCE WOOD UNDER EXPOSURE TO A HEAT FLOW

Abstract: The purpose of this work is to study the process of self-ignition of spruce wood samples treated with a fire retardant composition using an installation for determining the flammability groups of building materials. The results obtained contain data on the val-

ues of the autoignition time of the studied samples and the critical surface density of the heat flux.

Key words: wood, spruce, self-ignition process, heat flux; fire protection.

В данной работе исследован характер самовоспламенения образцов древесины ели при 15- и 30-минутной интенсивности нагрева до $T = 1000$ °С, проведено изучение поведения образцов материалов по методике, описанной в ГОСТ 30402-96 [1] (без использования пламенного горения – газовой горелки как источника зажигания паровоздушной смеси) при воздействии на них теплового потока от трубчатых электронагревателей (ТЭНов) установки «ВСМ» (определении параметров самовоспламенения).

Для получения сходимых результатов была проведена градуировка испытательного оборудования (экспериментальной установки «ВСМ») с помощью измерителя плотности теплового потока ИПП-2 (рис. 1) в пределах от 20 до 500°С (в целях снижения погрешности измерений при более высоких температурах из-за чувствительности измерителя ИПП-2). По полученным данным был построен график зависимости значений плотности теплового потока от температуры $q_{\text{ППП}}, \text{кВт/м}^2 = f(t, ^\circ\text{C})$, определен закон распределения полученной зависимости и проведена экстраполяция графика данных до значений свыше 50,6 кВт/м².

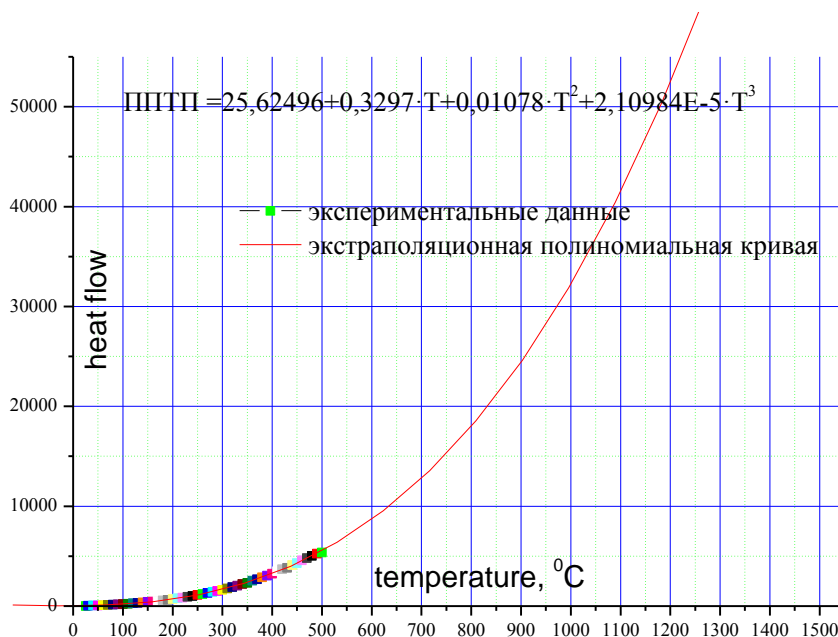


Рис.1. Результаты градуировки испытательного оборудования на воспламеняемость (установки «ВСМ»).

Вторым этапом работы было исследование процесса самовоспламенения для образцов материалов при 15- и 30-минутном нагреве до $T = 1000$ °С. В экспериментах использовались образцы древесины ели. Испытания проводились по методике ГОСТ 30402-96. Для испытания подготовили образцы материала, имеющие форму квадрата со стороной 165 (-5) мм, толщиной не более 70 мм.

Результаты испытаний представлены в табл. 1.

Таблица 1. Результаты испытаний на самовоспламеняемость необработанной древесины ели при 15- и 30-минутном нагреве до температур $T=1000\text{ }^{\circ}\text{C}$

| №, п/п | Порода древесины | $\tau_{\text{нагр}}$, мин. | $t_{\text{св}}$, $^{\circ}\text{C}$ | ПТП, кВт/м ² | $q_{\text{св}}$, кВт/м ² среднее | $\tau_{\text{св}}$, сек | $\tau_{\text{свср}}$, сек среднее |
|--------|------------------|-----------------------------|--------------------------------------|-------------------------|--|--------------------------|------------------------------------|
| 1 | ель | 15 | 692 | 13,0 | 13,1 | 631 | 638 |
| 2 | | | 695 | 13,0 | | 636 | |
| 3 | | | 715 | 13,2 | | 647 | |
| 4 | | 30 | 706 | 13,1 | 13,2 | 1225 | 1240 |
| 5 | | | 716 | 13,2 | | 1231 | |
| 6 | | | 720 | 13,3 | | 1264 | |

Проведя испытания по изучению процесса самовоспламенения образцов древесины ели, следующим этапом нашей работы было исследование влияние огнебиозащитного состава на поведение образцов древесины.

В данной работе рассмотрено изучение возможностей пропиточного состава, который должен обладать необходимыми огне- и биозащитными свойствами и при этом состоять из доступных недорогих компонентов. В состав огнебиозащитного средства были включены сульфат аммония, аммофос, ортофосфорная кислота, раствор аммиака и жидкое стекло. Более подробно компоненты огнебиозащитного состава рассмотрены в предыдущих работах [2].

В качестве образцов были взяты обработанные образцы древесины ели с расходом разработанного огнебиозащитного состава 600 г/м². До обработки средняя масса образцов находилась в пределах 920 грамм, после обработки – в пределах 980 грамм. Для более полной оценки влияния огнезащитного состава на поведение древесины, мы также провели серию испытаний образцов на самовоспламеняемость. Температура окружающей среды $t_{\text{oc}} = 22\text{ }^{\circ}\text{C}$. Результаты свели в табл. 2 и рис. 2.

Таблица 2. Результаты испытаний на самовоспламеняемость образцов древесины ели, обработанных огнебиозащитным составом (расход 600 г/м²) при 15- и 30-минутном нагреве до температур $T=1000\text{ }^{\circ}\text{C}$

| №, п/п | Порода древесины | $\tau_{\text{нагр}}$, мин. | $t_{\text{св}}$, $^{\circ}\text{C}$ | $q_{\text{в}}$, кВт/м ² | $q_{\text{в}}$, кВт/м ² среднее | $\tau_{\text{св}}$, сек | $\tau_{\text{свср}}$, сек среднее |
|--------|------------------|-----------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|---|--------------------------|------------------------------------|
| 1 | ель | 15 | 790 | 18,2 | 18,1 | 845 | 831 |
| 2 | | | 787 | 18,1 | | 822 | |
| 3 | | | 787 | 18,1 | | 826 | |
| 4 | | 30 | 821 | 19,0 | 19,0 | 1518 | 1530 |
| 5 | | | 833 | 19,2 | | 1545 | |
| 6 | | | 829 | 19,0 | | 1527 | |

Как видно из полученных результатов, применение огнезащитных пропиточных составов не в состоянии перевести защищаемую древесину из группы воспламеняемости В3 (легковоспламеняемые), но при этом позволяет существенно увеличить время теплового воздействия до наступления процесса самовоспламенения. Критическая плотность поверхностных тепловых потоков, установленная в экспериментах по оценке самовоспламенения незащищенной древесины находится в пределах 13–14 кВт/м², у огнезащищенной древесины — 18–19 кВт/м².

