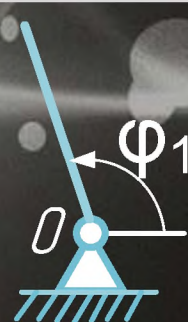
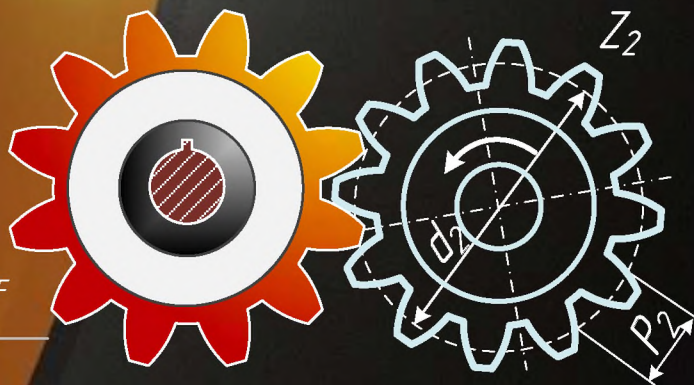
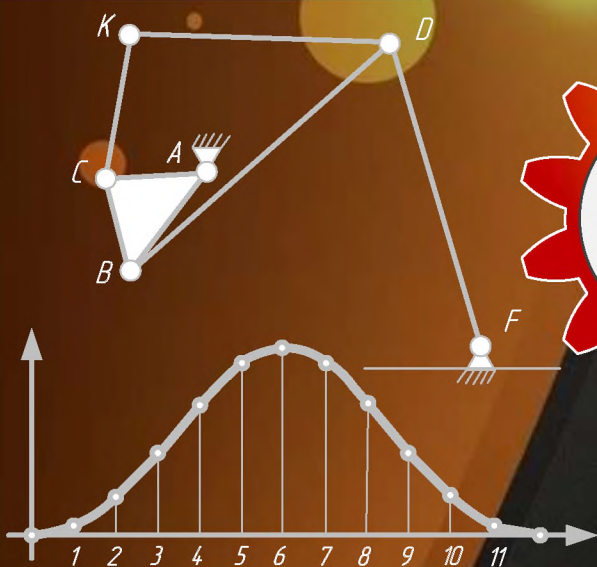


VIII

Всероссийская  
научно-практическая  
конференция

# НАДЕЖНОСТЬ И ДОЛГОВЕЧНОСТЬ МАШИН И МЕХАНИЗМОВ

СБОРНИК  
МАТЕРИАЛОВ



Иваново 2017

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

## **НАДЕЖНОСТЬ И ДОЛГОВЕЧНОСТЬ МАШИН И МЕХАНИЗМОВ**

**СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ VIII ВСЕРОССИЙСКОЙ  
НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ  
ИВАНОВО, 13 АПРЕЛЯ 2017 г.**

**MACHINES AND MECHANISMS RELIABILITY AND DURABILITY**

**COLLECTION OF MATERIALS OF THE VIII<sup>th</sup> ALL-RUSSIA  
SCIENTIFIC AND PRACTICAL CONFERENCE IVANOV, APRIL 13, 2017**

Иваново 2017

УДК 621+614.842

ББК 30

Н 17

- Надежность и долговечность машин и механизмов** : сборник материалов VIII Всероссийской научно-практической конференции, Иваново, 13 апреля 2017 г. – Иваново : Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2017. – 670 с. – ISBN 978-5-7807-1206-0

В сборнике опубликованы материалы выступлений и статьи участников конференции, отражающие результаты научных исследований по направлениям: повышение надежности и долговечности машин и механизмов, смазочные материалы и процессы, трибология процессов механической обработки, использование инновационных образовательных технологий в учебном процессе.

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

The collection contains the contributions and articles of the conference participants. They reflect the results of scientific researches in the different areas, such as following: increasing of the machines and mechanisms reliability and durability, lubricants and lubricating processes, the friction of the machining processes, the innovative educational technologies using in the educational process. The materials of the collection are intended for a wide range of scientists and engineers, adjuncts, post graduate students, cadets and students engaged in the improvement of machines and mechanisms reliability and durability and friction technology researches. The studies can be used to improve practical, scientific and educational activities.

**ББК 30**

*Организационный комитет*

д-р техн. наук, профессор **В. А. Годлевский** (председатель оргкомитета)  
канд. техн. наук, доцент **В. В. Киселев** (заместитель председателя оргкомитета)  
д-р техн. наук, профессор **М. Ю. Колобов**  
д-р техн. наук, профессор **В. А. Поletaev**  
д-р техн. наук, профессор **С. В. Натареv**  
д-р техн. наук, профессор **С. Г. Степанов**

*Editorial Council*

dr. techn. sciences, prof. **V. A. Godlevsky** (chairman)  
cand. of techn. sciences, docent **V. V. Kiselev** (vice-chairman)  
dr. techn. sciences, prof. **M. Yu. Kolobov**  
dr. techn. sciences, prof. **V. A. Poletaev**  
dr. techn. sciences, prof. **S. V. Natareev**  
dr. techn. sciences, prof. **S. G. Stepanov**

ISBN 978-5-7807-1206-0

© ФГБОУ ВО «Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России», 2017

## НАДЕЖНОСТЬ И ДОЛГОВЕЧНОСТЬ МАШИН И МЕХАНИЗМОВ

УДК 677.024

*А. Е. Арипбаева*

Южно-Казахстанский государственный университет им. М.О. Ауэзова

### **О РАСЧЕТЕ И РАЦИОНАЛЬНОМ ПРОЕКТИРОВАНИИ АРМИРУЮЩИХ КАРКАСОВ ПОЖАРНЫХ НАПОРНЫХ РУКАВОВ ПРИ ДЕЙСТВИИ ВНУТРЕННЕГО ГИДРАВЛИЧЕСКОГО ДАВЛЕНИЯ\***

Предложена методика рационального проектирования тканых армирующих каркасов пожарных напорных рукавов; в основу разработанной методики положена формула, связывающая разрывное внутреннее гидравлическое давление в напорном пожарном рукаве с разрывной нагрузкой в уточной нити и рядом других параметров.

**Ключевые слова:** пожарный напорный рукав, тканый армирующий каркас пожарного рукава, внутреннее гидравлическое давление, разрывное усилие уточных нитей, методика расчета и рационального проектирования.

*А. Е. Aripbayeva*

### **ON CALCULATION AND RATIONAL DESIGN OF REINFORCING FRAMES FIRE HOSES UNDER THE ACTION OF INTERNAL HYDRAULIC PRESSURE**

The technique of the rational design of woven reinforcing carcasses of pressure fire hoses; the basis of the developed technique on a formula that relates the breaking internal hydraulic pressure in the pressure fire hoses with tenacity in the weft and a number of other parameters.

**Keywords:** a pressure fire hose, the woven reinforcing framework of a fire hose, internal hydraulic pressure, bearing strength of weft threads. , method of calculation and rational design.

Согласно ГОСТ Р 51049-97 пожарные напорные рукава (ПНР), являющиеся одним из основных видов пожарного оборудования, изготавливают прорезиненными, покрытыми только внутри слоем резины, привулканизированной к ткани рукава, так и с двухсторонним покрытием, когда слоем резины пожарный рукав покрыт как снаружи, так и внутри, а также латексированными, покрытыми внутри и снаружи, слоем латекса. При пожаротушении используются также непрорезиненные ПНР, изготовленные по ГОСТ 472-75 из льняной и оческовой пряжи.