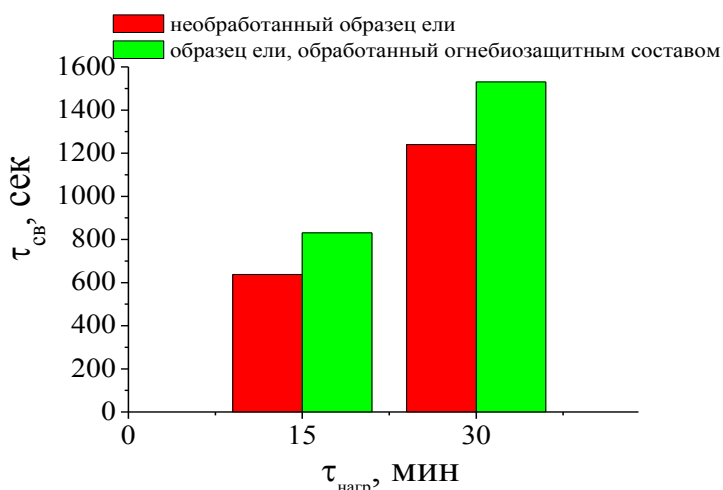


Рис. 2. Результаты испытаний на самовоспламеняемость необработанных и обработанных огнебиозащитным составом образцов древесины ели
 $\tau_{\text{св}}, \text{сек} = f(t_{\text{нагр}}, \text{мин.})$

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 30402-96. Материалы строительные. Метод испытания на воспламеняемость. – Введ. 1996-07-01. М.: Изд-во стандартов, 1996, 33 с.
2. *Порядоchnова К.А., Наконечный С.Н., Трунтов Д.А.* Изучение влияния компонентов огнезащитного состава на параметры процесса воспламенения древесины // Проблемы экологии и экологической безопасности. Создание новых полимерных материалов: сб. материалов VII Международной заочной научно-практической конференции, посвященной Всемирному дню охраны окружающей среды. – Минск: УГЗ, 2020. – 356 с. ISBN 978-985-590-097-0.

УДК 614.84

Е. А. Паннадий, Н. А. Таратанов

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

**УСЛОВИЯ ПРИМЕНЕНИЯ МАГНИТНОГО МЕТОДА
ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СТЕПЕНИ ТЕРМИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ
ПОЖАРА**

Аннотация: в данной работе рассмотрены особенности применения специальных знаний при расследовании пожаров в автомобилях, путем получения практических навыков проведения экспертного исследования причины пожара в автотранспортном средстве. В ходе выполненной работы произведен экспертный анализ возникновения и развития пожара произошедшего в автомобиле «Газель» с использованием полевых методов.

Ключевые слова: автотранспортное средство (АТС), инструментальные методы, экспертный анализ, пожар.

E. A. Pannadiy, N. A. Taratanov

CONDITIONS FOR THE USE OF THE MAGNETIC METHOD TO DETERMINE THE DEGREE OF THERMAL EFFECTS OF FIRE

Abstract: in this paper, the features of the application of special knowledge in the investigation of fires in cars are considered, by obtaining practical skills in conducting an expert study of the cause of a fire in a motor vehicle. In the course of the work performed, an expert analysis of the occurrence and development of the fire that occurred in the Gazelle car was carried out using field methods.

Keywords: motor vehicle, instrumental methods, expert analysis, fire.

Пожары в автотранспортных средствах по своему количеству занимают второе место после пожаров в жилом секторе. У большинства людей складывается убеждение, что пожар автомобиля – явление исключительное, стихийное, которое возникает само по себе. Но это мнение остается до той поры, пока конкретный человек не станет участником этого события. Только тогда в полной мере осознается необходимость установления причины пожара. И это не только и не столько с точки зрения профилактики, сколько для того, чтобы решить вопросы, связанные с выплатой страхового возмещения и установлением виновной стороны.

В настоящее время методическое обеспечение исследования обстоятельств пожаров автомобилей является довольно слабо развитым, что в значительной мере затрудняет достижение результата в работе специалистов и дознавателей даже при решении сравнительно несложных задач, связанных с установлением причины возникновения пожара именно этим обусловлена актуальность выбранной темы выпускной квалификационной работы.

Данная работа показывает современные возможности проведения исследований с целью установления обстоятельств возникновения пожара в автомобиле. Рассматриваются также наиболее важные правовые вопросы организации и проведения этой работы.

Целью работы явилось изучение особенности применения специальных знаний при расследовании пожаров в автомобилях, путем получения практических навыков проведения экспертного исследования причины пожара в автотранспортном средстве (см. рис. 1).



Рис. 1. Общий вид автомобиля

В ходе внешнего осмотра установлено, что автомобиль, который находится на улице, имеет обширные повреждения по всей площади. Остекление автомобиля полностью уничтожено. В передней части наблюдается выгорание лакокрасочного покрытия по всей площади. Передний бампер в западной части автомобиля имеет локальный участок, который полностью уничтожен огнем. Передние блок фары, а также близлежащие элементы уничтожены огнем полностью. Осмотром левой части (по ходу движения) установлено выгорание лакокрасочного покрытия в передней части, и в районе заднего левого колеса. В задней части имеется локальное выгорание лакокрасочного покрытия в районе арки колеса. Данное выгорание в форме конуса, вершина которого направлена вниз. Осмотром правой стороны автомобиля установлено, что в нижней части кузовных элементов имеется сохранившееся лакокрасочное покрытие в нижней части, по мере удаления в заднюю часть автомобиля площадь сохранившегося лакокрасочного покрытия увеличивается. Осмотром гаража установлено, что он имеет наслоение копоти по всей площади. На восточной стене в центральной части имеется выгорание копоти в форме конуса вершина которого направлена вниз. На восточной стене при осмотре пожарного щита установлено, что он имеет обугливание краски с северной стороны, с южной стороны термические повреждения отсутствуют.

С целью получения информации о тепловом воздействии на металлическую трубу, которая проходит по всей длине восточной стены гаража, был применен метод измерения остаточного намагничивания холоднодеформированных изделий, с помощью импульсного коэрцитиметра «КИМ-2М».



Рис. 2. Схема мест замеров значений коэрцитивной силы

На вышеприведенной схеме, с экрана измерительного блока снимались показания величины коэрцитивной силы. В каждой точке проводились измерения не менее 6 раз. Затем вычислялось среднее арифметическое значение величины коэрцитивной силы.

По результатам проведенного исследования, поверхности трубы, наименьшее значение величин коэрцитивной силы наблюдается в центральной части, что свидетельствует о более длительном воздействии огня и высоких температур на поверхность металла, по сравнению с остальной поверхностью. Кроме того, на поверхности трубы можно проследить постепенное увеличение интенсивности воздействия огня на краях её. Таким образом, на данном этапе исследования, можно сделать вывод, что наибольшие термические повреждения расположены в двух зонах, а именно в передней части автомобиля, и в гараже в центральной части на восточной стене.

Так как в месте расположения очага пожара были сосредоточены узлы топливной системы автомобиля, в виде трубок топливопроводов и топливных шлангов, закрепленных хомутами. Все резиновые детали топливной системы в данном месте полностью выгорели, ввиду чего оценить их техническое состояние не представляется возможным. В ходе изучения обстоятельств происшествия было установлено, что до пожара машина эксплуатировалась, и после остановки двигателя и обнаружением пожара прошло около 5 минут.

По итогам всех измерений можно сделать вывод, что наиболее вероятной причиной возникновения пожара явилось загорание паров ЛВЖ или ГЖ при его утечке вследствие контакта с разогретыми деталями двигателя или выхлопной системы, но также полностью нельзя исключить электротехническую версию возникновения пожара.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Таратанов, Н.А. Эффективность применения полевых инструментальных методов при установлении очага пожара / Н. А. Таратанов, Т. А. Мочалова, О.Е. Сторонкина // Актуальные проблемы пожарной безопасности: Материалы XXXII Международной научно-практической конференции, Балашиха, 05–06 ноября 2020 года. Балашиха: ВНИИПО, 2020. С. 543-549. EDN SXKTNS.
2. Карасев, Е.В. Исследование процесса возникновения и развития пожара на объекте строительной техники / Е.В. Карасев, Н.А. Таратанов, Н.Б. Чурбанов // Пожарная и аварийная безопасность. 2021. № 2(21). С. 26-39. EDN HSIWWZ.

УДК 614.84

И. Е. Поляков, Н. А. Таратанов

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДА ИК-СПЕКТРОСКОПИИ ПРИ ПОЖАРНО-ТЕХНИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ НЕОРГАНИЧЕСКИХ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ И КОНСТРУКЦИЙ

Аннотация: в данной статье приведены теоретические основы инфракрасной спектроскопии при исследовании неорганических веществ и материалов, применяемых при отделке и строительстве. В работе рассматриваются основные физико-химические свойства неорганических материалов и поведение их в условиях пожара, а также практическое использование инфракрасной спектроскопии в экспертной практике.

Ключевые слова: инфракрасная спектроскопия, условия пожара, пожарно-техническая экспертиза, расследование пожара, неорганические строительные материалы.

I. E. Polyakov, N. A. Taratanov

THE USE OF THE IR SPECTROSCOPY METHOD IN FIRE-TECHNICAL STUDIES OF INORGANIC BUILDING MATERIALS AND STRUCTURES

Abstract: this article describes the theoretical basis of infrared spectroscopy in the study of inorganic substances and materials used in the decoration and construction before

and after the fire. The work covers the fundamental physical and chemical properties of inorganic materials and their behavior in fire condition, as well as the practical use of infrared spectroscopy in expert practice.

Key words: infrared spectroscopy, the conditions of fire, fire-technical examination, fire investigation, inorganic building materials.

Инфракрасная спектроскопия (ИК-спектроскопия) – раздел молекулярной оптической спектроскопии, изучающий спектры поглощения и отражения электромагнитного излучения в инфракрасной области. Метод ИК-спектроскопии является универсальным физико-химическим методом, который применяется в исследовании структурных особенностей различных органических и неорганических соединений. ИК-излучение также называют «тепловым» излучением, т.к. все материалы (твёрдые и жидкие), нагретые до определённой температуры, излучают энергию в инфракрасном спектре. При этом длины волн, излучаемые телом, зависят от температуры нагревания: чем выше температура, тем короче длина волны и выше интенсивность излучения.

В неорганических соединениях содержатся одинаковые структурные элементы – многоатомные ионы, входящие в состав кристаллических решеток, молекулы и устойчивые группировки атомов. Благодаря свойствам колебаний молекул и кристаллов, а также оптическим особенностям спектральных приборов спектр пропускания регистрируется в виде полос различной формы и интенсивности, имеющих определенное значение максимумов поглощения. Важнейшими характеристиками спектра являются: положение максимумов полос поглощения, интенсивность полос, форма полос [1–5].

Метод ИК-спектроскопии широко применяется при исследовании разнообразных объектов в рамках судебной пожарно-технической экспертизы. В частности, для пожарно-технических экспертов и специалистов важно понимать, как изменяется структура неорганических строительных материалов в условиях пожара.

Метод ИК-спектроскопии позволяет решать такие вопросы как:

- выявление зон термических поражений;
- оценка температуры прогрева неорганических веществ и материалов.

При строительстве и отделке зданий и сооружений с древних времен применяют неорганические материалы. По способу получения неорганические материалы разделяют на два типа (полученные обжиговым и безобжиговым способом). Для пожарно-технического эксперта представляют наибольший интерес, материалы, полученные безобжиговым способом.

В обычных условиях на материалы воздействуют различные внешние факторы, которые представлены на рис. 1.

Перечисленные внешние факторы влияют на долговечность материала (ухудшение его свойств в течение времени нормальной эксплуатации). Чем они агрессивнее воздействуют на материал, тем быстрее изменяются его свойства, разрушается структура. При пожаре, помимо перечисленных, на материал воздействуют и значительно более агрессивные факторы (рис. 2).

РАЗДЕЛ II. АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И ПРОБЛЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ



Рис. 1. Внешние факторы воздействующие на материалы

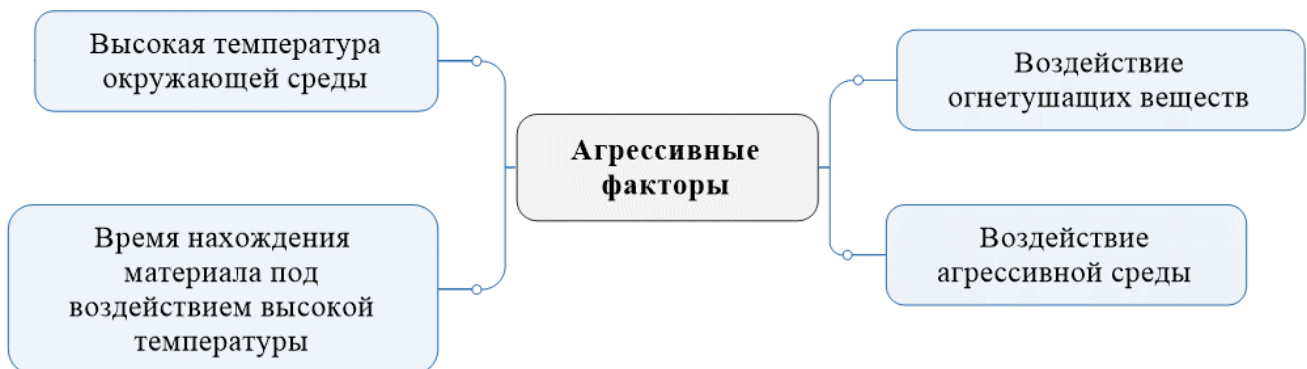


Рис. 2. Агрессивные факторы воздействующие на материалы

Неорганические материалы при воздействии огня претерпевают в начале свободное тепловое расширение, освобождаясь от физически связанной влаги в порах материала. Это не приводит, как правило, к снижению прочности и даже может наблюдаться ее рост при спокойном удалении свободной влаги. Затем в результате действия химических процессов дегидратации (если материал содержит химически связанную влагу) и диссоциации материал претерпевает постепенное разрушение (снижение прочности практически до нуля).

В экспертной практике ИК-спектроскопия находит свое практическое применение при установлении природы (функционального состава) изъятых с места пожара различных веществ и материалов (рис. 3).



Рис. 3. Объекты исследования

Метод ИК-спектроскопии при исследовании твердых и жидких веществ и материалов дает качественную оценку температуры и степени термического разложения материала по внешнему виду спектра – наличию в нем соответствующих полос поглощения и их интенсивности, что позволяет производить количественную оценку степени термического поражения проб материалов для выявления зон термических поражений на месте пожара, используя спектральные критерии [3].

Подводя итог выше сказанномк можно сделать следующий вывод, что метод ИК-спектроскопии позволяет наиболее однозначно интерпретировать результаты, полученные в ходе судебной пожарно-технической экспертизы. Данный метод направлен на решение идентификационных, классификационных и диагностических задачи. Данный метод на сегодняшний день является одним из наиболее распространенных методов исследования строительных неорганических материалов в судебной пожарно-технической экспертизе.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Накамото К. ИК спектры и спектры КР неорганических и координационных соединений. М.: Мир, 1991. 536 с.
2. Тарасевич Б.Н. Основы ИК спектроскопии с преобразованием Фурье. Подготовка проб в ИК спектроскопии. М.: МГУ, 2012. 22 с.
3. Андреева Е.Д., Чешко И.Д. Применение ИК-спектроскопии при исследовании объектов, изъятых с места пожара: Методическое пособие. М.: ВНИИПО, 2010. 91 с.
4. Мартынов, И.М. Цементный камень как объект изучения в судебно-экспертной практике / И.М. Мартынов, А.А. Воронцова, Н.А. Таратанов // Современные пожаробезопасные материалы и технологии : сборник материалов Международной научно-практической конференции, посвященной Году культуры безопасности, Иваново, 19 сентября 2018 года. Иваново: Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2018. С. 102–105. EDN VTFAXI.
5. Огнева, М. М. Инфракрасная спектроскопия при исследовании органических материалов / М. М. Огнева, Н. А. Таратанов // Современные пожаробезопасные мате-

риалы и технологии: сборник материалов IV международной научно-практической конференции, посвященной 30-й годовщине МЧС России, Иваново, 15 октября 2020 года. Иваново: Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2020. С. 89–91. EDN JQDYML.

УДК 614.84

К. А. Саблина, Н. А. Таратанов

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

ПРИМЕНЕНИЯ РЕНТГЕНОСТРУКТУРНОГО АНАЛИЗА ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ МЕДНЫХ ПРОВОДНИКОВ В РАМКАХ ПОЖАРНО-ТЕХНИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Аннотация: в данной статье приведены теоретические основы рентгеноструктурного анализа при исследовании медных проводников. В работе рассматриваются основные аварийные режимы, приводящие к возникновению загораний кабелей и поведение их в условиях пожара, а также практическое использование рентгеноструктурного анализа в экспертной практике.