Основным несущим элементом ПНР является тканый армирующий каркас, представляющий собой тканую несущую оболочку. Тканая несущая оболочка (тканый армирующий каркас) полностью воспринимает усилия, обусловленные наличием дав-

---

© Арипбаева А. Е., 2017

*\*Работа выполнена под руководством д-ра техн. наук С. Г. Степанова.*

ления жидкости внутри пожарного рукава, если речь идет о непрорезиненных ПНР, и в подавляющей степени, в случае прорезиненных, латексированных и с двухсторонним покрытием ПНР. Анализ структуры тканых армирующих каркасов ПНР показал, что в большинстве случаев они состоят из однослойных тканей полотняного переплетения. При этом по длине пожарного рукава располагаются основные нити, которые взаимно переплетены с уточными нитями, проложенными по его окружности.

По своей структуре ПНР являются текстильными изделиями технического назначения, а такие их виды как прорезиненные, латексированные и с двухсторонним покрытием могут быть отнесены к композиционным материалам.

Расчет на прочность ПНР сводится в основном к расчету на прочность их тканого армирующего каркаса.

Важной характеристикой прочности ПНР при действии внутреннего гидравлического давления находящейся в нем жидкости для пожаротушения является разрывное давление, при котором пожарный рукав разрушается. Величины разрывных давлений на все виды ПНР, выпускаемых и используемых для целей пожаротушения в Российской Федерации, регламентируются ГОСТ Р 51049-97.

Разработке теории по прочностному расчету ПНР при гидравлическом воздействии посвящены работы [1], [2]. Однако авторами работ при разработке теоретических положений не учтены такие параметры взаимодействия нитей в тканом армирующем каркасе рукава, как реальные длины зон контакта между нитями, близкие к фактическим формы деформированных осей нитей и др., которые как было показано в работе [3], оказывают существенное влияние на прочность рукава, и поэтому учет их необходим. Нами разработаны теоретические положения по прочностному расчету ПНР с учетом перечисленных параметров, в частности, получена новая формула, связывающая разрывное внутреннее гидравлическое давление  $p_{разр}$  в пожарном рукаве с разрывной нагрузкой  $N_{разр}$  в уточной нити и рядом других параметров:

$$p_{разр} = \frac{2N_{разр}L_o}{R \left\{ L_y(2L_o - \beta_o d_o) + L_o \left[ 2(L_y^2 + (d_o \eta_{OB} + d_y \eta_{yB})^2)^{\frac{1}{2}} + \frac{0,212 \cdot L_y^2 (d_o \eta_{OB} + d_y \eta_{yB})^2}{(L_y^2 + (d_o \eta_{OB} + d_y \eta_{yB})^2)^{\frac{3}{2}}} - \beta_y d_y \right] \right\}} \quad (1)$$

где  $R$  – радиус пожарного рукава;  $L_o, L_y$  – геометрические плотности соответственно по основе и утку армирующего каркаса ПНР;  $d_o, d_y, \eta_{OB}, \eta_{yB}$  – соответственно диаметры нитей основы и утка армирующего каркаса ПНР и коэффициенты вертикального смятия нитей;  $\beta_o, \beta_y$  – коэффициенты, характеризующие длины зон контакта между нитями в каркасе рукава в долях диаметров нитей основы и утка.

Для расчета по формуле (1) разрывного внутреннего гидравлического давления в латексированных ПНР различных диаметров производства ПО «БЕРЕГ» по разрывной нагрузке уточной нити, а также для подтверждения ее достоверности, нами были определены необходимые исходные данные. В ПНР этого производителя используются как по основе, так и по утку полиэфирные нити различной линейной плотности.

Геометрические плотности по основе  $L_0$  и утку  $L_u$  определялись путем замеров в рукавах, диаметры основных  $d_0$  и уточных  $d_u$  нитей принимались на основе данных производителя рукавов, значения разрывных усилий уточных нитей  $N_{разр}$  армирующих каркасов рукавов были определены по результатам испытаний на разрыв на разрывной машине РМИ-250.

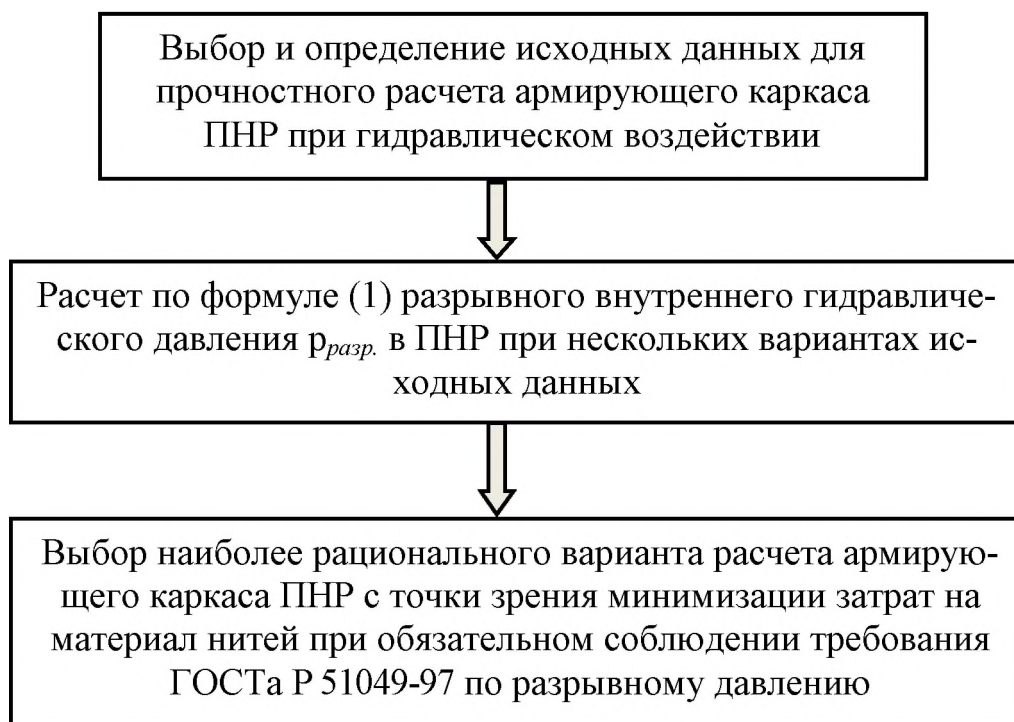
Величины коэффициентов вертикального смятия нитей, длины дуг контакта между основными и уточными нитями в тканых армирующих каркасах ПНР определялись на основе исследования зон контакта между нитями в рукавах различных диаметров при их разрезе. При этом использовался растровый электронный микроскоп JSM-6490LV, позволяющий исследовать микроструктуру и провести анализ поверхности различных материалов. Обработка экспериментальных данных проводилась с использованием методов математической статистики.

Расхождение между экспериментальными значениями разрывных давлений в латексированных ПНР производства ПО «БЕРЕГ», полученных в лаборатории Всероссийского научно-исследовательского института противопожарной обороны (ВНИИПО) МЧС РФ (г. Балашиха, Московская обл.) и расчетными значениями разрывных давлений в тех же рукавах по формуле (1) при найденных исходных данных не превышает 3%, что подтверждает достоверность представленной формулы для прочностного расчета ПНР при действии внутреннего гидравлического давления. Следовательно, формула (1) может быть положена в основу методики расчета и рационального проектирования ПНР. Необходимость разработки данной методики можно обосновать следующим образом.

Для всех ПНР, согласно ГОСТ Р 51049-97, вводятся минимальные значения по разрывным давлениям. Нами проанализированы данные по минимальным значениям разрывных давлений в латексированных ПНР производства ПО «БЕРЕГ», рассчитанных на рабочее давление 1,6 МПа, и фактические экспериментальные разрывные давления в тех же рукавах по данным ВНИИПО МЧС РФ. Превышение экспериментальных значений над минимальными требованиями ГОСТа составляет 8,3%; 14,3%; 20,0 %; 22,9 %; 48,6% соответственно для рукавов диаметров 150 мм; 89 мм; 77 мм; 66 мм; 51 мм.