Ключевые слова: рентгеноструктурный анализ, короткое замыкание, пожарно-техническая экспертиза, расследование пожара, проводники.

K. A. Sablina, N. A. Taratanov

APPLICATIONS OF X-RAY DIFFRACTION ANALYSIS IN THE STUDY OF COPPER CONDUCTORS IN THE FRAMEWORK OF FIRE-TECHNICAL RESEARCH

Abstract: this article presents the theoretical foundations of X-ray diffraction analysis in the study of copper conductors. The paper discusses the main emergency modes that lead to the occurrence of cable fires and their behavior in fire conditions, as well as the practical use of X-ray diffraction analysis in expert practice.

Keywords: x-ray diffraction analysis, short circuit, fire technical expertise, fire investigation, conductors.

Основными аварийными режимами, приводящими к возникновению загораний кабелей, являются электродуговые режимы, а также режимы сверхтоков, которые могут иметь место при коротких замыканиях (КЗ) или перегрузках. Если рассматривать как единое целое комплекс имеющихся на вооружении пожарно-технического эксперта инструментальных методик анализа компонентов электросетей, к наиболее существенным проблемам можно отнести отсут-

ствие методического обеспечения исследования следов оксида меди (Cu_2O) на поверхности медных проводников при определении первичности или вторичности короткого замыкания.

Все вышесказанное указывает на необходимость совершенствования существующих экспертных методик, поиска новых, дополнительных признаков, которые позволили бы повысить надежность и достоверность определения природы оплавлений медных проводников.

В данной работе уделено особое внимание исследованию природы оплавлений медных проводников, методом рентгеноструктурного анализа. Так как он является не разрушительным методом и по сравнению с металлографией занимает меньше времени при ее выполнении.

Все испытательные лаборатории и учебные заведения МЧС России оснащены рентгеновскими дифрактометрами ДР-01 "РАДИАН" (рис.1).

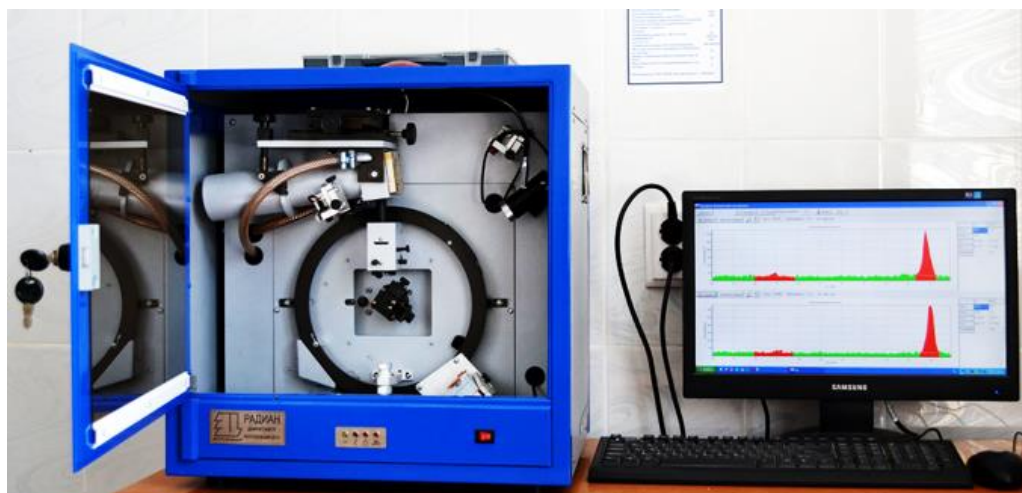


Рис. 1. Рентгеновский дифрактометр ДР-01 "РАДИАН"

Рентгеновский дифрактометр ДР-01 "РАДИАН" предназначен для решения экспертно-криминалистических задач: исследованию различных твердых материалов, веществ и изделий, имеющих кристаллическую структуру; исследованию электротехнических изделий при решении вопроса об их причастности к возникновению пожара.

Для разработки условий применения рентгеноструктурного анализа при исследовании медных проводников в рамках пожарно-технических исследований было проделано моделирование пожароопасных аварийных режимов работы электросети на установке, изготовленной на кафедре государственного надзора и экспертизы пожаров (в составе УНК «Государственный надзор»). Практические эксперименты по получению фрагментов электропроводки с признаками короткого замыкания осуществлялись на проводниках различного сечения и жильности.

Базируясь на литературные источники и проведенные практические эксперименты, был выявлен ряд проблем при анализе дифрактограмм при установлении момента короткого замыкания.

Одним, из которых является неправильное автоматическое выделение границ рассчитываемых пиков программой «FTE – Пожарно-техническая экспертиза» и расчетное отношение интегральных интенсивностей участка А к участку В равным значением находящимся в пределах от 0.5 до 2, что не может дать однозначного определения момента оплавления (вероятность вторичного замыкания). Данное выделение необходимо снять и самостоятельно задать границы дифракционных максимумов (пиков). На данных дифрактограммах красным цветом представлено автоматическое выделение пиков, а синим цветом – область, выделенная вручную.

При обработке дифрактограмм в ручном режиме, отношение интегральных интенсивностей будет больше. Следовательно, можно сделать вывод, что данное оплавление имеет характерные признаки короткого замыкания, образовавшегося в условиях до пожара.

Вторым выявленным недостатком является появление раздвоенных пиков. Данное явление может возникать в результате неточной юстировки и выравнивания образца в держателе. Особенно часто это проявляется на многожильных проводниках.

Для устранения данной проблемы необходимо уделить особое внимание юстировке исследуемого проводника, с повторной съемкой объекта исследования.

Также наряду с ранее выявленными проблемными моментами при производстве исследований медных проводников методом рентгеноструктурного анализа присутствует *третий недостаток*, к которому относится большой уровень фона.

При автоматической обработке происходит отделение пика, в результате чего отрезается часть пика при расчете площади данного пика. Причиной этого служит не горизонтальный фон на дифрактограмме, а также в случае с раздвоенным дифракционным максимумом.

Для того, чтобы устранить данную проблему необходимо переснять дифрактограмму и воспользоваться функцией «вычистить фон» программного обеспечения FTE, что позволит увеличить точность расчета площади пика с определением границ фазовых пиков.

В процессе прохождения преддипломной практики проведенные мною теоретические и практические исследования нашли отражение при установлении причины пожара. На котором были изъяты фрагменты электропроводов с характерными признаками короткого замыкания. Результаты исследования представлены на рисунке.

В результате обработки полученных пиков дифрактограмм в автоматическом режиме и расчетное отношение интегральных интенсивностей участка А к участку В равно 1,7, и данное значение находится в пределах от 0,5 до 2, что не может дать однозначного определения момента оплавления (вероятность вто-

ричного замыкания). При обработке дифрактограмм в ручном режиме, отношение интегральных интенсивностей равно 16,9.

Следовательно, можно сделать вывод, что данное оплавление имеет характерные признаки короткого замыкания, которое стало причиной пожара.

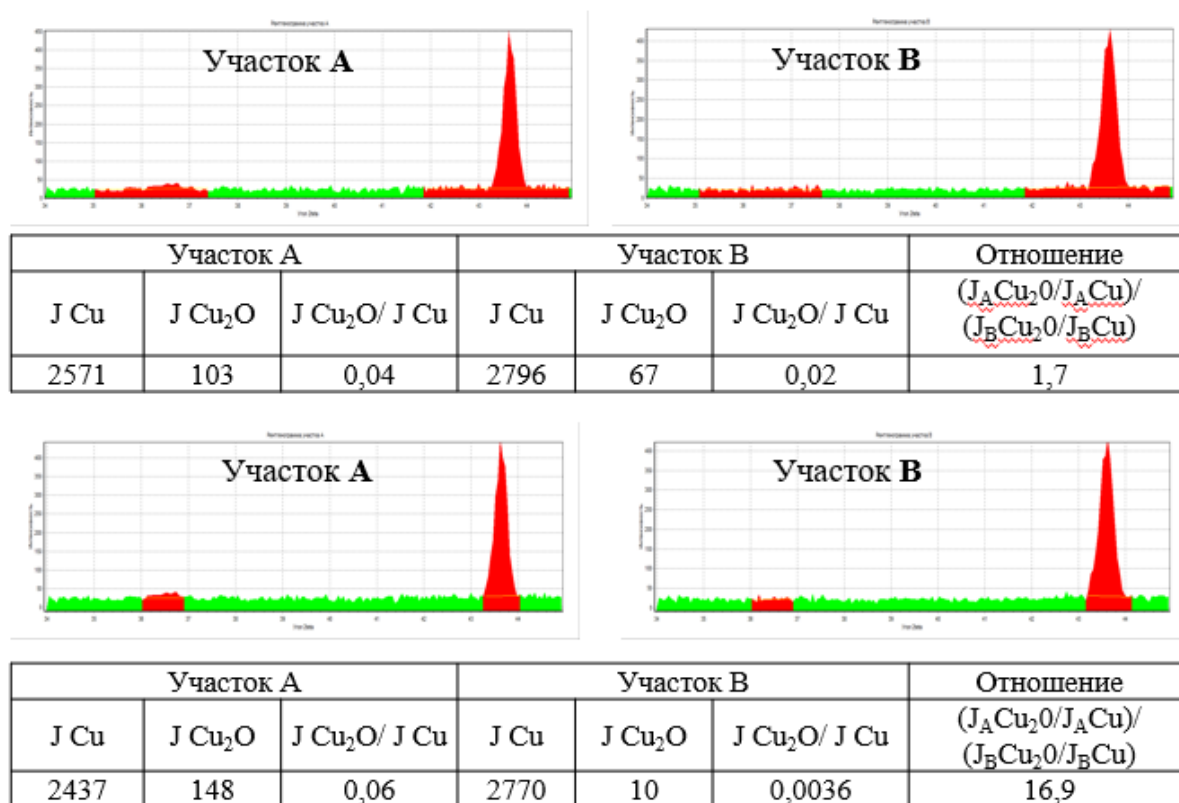


Рис. 2. Результат обработки полученных пиков дифрактограмм в автоматическом (верхнее) и ручном режиме (нижнее)

Из выше сказанного следует, что установление причин пожаров, связанных с аварийными режимами работы электросетей и установок, требует объективного исследования устройств, оплавлений и других материальных носителей доказательственной информации на основе строгих научно обоснованных методик. Качественные же исследования невозможно осуществлять без должной подготовки специалистов МЧС России пожарно-технического профиля. На данном примере наглядно показано, что некорректная юстировка образца приводит к неточному определению границ пиков необходимых для расчета фаз, может повлиять на конечный результат и как следствие на неправильную квалификацию происшествия.

Проведенные исследования легли в основу технического заключения по факту пожара.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мокряк А.Ю., Тверьянович З.И., Чешко И.Д., Соколова А.Н. Металлографический и морфологический атлас объектов, изымаемых с мест пожаров. – М.: ВНИИ-ПО, 2008. - 184 с.
2. Мокряк А.Ю., Чешко И.Д., Бельшина Ю.Н. Металлографические и морфологические исследования металлических объектов судебной пожарно-технической экспертизы: Учебное пособие. – СПб.: Санкт-Петербургский университет ГПС, 2016. - 180 с.
3. Экспертное исследование после пожара медных проводников: методические рекомендации / А.Ю. Мокряк, И.Д. Чешко, А.Ю. Парийская, В.Г. Плотников, С.В. Скодтаев, А.В. Мокряк. – СПб.: ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России, 2019. - 110 с.
4. Карасев, Е. В. Применение обучающего видеокурса по методам рентгеновской дифрактометрии в экспертизе пожаров / Е. В. Карасев, Н. А. Таратанов, А. А. Шавлюга // Актуальные вопросы естествознания : Материалы II Межвузовской научно-практической конференции, Иваново, 12 апреля 2017 года / Составитель: Н. Е. Егорова. – Иваново: Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2017. – С. 136-138. – EDN YOULCN.
5. Регланов, С. Е. Особенности исследования медных проводников методом рентгенофазового анализа в целях СПТЭ / С. Е. Регланов, Н. А. Таратанов, Е. В. Карасев // Современные пожаробезопасные материалы и технологии : Сборник материалов Международной научно-практической конференции, посвященной 370-й годовщине образования пожарной охраны России, Иваново, 11 декабря 2019 года. – Иваново: Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2019. – С. 185-189. – EDN TXWSOA.

УДК 614.841

О. Е. Сторонкина, Т. А. Мочалова

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

ОЦЕНКА ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ РАЗЛИЧНОГО ВОЛОКНИСТОГО СОСТАВА

Аннотация: в данной статье приведен анализ пожароопасных свойств различных текстильных материалов на основе определения кислородного индекса температуры самовоспламенения, исследований на воспламеняемость и распространение пламени.

Ключевые слова: текстильные материалы, температура самовоспламенения, кислородный индекс, распространение пламени, пожарно-техническая экспертиза.

O. E. Storonkina, T. A. Mochalova

FIRE HAZARD ASSESSMENT OF TEXTILE MATERIALS OF DIFFERENT FIBROUS COMPOSITION

Abstract: this article provides an analysis of the fire hazard properties of various textile materials based on the determination of the oxygen index of the autoignition temperature, studies on flammability and flame propagation.

Key words: textile materials, self-ignition temperature, oxygen index, flame propagation, fire-technical expertise.

Анализ пожаров, произошедших в жилых домах, где пожарная нагрузка составляют текстильные материалы (постельные принадлежности, покрывала, шторы и т.д.) показывает, что данные пожары характеризуются быстрой скоростью распространения.

Специалистами отмечается, что в настоящее время имеются трудности проведения экспертизы пожаров при оценке горючести текстильных материалов. Поэтому получение данных о пожарной опасности текстильных материалов различного волокнистого состава и функционального назначения представляет, как научный интерес, так практическое значение в целях оценки пожарной опасности и обеспечения пожарной безопасности объектов защиты, а также для прогнозирования и исследования развития пожара.

Текстильные и кожевенные материалы широко используются в зданиях и сооружениях различных классов функциональной пожарной опасности для изготовления многочисленных изделий, являются неотъемлемой частью интерьера объектов жилищного, производственного и социально-культурного назначения. Они традиционно используются в качестве элементов мягкой мебели, постельных принадлежностей, ковровых покрытий, стеновых материалов, штор, занавесей, паласов, гобеленов и др. При воздействии высоких температур эти материалы могут воспламеняться и гореть с образованием опасных факторов пожара. Практически все известные текстильные материалы горючи и распространяют пламя по поверхности. Большинство из них воспламеняется даже при воздействии малокалорийных источников зажигания, таких как непотушенные сигареты и горящие спички.

В данной работе в качестве объектов исследования были выбраны образцы тканей, состоящие из натуральных и синтетических волокон, применяемые при производстве постельных принадлежностей, покрывал, отделки мягкой мебели и т.д.

Температуру самовоспламенения образцов текстильных тканей измеряли на установке ОТП в соответствии с методикой [1], которая позволяет определять условия теплового самовозгорания материалов на основании предварительных экспериментальных исследований. Сущность метода состоит в определении температуры, при которой происходит воспламенение образца при

**РАЗДЕЛ II. АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И ПРОБЛЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ
ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ**

контакте продуктов термического разложения с источником зажигания. Метод реализуется в диапазоне температур от 25 до 600 °С (табл. 1).