С одной стороны, превышение экспериментальных значений разрывных давлений над минимальными требованиями ГОСТа обеспечивает дополнительный запас прочности ПНР при гидравлическом воздействии, что само по себе положительно. С другой стороны, эти данные (особенно для рукавов диаметром 77 мм, 66 мм, 51 мм) свидетельствуют о существенном перерасходе материала, из которого изготовлен армирующий каркас, что сказывается на существенном удорожании ПНР и увеличении его массы. Последнее подтверждает необходимость разработки методики рационального проектирования ПНР, обеспечивающей минимальный расход материала при производстве армирующего каркаса с обязательным соблюдением требований ГОСТ Р 51049-97 по разрывному давлению.

На основе формулы (1) разработана методика расчета и рационального проектирования ПНР, включающая следующие этапы:



На основе разработанной методики может быть выполнен прочностной расчет и подбор рациональных параметров армирующих каркасов новых ПНР с целью минимизации затрат на материал нитей при обязательном соблюдении требования ГОСТа Р 51049-97 по разрывному давлению.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Моторин Л.В., Степанов О. С., Братолобова Е.В. Математическая модель для прочностного расчета напорных пожарных рукавов при гидравлическом воздействии // Изв. вузов. Технология текст. пром-сти. 2010. №8. С. 103 –109.
2. Моторин Л.В., Степанов О. С., Братолобова Е.В. Упрощенная математическая модель для прочностного расчета напорных пожарных рукавов при гидравлическом воздействии // Изв. вузов. Технология текст. пром-сти. 2011. №.1. С. 126 – 133.
3. Арипбаева А.Е., Степанов С.Г. О зависимости разрывных внутренних гидравлических давлений пожарных напорных рукавов от параметров их тканых армирующих каркасов // Сб. материалов VII Всероссийской научно-практической конференции «Надежность и долговечность машин и механизмов». – Иваново, 2016. С.19–21.

УДК 628.1

*Д. В. Борисов, П. В. Пучков, В. Ю. Курочкин*

ФГБОУ ВО «Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России»

## **УСТРОЙСТВО ДЛЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ РАБОТОСПОСОБНОСТИ РУКАВНО-НАСОСНЫХ СИСТЕМ НА ПОЖАРЕ**

Предложена конструкция нового устройства для оперативного восстановления работоспособности рукавных систем на пожаре в случае поперечного разрыва напорного рукава.

**Ключевые слова:** пожарный рукав, зажим, конструкция, устройство, восстановление работоспособности.

*D. V. Borisov, P. V. Puchkov, V. Y. Kurochkin*

## **DEVICE FOR RECONSTRUCTING THE OPERABILITY OF HAND-PUMP SYSTEMS ON FIRE**

The design of a new device for the immediate restoration of the operability of hose systems in a fire in the case of a transverse burst of a pressure hose is proposed.

**Keywords:** fire hose, clamp, construction, device, restoration of operability.

Известно, что напорные пожарные рукава в повседневной деятельности пожарно-спасательных подразделений используются значительно чаще, чем другие виды пожарного оборудования. При этом до 85% отказов пожарной техники приходится на долю пожарных рукавов. Поэтому обеспеченность пожарных частей напорными рукавами и их техническое состояние в значительной степени определяют боевую готовность и оперативность подразделений при тушении пожаров. Однако повышение безотказности работы напорных рукавов и уменьшение их дефицита достигается не только разработкой конструкции новых рукавов и дальнейшим совершенствованием системы эксплуатации рукавов в гарнизонах пожарной охраны, но и разработкой способов и устройств, позволяющих на пожаре оперативно провести ремонт вышедшего из строя рукава [5].

При тушении пожара напорные рукава подвергаются механическим воздействиям, в результате которых происходит повреждение рукава, что влечет снижение количества или прекращение подачи в зону горения огнетушащих веществ, увеличение времени тушения и материального ущерба от пожара. Разрыв пожарных рукавов происходит на 65 % из-за механических повреждений при прокладке магистральных и рабочих линий, при этом повышение рабочего давления в рукавной системе приводит к потерям огнетушащих веществ и появлению свищей, продольных и поперечных разрывов, а также ослаблению навязки соединительных головок.



Основными причинами выхода из строя пожарных рукавов являются: разрывы и проколы, прогары, порезы оболочки, отслоение внутреннего слоя и разъедание оболочки агрессивными веществами, что свидетельствует об изношенности рукавов в связи с большими сроками эксплуатации рукавов на пожарах, а также абразивный износ у соединительных головок [3]. Исходя из этого обеспечение и повышение надежности работы пожарных напорных рукавов при тушении пожара и проведении аварийно-спасательных работ является на сегодняшний день актуальной проблемой.

При возникновении течи в напорном рукаве, она должна быть немедленно устранена путем установки рукавных зажимов. В зависимости от размера повреждения напорного рукава, могут использоваться следующие рукавные зажимы:

а) ленточный зажим (см. рис. 1) используется для ликвидации течи в напорном рукаве из отверстий диаметром до 2 см или разрывов длиной до 3 см.

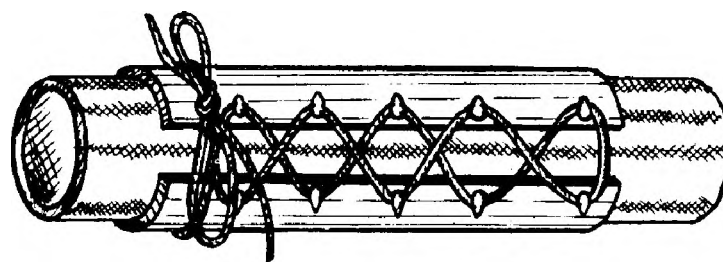
К недостаткам устройства следует отнести: большой вес, низкую коррозионную стойкость, невозможность ликвидировать большие (продольные и особенно поперечные разрывы рукавов).

Достоинствами данного устройства являются: высокая мобильность устройства и высокая скорость установки устройства на рукавную линию.

б) корсетный зажим (см. рис. 2) используется для ликвидации течи в рукавах из продольных разрывов длиной до 10 см.



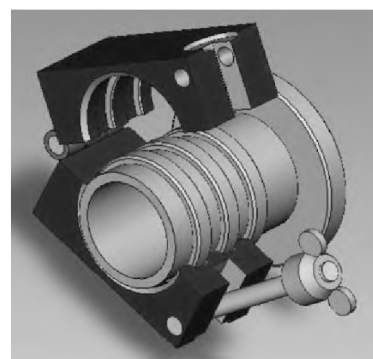
**Рис. 1.** Ленточный зажим



**Рис. 2.** Корсетный зажим, установленный на рукаве

К недостаткам данного устройства можно отнести: невозможность ликвидировать большие (продольные, особенно поперечные разрывы рукавов), низкую скорость ликвидации течи в рукавной линии, высокую трудоемкость установки устройства на рукавную линию.

Также существует устройство, предназначенное для крепления пожарного рукава на втулке соединительной головки (см. рис. 3). Если на пожаре произойдет разрушение навивки на втулке соединительной головки и пожарный рукав сползет с втулки, то его можно будет оперативно закрепить с помощью данного устройства.



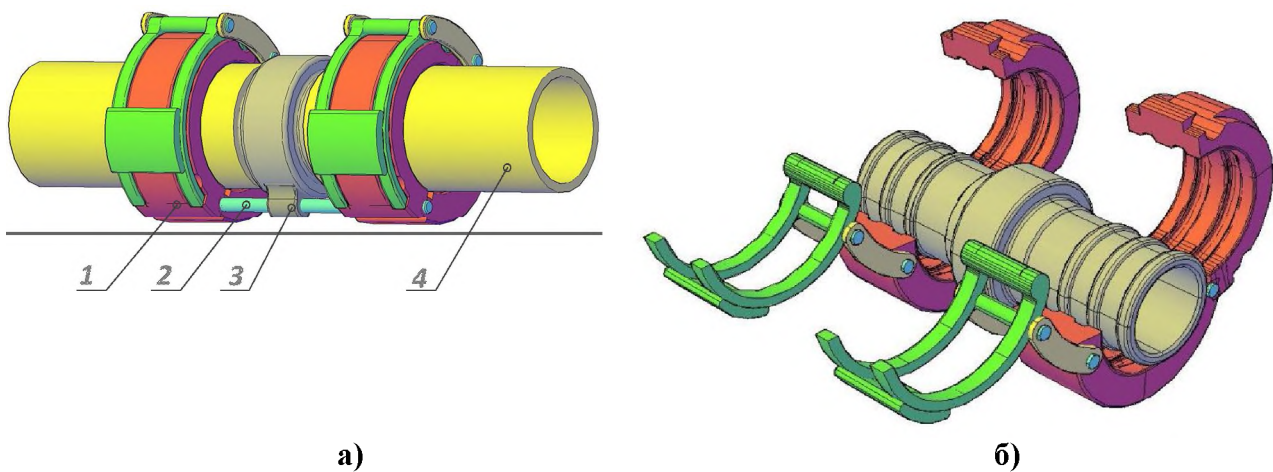
**Рис. 3.** Крепёжное устройство для зажима каркаса напорного рукава, крепёжное устройство для зажима каркаса напорного рукава на втулке соединительной головки

К недостаткам данного устройства следует отнести: снижение работоспособности резьбы в условиях грунтовой загрязненности и как следствие снижение надежности устройства в целом, низкая коррозионная стойкость, невозможность ликвидировать разрывы рукавов [1].

Проанализировав возможные причины отказов пожарных напорных рукавов и современные способы устранения неисправностей на пожаре или ликвидации чрезвычайной ситуации, возник вопрос о разработке нового устройства, позволяющего нивелировать недостатки рассмотренных выше устройств. Разрабатываемое устройство для восстановления работоспособности рукавных систем, должно обеспечить оперативное восстановление вышедшего из строя рукава с высоким качеством устранения неисправностей и способное обеспечить в полном объеме работоспособность рукава [2,4].

Исходя из тактических возможностей дежурной смены на пожаре при выходе из строя напорного рукава, вследствие разрыва, провести оперативный ремонт в настоящее время не представляется возможным. Для решения этой технической задачи было спроектировано устройство для восстановления работоспособности рукавных систем на пожаре.

Устройство для восстановления работоспособности рукавных систем на пожаре состоит из следующих составных частей: соединительной втулки, двух зажимов и оси для крепления зажимов на соединительной втулке (см. рис. 4).



**Рис. 4.** Устройство для восстановления рукавных систем на пожаре: 1 – зажим; 2 – ось; 3 – втулка; 4 – пожарный рукав; а) в собранном виде, б) в раскрытом состоянии

Пожарно-техническое вооружение предназначено для эксплуатации в тяжелых условиях, таких как: повышенная влажность, высокая температура, большой градиент температур, абразивный износ и т.д. Поэтому разработанное устройство для восстановления работоспособности рукавных систем на пожаре обладает следующими характеристиками: малый вес; достаточная прочность; высокая коррозионная стойкость; достаточная износостойкость; быстрота и легкость установки, долговечность и невысокая себестоимость.

Для изготовления устройства, а именно втулки устройства, полуколец и прижимной скобы зажима предлагается использовать технологию литья, так как данные детали имеют сложную фасонную форму. В качестве материала предлагается исполь-

зовать сплав силумин АЛ2. А для изготовления зажима устройства, использовать, алюминиевый деформируемый сплав – дюралюминий, марки Д16. Исходя из предполагаемых условий эксплуатации устройства, оно не всегда будет подвергаться воздействию неблагоприятных факторов (высокая температура, агрессивные среды, высокая влажность и т.д.). В этих случаях нет необходимости использовать специальные цветные сплавы или коррозионностойкие стали, Благодаря особенностям состава, сплавы обладают высокой долговечностью, малым весом и высокой коррозионной стойкостью при эксплуатации в обычных и особых условиях.

Подводя итог вышесказанному можно сделать вывод, что различные повреждения рукавов при тушении пожаров случаются достаточно часто, что снижает эффективность подачи огнетушащих веществ через рукавные линии. Устройство для восстановления работоспособности рукавных систем на пожаре позволит оперативно восстановить работоспособность вышедшего из строя напорного рукава при его поперечном разрыве.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пожарная техника: Учебник / Под ред. М.Д. Безбородько.–М.: Академия ГПС МЧС России, 2004.–550 с.
2. Мальцев А.Н. Сравнительный анализ характеристик быстроразъемных соединений, применяемых в пожарной отрасли российской федерации и за рубежом // novainfo.ru (электронный журнал.) – 2016 г. – № 55; url: <http://novainfo.ru/article/8842>
3. Киселев В.В. Меры по снижению износа деталей пожарной техники. / NovaInfo.Ru. – 2016. – Т. 1. – № 51. – С. 37–40.
4. Пучков П.В. К вопросу повышения долговечности соединительных рукавных головок/NovaInfo.Ru.– 2016 г. – № 54 – С.
5. Киселев В.В., Топоров А.В., Пучков П.В. Повышение надёжности пожарной техники применением модернизированных смазочных материалов. Научные и образовательные проблемы гражданской защиты. 2010. № 3. С. 24–28.

УДК 614.846.35

*А. Г. Бубнов, В. Ю. Курочкин, М. С. Кнутов*

ФГБОУ ВО «Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России»

#### **УВЕЛИЧЕНИЕ НАДЁЖНОСТИ ПОЖАРНОГО НАСОСА ПУТЁМ ИЗМЕНЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ РАБОТОСПОСОБНОСТИ ЕГО СОСТАВНЫХ ЧАСТЕЙ**

Обоснована возможность применения подхода, использующего безразмерный критерий общей пользы, для повышения показателей работоспособности составных частей пожарного насоса, таких как: система смазки, валы, подшипники, сальники, резиновые манжеты, уплотнительные кольца. Расчёты по разработанной структурной схеме позволят увеличить надёжность пожарных насосов.

**Ключевые слова:** пожарный насос, надёжность, вероятность отказа, общая польза.

*A. G. Bubnov, V. Yu. Kurochkin, M. S. Knutow*

## INCREASING THE RELIABILITY OF THE FIRE PUMP BY CHANGING THE PERFORMANCE OF ITS CONSTITUENT PARTS

The possibility of application of the approach using dimensionless criterion of the common good for improving the performance of the component parts of fire pump such as lubrication, shafts, bearings, oil seals, rubber seals, o-rings is justified. Calculations according to the developed structural scheme will increase the reliability of fire pumps.

**Keywords:** fire pump, reliability, the probability of failure, total benefit.

Пожарный центробежный насос – это устройство, предназначенное для подачи огнетушащих средств и воды к месту тушения. Пожарные центробежные насосы устанавливаются на пожарную технику – мотопомпы, пожарные автоцистерны, насосные станции и другие устройства [1].

В частности, пожарный центробежный насос устанавливается на пожарные автомобили типа ГАЗ, ЗИЛ, «Урал» и предназначен для подачи воды или водного раствора пенообразователя при тушении пожара. Конструкция насоса позволяет устанавливать его в передней, в средней или кормовой части автомобиля [2].

Пожарные центробежные насосы нормального давления уже не один десяток лет используются в автоцистернах. Пожалуй, это до сих пор самая распространённая в нашей стране модель пожарного насоса. Не одно поколение пожарных по всей России были обучены и успешно работают на этих насосах [2].