Таблица 1. Значения температур самовоспламенения и времени воспламенения образцов текстильных материалов

| Наименование образца | Результаты эксперимента |
|---|--|
| Ткань верха бязь набивная, 100% хлопок; наполнитель синтепон с плотностью поверхности 150 г/м ² , 100% полиэфир. | T _{св} =120°С, τ=50 сек |
| Ткань верха тик с серебристым напылением, состав 100% полиэстер; наполнитель овечий пласт, состав 75% полиэфир, 25% овечья чесаная шерсть, плотность поверхности 300 г/м ² | T _{св} =189°С, τ=1 мин 05 сек |
| Ткань верха цветная таргалет (жатка) с плотностью поверхности 280 г/м ² , состав 100% полиэстер; наполнитель синтепон с плотностью поверхности 100 г/м ² , состав 100% полиэфир; подкладка низ (белый) микрофибра с плотностью поверхности 80 г/м ² , состав 100% полиэстер. | T _{св} =237°С, τ=1 мин 15сек |
| Ткань смесовая ST 1, состав 35% хлопок, 65% полиэстер | T _{св} =206°С, τ=45 сек |
| Ткань Бязь отбеленная, сорт 1, плотность поверхности 146 г/м ² , состав 100% хлопок. | T _{св} =187°С, τ=1 мин 17 сек |
| Ткань «Энигма», состав: 100% полиэстер; поверхностная плотность - 310 г/м ² | T _{св} =525°С, τ=1 мин |

Испытания на воспламеняемость исследуемых тканей проводили на установке Flame Resistance в соответствии с ГОСТ Р 50810-95 [2], устанавливающим метод определения способности текстильных материалов сопротивляться воспламенению, устойчивому горению, а также оценки их огнезащитности. В ходе испытаний регистрировались следующие параметры: время остаточного горения, длина выгоревшего участка поверхности образца, наличие загорания или тления хлопчатобумажной ваты от падающих частей или горящих капель испытуемого образца (табл. 2). По окончании испытаний измерялась длина обугленного участка.

По результатам проведенных испытаний выявлено, что воспламенение исследуемых образцов не вызывало затруднений, все образцы без исключения поддерживали самостоятельное горение. Образцы тканей, содержащие в составе синтетические волокна, при горении плавилась, образуя горящие капли, которые воспламеняли подстилающую хлопчатобумажную вату. В реальных условиях пожара данная особенность материалов может способствовать распространению горения и увеличению площади пожара.

Таблица 2. Оценка результатов на воспламеняемость

| Регистрируемые параметры | Номер образца | | | | | |
|-------------------------------------|---------------|-----|-----|-----|-----|-----|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Время зажигания с поверхности, с | - | - | - | - | - | - |
| Время зажигания с кромки, с | 5 | 5 | 5 | 3 | 3,5 | 1,5 |
| Время самостоятельного горения, с | 40 | 30 | 35 | 20 | 21 | 32 |
| Прогорание до кромки, с | 20 | 21 | 20 | 15 | 15 | 30 |
| Воспламенение хлопчатобумажной ваты | + | + | + | - | - | + |
| Длина обугленного участка, мм | 220 | 220 | 220 | 220 | 220 | 220 |
| Поверхностная вспышка | - | - | - | - | - | - |

Одним из наиболее универсальных показателей горючести волокнистых материалов, тканей, полимеров и изделий из них является значение кислородного индекса (КИ) [3, 4]. Его величина определяется процентным содержанием кислорода в окружающей атмосфере, при котором материал начинает поддерживать свечеобразное устойчивое пламенное горение. Результаты проведенных исследований представлены в табл. 3.

Таблица 3. Показатели кислородного индекса для исследованных образцов тканей

| Номер образца | Описание образца | КИ, % об. |
|---------------|---|-----------|
| 1 | Ткань верха бязь набивная, 100% хлопок; наполнитель синтепон с плотностью поверхности 150 г/м ² , 100% полиэфир. | 19 |
| 2 | Ткань верха тик с серебристым напылением, состав 100% полиэстер; наполнитель овечий пласт, состав 75% полиэфир, 25% овечья чесаная шерсть, плотность поверхности 300 г/м ² | 20 |
| 3 | Ткань верха цветная таргалет (жатка) с плотностью поверхности 280 г/м ² , состав 100% полиэстер; наполнитель синтепон с плотностью поверхности 100 г/м ² , состав 100% полиэфир; подкладка низ (белый) микрофибра с плотностью поверхности 80 г/м ² , состав 100% полиэстер. | 21 |
| 4 | Ткань смесовая ST 1, состав 35% хлопок, 65% полиэстер | 20 |
| 5 | Ткань Бязь отбеленная, сорт 1, плотность поверхности 146 г/м ² , состав 100% хлопок. | 17,2 |
| 6 | Ткань «Энигма», состав: 100% полиэстер; поверхностная плотность - 310 г/м ² | 21,8 |

По результатам проведенных испытаний выявлено, что пожароопасные свойства рассматриваемых тканей зависят от химического состава волокна (процентное соотношение хлопка и полимера в составе ткани) и от поверхностной плотности материалов (масса одного квадратного метра ткани в граммах на один квадратный метр). Проведенные испытания для тканей из хлопка показали величину кислородного индекса в среднем 17,2 % (образцы 5). Для смесовых тканей показатель КИ определяется наличием в материале двух или более различных по химической природе составляющих и поэтому находится внутри диапазона величин 19 – 22 %.

Полученные экспериментальные значения показателей пожарной опасности текстильных изделий являются важными оценочными характеристиками, позволяющими сделать выводы об их способности к возгоранию и распространению горения при воздействии тех или иных источников тепла, что представляет практический интерес для сотрудников и работников, осуществляющих экспертную деятельность. В ходе экспертной практики не раз отмечалась значимость подобных показателей для проведения теплофизических расчетов, по которым определяются основные пути развития пожара.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Методика определения условий теплового самовозгорания веществ и материалов. Разработана сотрудниками ФГУ ВНИИПО МЧС России: д.т.н., профессором Ю.Н. Шебеко; д.т.н., профессором В.И. Горшковым; к.т.н. И.А. Корольченко; А.С. Кухтиным; В.Л. Крыловым. Утверждена ФГУ ВНИИПО МЧС России 21.04.2004 г
2. ГОСТ Р 50810-95 «Пожарная безопасность текстильных материалов. Ткани декоративные. Метод испытания на воспламеняемость и классификация».
3. Спиридонова В.Г., Циркина О.Г., Никифоров А.Л. Оценка пожароопасных свойств текстильных материалов из целлюлозных и полиэфирных волокон // Современные пожаробезопасные материалы и технологии: сборник материалов III Международной научно-практической конференции, посвященной 370-й годовщине образования пожарной охраны России. Иваново, 2019. С. 210-217.
4. Сторонкина О.Е., Мочалова Т.А. Оценка пожароопасных показателей интерьерных тканей. Современные проблемы гражданской защиты. 2021. №2 (69). С. 96-101.

УДК 614.841.4

П. В. Темяков

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ И ПЛАМЕНИ

Аннотация: В данной статье рассматривается возможность применения способа тушения пламени за счет использования электромагнитного поля. Представлены виды и охарактеризованы возможные механизмы воздействия электромагнитной энергии на пламя. Кратко рассмотрена теория взаимодействия пламени с электромагнитным полем.

Ключевые слова: электромагнитное поле, ионный ветер, пламя, плазма.

P. V. Temjakov

INTERACTION OF ELECTROMAGNETIC FIELD AND FLAME

Abstract: This article discusses the possibility of using a method of extinguishing a flame by using an electromagnetic field. The types and possible mechanisms of the effect of electromagnetic energy on the flame are presented and characterized. The theory of flame interaction with an electromagnetic field is briefly considered.

Key words: electromagnetic field, ionic wind, flame, plasma.

Пламя представляет собой раскаленную газообразную среду, образующуюся при горении, в ряде случаев содержащую плазму и/или диспергированные твердые вещества, в которой происходят физико-химические превращения реагентов, приводящие к свечению, тепловыделению и саморазогреву.

В плазме пламени, в результате химической реакции, концентрация заряженных частиц составляет 10^{12} ионов/см³. Положительно и отрицательно заряженные частицы содержатся приблизительно в равном количестве. Распределение их по пламени не является однородным. Положительно заряженные частицы расположены по краю пламени, отрицательные в середине. Квазинейтральность, то есть равный нулю суммарный заряд в любом малом по сравнению с размерами системы объеме, и высокая энергоёмкость процесса с неравномерным распределением зарядов указывает на потенциальную перспективу воздействия электрического поля. Научный подход, в вопросе взаимодействия двух энергий различной природы и воздействие электрического поля на процесс горения исследовали ученые: А. Ф. Гаранин, П. К. Третьяков, А. В. Тупикин, Н. А. Исаев, Г. С. Столяренко, В. Н. Вязовик, О. В. Водяник, Ю. Д. Марцинишин и др.

Рассматривались три вида воздействия электрической энергии на пламя:

1. Переход энергии электрического поля в тепловую. Поскольку пламя с электрической точки зрения представляет собой сопротивление, то при продольном прохождении через него электрического тока происходит выделение

теплоты. При некоторых наложениях ожидается уменьшение поверхности горения при увеличении силы тока вплоть до дугового разряда.

2. Прямое воздействие электрического поля на процесс горения. При воздействии электрического поля в пламени увеличивается энергия электронов, создаются новые активные центры в виде свободных частиц, а также возрастает скорость горения смеси и происходит расширение пределов устойчивости за счет увеличения критической скорости срыва.

3. Ионный ветер. В данном случае происходит перемещение положительных электронов в пламени к отрицательному электроду, что влияет на геометрические размеры.

Кратко рассмотрим теорию взаимодействия пламени с электромагнитным полем. Заряженные частицы, входящие в состав пламени, взаимодействуют с электромагнитным полем и влияют на распространение радиоволн. Исследовать взаимодействие пламени и электромагнитного поля начали по двум причинам: во-первых, струя продуктов сгорания, вытекающая из сопла ракетного двигателя, влияет на распространение радиоволн, используемых для связи с летательным аппаратом, во-вторых, взаимодействие пламени с электромагнитным полем даст возможность определять концентрацию и частоту столкновений электронов, а также электропроводность пламени. Пламя может поглощать, отражать и преломлять электромагнитные волны. Влияние пламени на распространение электромагнитных волн зависит от соотношения между частотой падающей электромагнитной волны и плазменной, или ленгмюровской, частотой.

Рассмотрим, в чем заключается физический смысл плазменной частоты. Как известно, плазма представляет собой смесь заряженных положительно и отрицательно частиц (ионов и электронов). В целом плазма электрически нейтральна, т.е. суммарный заряд ионов нейтрализует заряд электронов. В результате флуктуации в плазме (в частности, в плазме пламени) возможно разделение зарядов. Электрическое поле будет действовать на электроны с определенной силой, в результате чего электроны переместятся на противоположную поверхность объема. Далее процесс повторится и будет аналогичен колебательному процессу маятника. При возмущении (вследствие флуктуации) квазинейтральной плазмы выведенные из состояния равновесия электроны должны начать колебания с частотой согласно классической электродинамике. Электромагнитные волны могут распространяться в плазме пламени в случае, если их частота выше плазменной. Волны, частота которых ниже плазменной, будут отражаться от границы пламени. Таким образом, для данной концентрации электронов существует некоторая пороговая частота электромагнитных волн. Если концентрация электронов в пламени ниже предельной, то волна проходит сквозь него. При этом происходит частичное или полное затухание и сдвиг фазы волны. Причем затухание и сдвиг фазы зависят от концентрации и частоты столкновений электронов, а также от частоты падающей волны. Если концентрация выше предельной, то волна отражается от границы пламени. На этом явлении основаны микроволновые методы определения концентрации электро-

нов. Таким образом, это показывает, что поглощение и отражение электромагнитных волн, так же как электропроводность пламени, зависят прежде всего от концентрации свободных электронов в пламени и эффективной частоты столкновений электронов.

Еще в 60-х годах прошлого века был проведен опыт с применением наложения электрического поля на простую горелку с постоянным расходом пламени. Исследования проводились для определения преобладающего механизма воздействия электрического поля на пламя, и подтверждения теоретических основ воздействия на практическом результате. В проанализированной литературе не приведены конкретные условия, при которых производились замеры. Отсутствуют расход газа через горелку, детальные характеристики накладываемого электрического поля, точный состав сгорающей смеси.

Полученные результаты исследований, подтверждают теоретические данные. Данные результаты частично подтверждены в современных исследованиях. Эксперименты, проведенные авторами работ, подтвердили свойства пламени как плазмы. Были определены квазинейтральность, амбиполярная диффузия и экранировка от внешних электрических полей. Авторами подтверждено положение о том, что ионный ветер является преобладающим механизмом воздействия электромагнитной энергии на пламя.

При воздействии электрического поля происходит несколько различных процессов, которые образуют что-то вроде цепной реакции. Во-первых, сильное электрическое поле (в десятки киловольт), влияет на заряженные частицы внутри пламени (то есть, ионы и электроны) и заставляет их перемещаться. Причем они начинают двигаться не вдоль потоков газа внутри огня, а поперек. Это, в свою очередь, приводит к тому, что заряженные частицы вызывают нарушение стабильности газовых потоков и как бы отделяют пламя от его источника. В итоге, лишившись питания, огонь гаснет. Кроме того, возможно те же хаотично мечущиеся заряженные частицы могут блокировать доступ кислорода к топливу.

Работа исследовалась на приборах пропано-воздушная горелка, на которой определялось воздействие постоянного и импульсно-периодического электрического поля на пламя с длинна импульса 4мс при частоте выше 150 Гц. Большое внимание уделялось характеристикам потока пропано-воздушной смеси. Были изучены основные характеристики при воздействии на ламинарное и турбулентное движение потока. Условия движения потока определялись по критериям Рейнольдса, соответствующим значению 650 при ламинарном движении и 2500 при турбулентном.

Результаты исследований подтверждают высокую эффективность воздействия электрического поля на пламя и на скорость его распространения. Исходя из экспериментов можно предположить, что наиболее эффективный результат будет достигнут при наложении переменного электрического поля высокой напряженности (от 7 до 25 кВ), поперечно фронту распространения пламени. Источников по исследованию данной темы намного больше, чем рассмотрено в этой статье. Существуют и теоретические аспекты взаимодействия двух энер-

гий. В работе приводятся результаты, подтверждающие достижение эффективности при воздействии электрического поля на пламя.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Суворов Д.В., Кочева М.А. Механизмы воздействия электромагнитной энергии на пламя // Современные наукоемкие технологии. 2014. № 5-1. С. 182–184.
2. Степанов К.М., Дьячков Б.Г. Ионизация в пламени и электрическое поле — Издательство «Металлургия». 1968. 312 с.
3. Электропроводность пламени [Электронный ресурс]: https://studme.org/35519/tovarovedenie/elektroprovodnost_plameni (дата обращения 27.10.2021).
4. Л. К. Мартинсон, А. Н. Морозов, Е. В. Смирнов Электромагнитное поле, 2013.
5. Лавров Ф.А., Малиновский А.Э. Влияние продольного электрического поля на процесс горения газовых смесей // ЖФХ. 1933. Т. 4, в. 1. С. 104–108.
6. Малиновский А.Э., Лавров Ф.А. О влиянии электрического поля на процессы горения в газах // ЖФХ. 1931. Т. 2, в. 3–4. С. 530–534.
7. Малиновский А.Э., Россихин В.С., Тимковский В.П. Влияние частоты электрического поля на скорость горения газов // ЖЭТФ. 1934. Т. 4, в. 2. С. 208–214.
8. Степанов Е.М., Дьячков Б.Г. Ионизация в пламени и электрическое поле. М.: Metallurgia. 1968 г. 310 с.
9. Гейдон А.Г., Вольфгард Х.Г. Пламя, его структура, излучение и температура. М.: Metallurgizdat, 1959. 333 с.
10. Малиновский А.Э., Ткаченко К.Т. Перенос ионов взрывной волной // ЖЭТФ. 1934. Т. 4, в. 2. С. 198–202.
11. Малиновский А.Э., Россихин В.С., Тимковский В.П. Влияние переменного электрического поля высокой частоты на скорость горения газа // ЖЭТФ. 1934. Т. 4, в. 2. С. 183–188.
12. Лаутон Дж., Вайнберг Ф. Электрические аспекты горения. М.: Энергия, 1976. 296 с.
13. Кидин Н.И., Либрович В.Б. О собственном электрическом поле ламинарного пламени // ФГВ. 1974. Т. 10, в. 5. С. 696–705.