Это связано с тем, что центробежные насосы обладают рядом достоинств: равномерностью, подачей без пульсаций, огнетушащих средств; способностью работать «на себя», т.е. при перекрытии пожарного ствола, засорении или заломах пожарного рукава в системе подачи воды не повышается чрезмерно давление, этим гарантируется надёжная работа насосной установки; простотой управления насосом и его обслуживания в эксплуатации на пожарах. Однако такой насос имеет и ряд недостатков: не имеет возможности самостоятельно забирать воду и работает только после предварительного заполнения всасывающей линии и насоса водой. Этот недостаток компенсируют устройствами, позволяющими заполнять всасывающие тракты и полость насоса из цистерн [1].

Надёжность любого пожарного насоса зависит от множества факторов, характеризующих качество его проектирования, изготовления, организацию технической эксплуатации, а также условий эксплуатации [1].

Характеристики надёжности пожарного насоса, его деталей, узлов, имеют вероятностный характер. Поэтому её можно характеризовать только путём обработки большого числа данных, полученных при его эксплуатации или испытаниях, с помощью методов теории вероятностей и математической статистики [1].

Поскольку все нормативы для пожарного насоса устанавливаются на количество моточасов, характеристику его надёжности принято рассматривать как функцию количества часов его работы. Одним из важнейших показателей безотказности (работоспособности) у насосов является вероятность безотказной работы, т.е. вероятность того, что в пределах заданной наработки отказ объекта (насоса, узла, детали) не возникнет [3].

Отметим, что в многочисленной специальной технической литературе, посвящённой эксплуатации и обслуживанию пожарной техники (например, [1] и [2]) не приводятся данные по характеристикам надёжности (в частности, безотказности) пожарных насосов. В многочисленных прайс-листах производителей и поставщиков указанного оборудования, к сожалению, такие данные тоже отсутствуют.

Допустимое значение вероятности безотказной работы выбирается в зависимости от степени опасности отказа и определяется установленными нормативными документами [4] и по данным [3] (табл. 1).

Из данных табл. 1 следует, что допустимая вероятность безотказной работы  $P$  для насосов не должна превышать 0,99 и стремиться к 1. Приблизжённый её расчёт для единиц массового обслуживания даёт величину 0,9938 (следовательно  $Q = 0,0062$ ) [5, 6]. Соответственно, вероятность отказа ( $Q$ ) не должна превышать 0,01 (или 1 %).

Чтобы от полученной тем или иным способом надёжности элементов перейти к оценке надёжности насоса, нужно составить расчётную схему надёжности. Широко распространена такая рекомендация: если отказ элемента означает отказ изделия, причём мало взаимное влияние степени разрушения одних элементов на скорость износа других, то имеет место основное (то есть – последовательное) соединение элементов, при котором вероятность безотказной работы за время  $t$  [3]:

$$P_{\text{общ}}(t) = \Pi \cdot P_i(t), \quad (1)$$

где  $P_i(t)$  – вероятность безотказной работы  $i$ -го элемента за время  $t$ .

Таблица 1. Классификация изделий (технических средств) по последствиям отказа

Последствия отказа		Допустимая вероятность безотказной работы	Тип технических средств
Катастрофические	Авария Катастрофа Невыполнение ответственного задания	$P \rightarrow 1$	Летательные аппараты Подъёмно-транспортные машины Военная техника Машины химического производства Медицинское оборудование
Экономический ущерб	Повышенные простои в ремонте	Значительный ущерб $P \geq 0,99$	Технологическое оборудование Сельскохозяйственные машины Бытовые машины
	Работа на пониженных режимах Работа с худшими параметрами	Незначительный ущерб $P \geq 0,9$	
Без последствий	Затраты на ремонт в пределах нормы	$P < 0,9$	Отдельные узлы и элементы машин

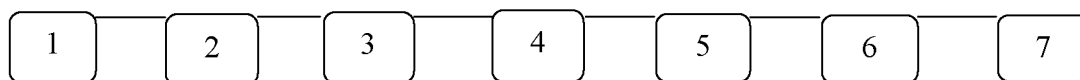
Получив для насоса в целом функцию  $P_{\text{общ}}(t)$ , можно определить гамма-процентную и среднюю наработку на отказ:

$$P_H(T_\gamma) = \frac{\gamma}{100}; \quad (2)$$

$$T = \int_0^\infty P_H(t) dt. \quad (3)$$

Построение структурной схемы расчёта надёжности системы проводилось нами на основе допущения, что каждый элемент может иметь только один отказ и может находиться в одном из двух состояний: работоспособном и неработоспособном (отказ) [3].

Построенная структурная схема, определяющая работоспособность центробежного пожарного насоса:



1 – система смазки; 2 – валы; 3 – подшипники; 4 – сальники;  
5 – резиновые манжеты; 6 – уплотнительные кольца; 7 – рабочее колесо

Для расчёта показателей безотказной работы насоса было принято четыре наиболее важные характеристики из семи (см. схему) составных частей пожарного насоса («Система смазки», «Валы», «Подшипники», «Сальники», «Резиновые манжеты», «Уплотнительные кольца», «Рабочее колесо»): стойкость к коррозии; различные загрязнения; недостаточная смазка; различные перегрузки, способствующие выходу из строя. Расчёты по данным [7] дали нам вероятности безотказной работы элементов структурной схемы, рассматриваемого нами насоса:  $P_1=0,99845$  (система смазки),  $P_2=0,99513$  (валы),  $P_3=0,99321$  (подшипники),  $P_4=0,99082$  (сальники),  $P_5=0,9943$  (резиновые манжеты),  $P_6=0,99715$  (уплотнительные кольца),  $P_7=0,9948$  (рабочее колесо).

Расчёт  $P_{общ}(t)$  для насосов ПН-40У по формуле (1) даёт величину 0,9644, что ниже допустимой вероятности безотказной работы для пожарного и спасательного оборудования. Численной ошибки здесь нет ввиду того факта, что формула (1) справедлива для случая, когда распределения ресурсов элементов независимы, т.е. коэффициент корреляции между ресурсами каждой пары элементов равен нулю [3]. Корреляция ресурсов может вызываться двумя причинами: непосредственным влиянием состояния одного элемента на скорость износа другого и тем, что внешние условия нагружения, вызывающие разброс ресурсов, идентично влияют на ресурсы рассматриваемых элементов. Пример взаимного влияния элементов: износ подшипников насоса приводит к ускоренному износу сальника из-за увеличения биения вала. Пример идентичного влияния условий эксплуатации: повышение концентрации взвеси в воде снижает как ресурс рабочего колеса, так и корпуса насоса. Если не принимать во внимание вторую причину, то это вызовет занижение показателей надёжности в несколько раз. Поэтому практически возможны два способа расчёта надёжности: по условным элементам и с учётом корреляционной связи.

Реальные данные эксплуатации пожарных насосов показывают, что фактическая вероятность безотказной работы насосов пожарных автомобилей в пожарно-спасательной части составляет всего 0,6 (60%). Поэтому нами и предложен ряд мероприятий по замене составных частей пожарного насоса, таких как: система смазки, валы, подшипники, сальники, резиновые манжеты, уплотнительные кольца.

Расчёты по структурной схеме показывают, что они позволят увеличить надёжность пожарных насосов, в том числе и в указанной части, с достижением её нормативных значений.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Безбородько, М.Д.* Пожарная техника: учебник / под ред. М.Д. Безбородько. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2004. – 550 с.
2. *Теребнев, В.В.* Пожарно-техническое вооружение. Устройство и применение / В.В. Теребнев, Н.И. Ульянов, В.А. Грачев – М.: Центр Пропаганды, 2007. – 328 с.
3. *Пронин, А.С.* Надёжность машин / А.С. Пронин. – М.: Машиностроение, 1978, – 592 с.
4. ГОСТ Р 22.9.01-95. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Аварийно-спасательный инструмент и оборудование. Общие технические требования. – М.: Издательство стандартов, 1995.
5. *Бубнов, А.Г.* Оценка параметров риска как критериев для обоснования выбора аварийно-спасательного оборудования / А.Г. Бубнов, В.Ю. Курочкин, Ю.Н. Моисеев // Пожарная и аварийная безопасность: материалы VI Международной научно-практической конференции посвященной 45-летию Ивановского института ГПС МЧС России., Иваново, 28-30 ноября 2011 г.: в 2 ч. / под общ. ред. И.А. Малого. – Иваново, ИВИ ГПС МЧС России, 2011. – Ч. 1. – С. 21–24.
6. *Бубнов, А.Г.* К вопросу о критериях выбора пожарно-спасательного оборудования / А.Г. Бубнов, В.Ю. Курочкин, Ю.Н. Моисеев // Современные наукоемкие технологии. Региональное приложение. – 2014. – №1. – С. 89–94
7. *Бельчич Б.И., Грибанов Б.И., Дворецкий Э.В и др.* Надёжность и эффективность в технике. Справочник в десяти томах. Том 5. Проектный анализ надёжности. /Под общ. ред. В.И. Патрушева и А.И. Рембезы. –М: Машиностроение, 1988. –320 с.

УДК 537.523: 620.2

*А. Г. Бубнов, Н. А. Шибнева\**

ФГБОУ ВО «Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России»

\*ФГБОУ ВО «Ивановский государственный химико-технологический университет»

#### **НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ ОЧИСТКИ ВОЗДУХА ОТ ФОРМАЛЬДЕГИДА В ДИЭЛЕКТРИЧЕСКОМ БАРЬЕРНОМ РАЗРЯДЕ**

Приведены основные результаты по очистке воздуха от критериального органического поллютанта – формальдегида в диэлектрическом барьерном разряде (ДБР). Показано, что внедрению данного метода в промышленность препятствует полное отсутствие данных по надёжности собственно разрядных ячеек, использующихся для реализации ДБР.

**Ключевые слова:** диэлектрический барьерный разряд, надёжность, работоспособность, безотказность, наработка на отказ.

A. G. Bubnov, N. A. Shibneva

## SOME ASPECTS OF AIR CLEANING OF FORMALDEHYDE IN DIELECTRIC BARRIER DISCHARGE

The main results for air cleaning from criterial organic pollutant – formaldehyde in dielectric barrier discharge (DBD). It is shown that the implementation of this method in industry is hampered a complete lack of data on the reliability of the actual bit cell to be used for the implementation of DBD.

**Keywords:** dielectric barrier discharge, reliability, operability, reliability, time between failures (MTBF).

В настоящее время уровень загрязнения приземного слоя воздуха большинства областных и промышленных центров России постоянно превышает допустимый, причём, в связи с возрастающей моторизацией населения, растёт вклад в этот уровень летучих органических соединений (ЛОС), качественный состав которых в выхлопных газах автомобилей насчитывает более 200 наименований. Известно, что большее ЛОС, в том числе и формальдегид ( $\text{CH}_2\text{O}$ ), которые содержатся в атмосфере городов, являются потенциальными мутагенными и канцерогенными веществами.

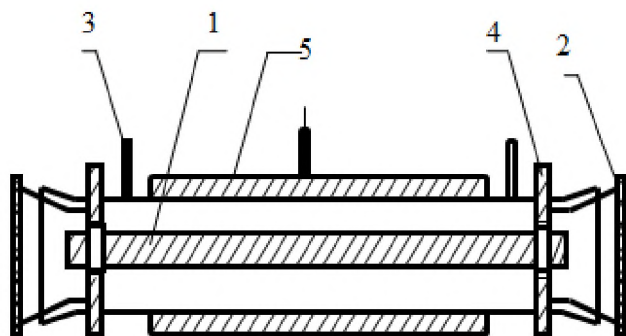
Следствием этого является необходимость подавления ЛОС из-за их наличия в воздухе и/или потребность в очистке отходящих газов в т.ч. и от  $\text{CH}_2\text{O}$ . Среди множества направлений решения подобных экологических проблем, созданных химическим загрязнением окружающей среды, именно методы химии высоких энергий (ХВЭ) характеризуются высокой эффективностью обезвреживания и детоксикации обрабатываемых воздушных смесей, загрязнённых ЛОС (не менее чем на 95–99 %). Причём одним из наиболее перспективных для охраны окружающей среды, по мнению большинства учёных, занимающихся аппликацией методов ХВЭ, является применение для этих целей неравновесной низкотемпературной плазмы и, в частности, диэлектрического барьерного разряда (ДБР) см. например, [1] и [2].

Таким образом, актуальность наших исследований определяется как необходимостью снижения уровня загрязнения атмосферы наиболее распространёнными и токсичными ЛОС (альдегидами), так и аппликацией разрабатываемых новых эффективных, энергетически выгодных методов нейтрализации органических соединений (на примере  $\text{CH}_2\text{O}$ ), содержащихся в отходящих газах промышленных предприятий.

Вид реактора коаксиальным расположением электродов (КС) приведён на рис. 1. В разрядном устройстве один из электродов был изолированным (диэлектрик толщиной 1,5 мм из стекла С-49-2), а другой – неизолированным.

Газ-носитель, пропускаясь через поглотительный сосуд, в который помещалось необходимое количество (5-15 мл) исследуемой жидкости или твёрдого вещества (в случае фенола и параформальдегида не более 5 г), а затем поступал в разрядник. В качестве газов-носителей использовались технический кислород (99,8 %), аргон (99,95 %), гелий (99,95 %) и воздух. Расход газа-носителя изменялся в диапазоне 0,2-30 см<sup>3</sup>/с. Концентрации формальдегида, оксидов азота,  $\text{CO}_2$  и  $\text{CO}$  в газовой фазе находились стандартными фотометрическими (фотокалориметр КФК-2 М, анализатор «Флюорат-02») и титриметрическими методами. Результаты контроля за концентрацией озона подробно описаны в [3].

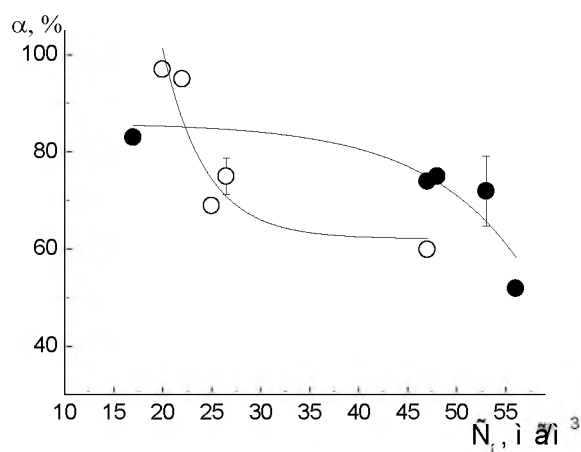




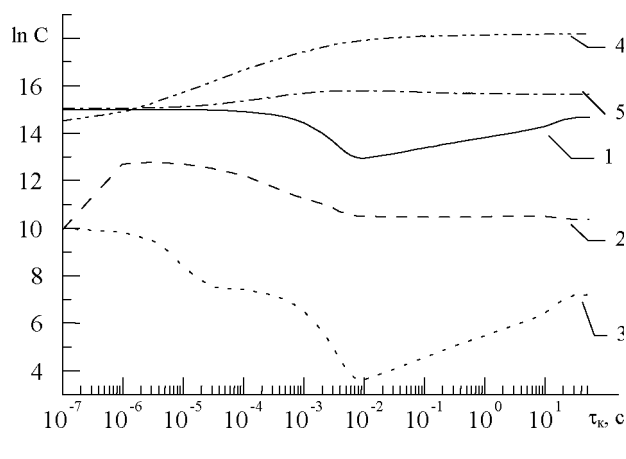
**Рис. 1.** Реактор ДБР с КС: 1 – электрод из Al (Ti), 2 – стекло из кварца, 3 – вход (выход) газовой смеси, 4 – центрирующие шайбы из Al, 5 – изолированный электрод (наполнение из алюминиевых опилок)

Из данных рис. 2 следует, что степень превращения ( $\alpha$ ) для  $\text{CH}_2\text{O}$  зависит от его начальной концентрации, поэтому во всех экспериментах первоначально определялись исходные концентрации формальдегида (на выходе из реактора без возбуждения разряда). Оказалось (см. рис. 2), что при использовании алюминиевого электрода максимальная степень превращения формальдегида составляла 99 %, а для титанового электрода – 83 %.