СОДЕРЖАНИЕ

РАЗДЕЛ 1

ТРИБОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ И ПРОБЛЕМЫ МЧС РОССИИ

| | |
|--|----|
| <i>Барановский А. А., Семенов А. Д.</i> Мероприятия по организации и проведению сушки напорных пожарных рукавов диаметром более 150 мм для повышения показателей надежности | 3 |
| <i>Грибкова В. В., Ахматова Т. Ю., Салихова А. Х.</i> Снижение пожарной опасности системы охлаждения насосных агрегатов на опасных производственных объектах | 7 |
| <i>Григорьев В. В., Зарубина Е. В., Репин Д. С.</i> Разработка модели исследования эксплуатационных характеристик трубопровода | 11 |
| <i>Гузенков С. А.</i> Основные особенности коррозионного износа металлических материалов.... | 15 |
| <i>Гузенков С. А., Артамонова И. В., Иванов С. С.</i> Снижение коррозионного износа обработкой коррозионной среды..... | 19 |
| <i>Деканоидзе Э. М.</i> Исследования процесса центробежного обезвоживания осадков сточных вод..... | 23 |
| <i>Долгих Е. С., Бубнов А. Г.</i> Вопросы применения средств забора и подачи воды в зимний период эксплуатации | 27 |
| <i>Ивахнюк С. Г.</i> О возможности электрофизического управления трибологическими параметрами средств обеспечения пожарной безопасности | 33 |
| <i>Калашиников И. Д., Ведерникова И. И.</i> Оптимизация конструкций на этапе проектирования.... | 39 |
| <i>Карпунин А. И., Киселев В. В.</i> К проблеме продления ресурса пожарных автомобилей для повышения их долговечности..... | 44 |
| <i>Колбашов М. А., Зарубина Е. В., Комельков В. А., Савченко С. А.</i> Разработка уплотнения для неподвижного соединения | 47 |
| <i>Кочеткова Е. Б., Белинов М. С., Соловьев В. В.</i> Обоснования выбора реперных компонентов при идентификации светлых нефтепродуктов, используемых как средства поджога, методом газожидкостной хроматографии..... | 50 |
| <i>Люцканов Д. Н., Семенов А. Д.</i> Влияние периодичности испытаний напорных пожарных рукавов диаметром более 150 мм на безотказность при эксплуатации | 55 |
| <i>Мокрицкий В. Я.</i> Методы и средства испытаний металлорежущего инструмента..... | 59 |
| <i>Наумов А. Г., Колбашов М. А., Скорых Л. С.</i> Изучение механизмов высвобождения смазочно-охлаждающих технологических средств из микрокапсул в процессе трения и резания металлов..... | 63 |
| <i>Памфилов Е. А., Капустин В. В., Кузьмин П. В.</i> Влияние и оптимизация напряжённого состояния функциональных поверхностных слоёв подшипников скольжения для повышения их износостойкости..... | 70 |
| <i>Пахомов М. А., Михеев А. В., Тананов М. А., Албагачиев А. Ю., Ерофеев М. Н., Столяров В. В.</i> Фреттинг-износ ультрамелкозернистого титана..... | 73 |
| <i>Подгальняя К. А.</i> Оценка надежности и эксплуатации системы пожарной сигнализации | 78 |
| <i>Пучков П. В.</i> Способ индикации усталостного разрушения тяжело нагруженных валов машин и механизмов..... | 83 |

| | |
|--|-----|
| <i>Сергеева А. И., Семенов А. Д.</i> Первоочередные мероприятия по снижению опасности от функционирования техногенного объекта | 86 |
| <i>Сизов А. П., Колбашов М. А., Комельков В. А., Савченко С. А., Кирьянов А. А.</i> Исследование комбинированного торцевого магнито-жидкостного уплотнения, используемого для герметизации водяного насоса автоматической системы пожаротушения..... | 91 |
| <i>Смекалин С. В., Чекарев Л. В.</i> Особенности реализации риск-ориентированного подхода в надзорной деятельности МЧС России | 95 |
| <i>Снежко А. А., Лузанов О. Р., Высоцкий Д. М.</i> Повышение надежности и долговечности пожарно-спасательной техники микродуговым оксидированием | 101 |
| <i>Соловьева Е. В.</i> Триботехнические свойства СОТС на основе полигликолевых эфиров..... | 103 |
| <i>Тарасова Д. А., Зарубин В. П.</i> Предложения по выбору схемы трения для проведения ускоренных трибологических исследований смазочных материалов | 107 |
| <i>Топоров А. В.</i> Исследование влияния количества магнитного наполнителя на триботехнические свойства магнитного эластомерного материала | 112 |
| <i>Чеберяк В. В.</i> Мобильные средства пожаротушения литий-ионных аккумуляторов на электромобилях..... | 116 |
| <i>Шабунин С. А., Репин Д. С., Наконечный С. Н., Барина Е. В.</i> Применение метода термического анализа для исследования свойств полимерных присадок к СОЖ | 122 |
| <i>Шевчук Е. О.</i> Исследование эффективного способа снижения расхода воздушно-водяной смазочно-охлаждающей смеси при механической обработке деталей из полимерно-композитных материалов | 125 |

РАЗДЕЛ II

АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И ПРОБЛЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

| | |
|---|-----|
| <i>Анисимов В. В., Комельков В. А., Сорокин Д. В.</i> Разработка автономного сигнально-пускового устройства для автоматического пожаротушения | 130 |
| <i>Буглаев А. М., Сиваков В. В.</i> Использование оперативной информации МЧС в учебном процессе | 134 |
| <i>Коваленко М. Е., Таратанов Н. А.</i> Горюче-смазочные материалы как инициатор горения..... | 138 |
| <i>Колесниченко В. В., Кропотова Н. А.</i> Обеспечение безопасности акватории Феодосийской бухты за счет применения аналитического роботизированного комплекса..... | 141 |
| <i>Косолапов Е. О., Таратанов Н. А.</i> Исследование обугленных остатков древесины и древесных композиционных материалов в целях определения местоположения очага пожара ... | 147 |
| <i>Меликян М. Л., Лазарев А. А.</i> О проблеме разработки проверочного листа для нормативно-технического совета в подразделении МЧС России | 152 |
| <i>Мочалова Т. А., Сторонкина О. Е.</i> Исследование интенсификаторов горения в процессе их выгорания с различных материалов, служащих объектами-носителями горючих жидкостей ... | 155 |
| <i>Наконечный С. Н.</i> Изучение процесса самовоспламенения древесины ели при воздействии теплового потока..... | 160 |
| <i>Паннадий Е. А., Таратанов Н. А.</i> Условия применения магнитного метода для определения степени термического воздействия пожара..... | 163 |
| <i>Поляков И. Е., Таратанов Н. А.</i> Использование метода ИК-спектроскопии при пожарно-технических исследованиях неорганических строительных материалов и конструкций | 167 |

| | |
|--|-----|
| Саблина К. А., Таратанов Н. А. Применения рентгеноструктурного анализа при исследовании медных проводников в рамках пожарно-технических исследований..... | 171 |
| Сторонкина О. Е., Мочалова Т. А. Оценка пожарной опасности текстильных материалов различного волокнистого состава | 175 |
| Темяков П. В. Взаимодействие электромагнитного поля и пламени | 180 |

ТРИБОЛОГИЯ И ПРОБЛЕМЫ МЧС РОССИИ

СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ, ПОСВЯЩЕННОЙ 90-ЛЕТИЮ ОБРАЗОВАНИЯ ГРАЖДАНСКОЙ ОБОРОНЫ

ИВАНОВО, 20-21 октября 2022 г.

Текстовое электронное издание

Издается в авторской редакции

Подготовлено к изданию 11.11.2022 г.
Формат 60×84 1/16. Усл. печ. л. 10,9. Заказ № 217

Отделение организации научных исследований научно-технического отдела
Ивановской пожарно-спасательной академии ГПС МЧС России
153040, г. Иваново, пр. Строителей, 33

ISBN 978-5-907353-64-0



9 785907 353640 >