Моделирование механизма трансформации  $\text{CH}_2\text{O}$  в среде воздуха в условиях плазмы ДБР (57 реакций) проводили с помощью расчётов по программе KINETICS, разработанной Левицким А.А. (ИНХС РАН) для решения прямой кинетической задачи в изотермическом состоянии при численном интегрировании систем дифференциальных кинетических уравнений химических реакций методом Гира. Результаты расчётов по данной модели концентраций основных продуктов обработки формальдегида в плазме ДБР (воздух) приведены на (рис. 3).

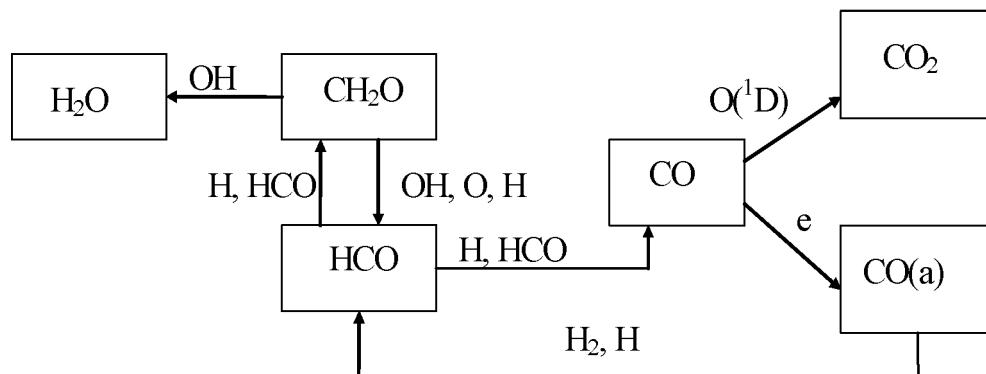


**Рис. 2.** Зависимость степени превращения формальдегида от его начальной концентрации при мощности вкладываемой в разряд  $W$  (мВт/см<sup>3</sup>): ○ – 197 (электрод из Al); ● – 221 (электрод из Ti)



**Рис. 3.** Концентрации формальдегида и основных продуктов его деструкции при различных от времени контакта при разложении  $\text{CH}_2\text{O}$  в воздушной плазме ДБР (расчёт). 1 –  $\text{CH}_2\text{O}$ ; 2 – CO; 3 –  $\text{H}_2\text{O}$ ; 4 –  $\text{NO}_2$ ; 5 –  $\text{O}_3$

В ходе работы с литературой, посвящённой обозначенной выше теме, выяснилось, что механизмы и закономерности большинства процессов, происходящих в устройствах ДБР при очистке выбросов от ЛОС уже достаточно хорошо изучены и исследованы. Так основной механизм трансформации формальдегида в плазме ДБР, отражён на приведённой ниже схеме, причём наибольший вклад в разложение  $\text{CH}_2\text{O}$  вносят реакции с атомами  $\text{O}$ ,  $\text{H}$  и радикалами  $\text{OH}$  [1]:



Таким образом, результаты экспериментов и моделирования процессов разложения  $\text{CH}_2\text{O}$  показали, что основными продуктами деструкции формальдегида в плазме БР являются  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{H}_2\text{O}$  и  $\text{H}_2$ . Они менее токсичны по сравнению с формальдегидом, поэтому применение плазмы БР позволяет нейтрализовать пары  $\text{CH}_2\text{O}$  в отходящих газах с эффективностью не менее 95 %, однако внедрению данного метода в промышленность, препятствует не только инертность разработчиков и конструкторов аппаратов промышленного уровня, но и полное отсутствие данных по надёжности (безотказности, работоспособности и наработке на отказ) собственно разрядных ячеек (в т.ч. неизолированных металлических электродов), используемых для реализации ДБР.

Без данных по наработке на отказ, интенсивности отказа, вероятности отказа и вероятности безотказной работы указанных ячеек сложно прогнозировать параметры безопасного и эффективного функционирования промышленных реакторов.

Именно получению данных по значениям показателей надёжности и посвящена наша работа.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Суровов А.М., Бубнов А.Г. Экоаналитический контроль процесса очистки воздуха от формальдегида в диэлектрическом барьерном разряде // Современные наукоемкие технологии. Региональное приложение. 2012. № 2. С. 87–94.
2. Бубнов А.Г., Буймова С.А. Биотестирование для оценки качества воздуха после его очистки от формальдегида в диэлектрическом барьерном разряде // Современные наукоемкие технологии. Региональное приложение. 2013. № 4 (36). С. 115–123.
3. Суровов А.М., Бубнов А.Г. Возможности метода абсорбционной спектроскопии при экоаналитическом контроле очистки воздуха от формальдегида в диэлектрическом барьерном разряде // Современные наукоемкие технологии. Региональное приложение. 2013. № 1 (32). С. 92–95.

УДК 614.8.084:614.86:656.08

*А. Г. Бубнов, В. Ю. Курочкин, И. В. Сараев, А. Д. Семенов*

ФГБОУ ВО «Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России»

## **ОЦЕНКА ПАРАМЕТРОВ РИСКА КАК КРИТЕРИЕВ ДЛЯ ОБОСНОВАНИЯ ВЫБОРА ПОЖАРНЫХ РУКАВОВ**

Обоснована возможность применения подхода, использующего безразмерный критерий общей пользы, для рационального выбора конкретного комплекта пожарных рукавов при оснащении пожарно-спасательных подразделений. Критерий рассчитывался исходя из надёжностных показателей рукавов, показателя стоимости жизни и затрат на предотвращение возникновения отказов рукавов на пожаре. Выявлено, что значение стоимости жизни незначительно влияет на результаты выбора комплекта рукавов при сопоставлении получаемых расчётом показателей общей пользы.

**Ключевые слова:** пожарные рукава, техногенный риск, надёжность, вероятность отказа, общая польза.

*A. G. Bubnov, V. Yu. Kurochkin, I. V. Saraev, A. D. Semenov*

## **ESTIMATION OF RISK PARAMETERS AS CRITERIA TO JUSTIFY THE SELECTION OF FIRE HOSES**

The possibility of applying the approach using the dimensionless criterion for the total benefit, for the rational choice of a particular set fire hoses if equipped fire and rescue departments. The criterion is calculated based on the reliability indices of the sleeves, measure the cost of living and cost to prevent rotation of failures sleeve on fire. It is revealed that the value of life has very little impact on the results of the selected set of sleeves when mapping obtained by calculating the total benefit.

**Keywords:** fire hoses, technogenic risk, reliability, the probability of failure, total benefit.

Известно, что пожарные рукава используются значительно чаще, чем другие виды пожарного оборудования. При этом до 85 % отказов пожарной техники приходится на долю пожарных рукавов [1]. Пожарный рукав – это гибкий трубопровод для транспортирования огнетушащих веществ, оборудованный пожарными соединительными головками. В свою очередь, рукава подразделяются на всасывающие (напорно-всасывающие) и напорные [2].

Стоимость пожарных рукавов и их эксплуатации составляют значительную величину по сравнению с другими видами пожарной техники [1]. Так, стоимость рукавов, которыми комплектуется автоцистерна до момента ее списания (примерно 15 лет), равна стоимости пожарного автомобиля (ПА).

При эксплуатации рукава подвержены механическому износу, микробиологическим гнилостным процессам, случайному попаданию на них химических активных веществ, воздействиям низких и высоких температур, а также необратимому процессу старения материалов рукавов. Воздействие на рукава этих постоянно действующих

факторов приводит к постоянному ухудшению их технического состояния и появлению постепенных отказов. Высокая надежность и долговечность напорных рукавов достигается при обеспечении: 1) высокой сопротивляемости механическому износу, гнилостным процессам и старению, а также воздействию химически активных веществ и тепловых источников; 2) удобства в эксплуатации (рукава должны быть легкими, гибкими, с малыми упругими деформациями); 3) снижения трудоемкости технического обслуживания до практически возможного минимума [1, 2].

На этапе применения рукавов до 60 % времени приходится на режим ожидания (рукава размещаются в специальных помещениях пожарных частей, при этом условия их временного хранения должны быть не хуже, чем при размещении рукавов на складах). Таким образом, среднее время пребывания в режиме дежурства за весь срок службы рукавов составляет 40 %. В этом режиме происходит наиболее интенсивное ухудшение технического состояния рукавов [1]. В результате механического износа и гнилостных процессов в тканях чехлов прочность рукавов снижается на 80 – 85 %, следовательно, всегда имеется вероятность появления отказов рукавов на пожаре. Механический износ проявляется в результате трения рукавов друг о друга и о стенки при их неправильной укладке в отсеках кузова и транспортировке в ПА (правильная укладка рукавов увеличивает их долговечность в 1,5 – 2 раза).

Время пребывания рукавов в режиме боевого использования составляет несопоставимо малую величину по сравнению со временем работы в других режимах. Так [1, 2] среднее время использования рукавов на пожарах и учениях составляет 60 – 80 ч при числе использования от 40 – 60 раз за весь срок службы (6 – 7 лет).

Характер использования рукавов предъявляет повышенные требования к безотказности их работы. Возникновение отказов в этом режиме наиболее опасно, т.к. среднее время устранения отказов увеличивает время тушения на 5 – 8 мин, что, в свою очередь, может привести к срыву или снижению эффективности действий пожарно-спасательных подразделений (ПСП).

Считается, что систематический контроль технического состояния рукавов позволяет уменьшить число постепенных отказов на пожаре до допустимо малых величин [1, 2]. Поэтому логично предположить, что повышение безотказности рукавов и уменьшение их дефицита достигается не только разработкой конструкции новых рукавов и их производства, а также дальнейшим совершенствованием системы эксплуатации рукавов в гарнизонах пожарной охраны.

Таким образом, время, затрачиваемое на тушение пожара, в значительной мере определяется техническими характеристиками, состоянием и надежностью применяемых пожарных рукавов. Количественной оценкой надежности технических устройств должна служить статистика отказов и рассчитываемый по ее результатам параметр наработки (однако указанные эксплуатационные статистические данные получить не представляется возможным ввиду отсутствия необходимости их фиксирования ПСП при ликвидации возгораний и пожаров, а также, поскольку документальное указание может понести должностные взыскания по всей служебной лестнице ответственности за осуществление рассматриваемых работ).

В настоящее время более десяти отечественных и зарубежных фирм выпускают различные комплекты пожарных рукавов. Следовательно, выбор конкретного поставщика (производителя) рукавов (отвечающего всем современным требованиям, в том числе обеспечивающим минимально необходимое время для обслуживания, наладки и профилактики) из указанных выше объектов-аналогов лицом принимающим

решение (ЛПР) по комплектованию им ПСП весьма затруднителен, поскольку статистика по частоте отказов оборудования и времени на его ремонт в пожарных гарнизонах не ведется.

Ранее в ряде работ было показано [3, 4], что для оценки величины уровня техногенного риска эксплуатации водоочистного оборудования можно использовать интегральный показатель – математическое ожидание ущерба от прекращения его работы. В таком случае, относительная общая польза, приносимая объектом (в нашем случае – пожарными рукавами) может быть оценена по формуле:

$$W = V/(G + B), \quad (1)$$

где  $V$  – величина предотвращенного ущерба ( $V=Y_{\text{впр}}$ , руб., оценка величины предотвращенного ущерба от смертности и ранений при ликвидации последствий пожара или стоимость снижения затрат на ликвидацию пожара);  $G$  – затраты на предотвращение и снижение уровня технического риска (в первую очередь эксплуатационные затраты на обслуживание рукавов), руб.;  $B$  – уровень технического риска, руб., который можно интерпретировать как математическое ожидание ущерба от этого риска.

Соответственно, чем выше величина  $W$ , тем более надежен и эффективен (относительно) тот или иной комплект пожарных рукавов.

Уровень техногенного риска ( $B$ ) в стоимостном выражении (математическое ожидание ущерба) рассчитывается следующим образом:

$$B = P_{\text{ав}} \cdot U_{\text{ав}}, \quad (2)$$

где  $P_{\text{ав}}$  – вероятность отказа оборудования при использовании рукавов на пожаре;  $U_{\text{ав}}$  – ущерб от возникновения отказа рукавов при тушении пожара.

Относительная общая польза ( $W$ ), приносимая объектом (в нашем случае – это тот или иной комплект пожарных рукавов) при спасении одной человеческой жизни могла бы быть рассчитана при известных данных о затратах ( $G$ ) на предотвращение отказов того или иного рассматриваемого комплекта (или его элементов). Если же к этому знать реальные вероятности отказа рукавов ( $Q$ ), можно получить более достоверные цифры для сравнения комплектов рукавов (причём, чем выше величина  $W$ , тем более надёжен и эффективен (относительно) тот или иной комплект).

Статистически достоверные эксплуатационные данные по отказам рукавов при существующей системе учета подобных событий, в том числе по причине нежелательности огласки получить не представляется возможным. Поэтому для осуществления расчетов величины  $W$ , а также для случаев выбора того или иного комплекта рукавов при определении вероятностей неблагоприятных событий (отказов) можно воспользоваться методом построения и анализа «деревьев отказов» (АДО) [5] технологических процессов – как наиболее часто используемого и наглядного. Тем более, что он рекомендуется нормативными документами, например [6], где и приведен пример построения «дерева отказов» (для более сложных случаев примеры приведены в многочисленной технической литературе, в качестве отправной точки можно рекомендовать) [7].

Кроме того, для приближенных расчетов вероятность отказа оборудования  $P_{ав}$  равна:

$$P_{ав} = 1 - K_{бр} , \quad (3)$$

где  $K_{бр}$  – коэффициент безотказной работы.

Допустимое значение вероятности безотказной работы выбирается в зависимости от степени опасности отказа и определяется установленными нормативными документами [8]. То есть допустимая вероятность безотказной работы не должна превышать 0,99 [9]. Приближенный расчет  $K_{бр}$  [10, 11, 12] дает величину 0,9938. Соответственно, расчетная вероятность отказа рукавов  $P_{ав}$  не должна превышать: 0,0062.

Наихудшим событием с рукавами на пожаре является их отказ и возможное замедление темпа тушения пожара, ущерб от указанного отказа ( $Y_{ав}$ ) будет зависеть от смертности и тяжести заболеваний, потерей времени, связанных именно с замедлением скорости тушения пожара.

Поскольку стоимость жизни в России на законодательном уровне до сих пор не определена, то для расчета  $Y_{ав}$  можно воспользоваться показателем статистической стоимости жизни (ССЖ), применяемым в случае необходимости принятия решений на государственном уровне, например, для оценки целесообразности реформ, проектов и мер (ССЖ предложил использовать для этих целей НИИ экологии человека и гигиены окружающей среды Российской Академии медицинских наук); ССЖ не применяется в настоящее время для принятия решений о компенсации за причиненный ущерб).

$$ССЖ = \frac{ВВП \cdot T_{ср}}{N} , \quad (4)$$

где ВВП – валовой внутренний продукт, руб.;  $N$  – количество населения в регионе;  $T_{ср}$  – средняя продолжительность жизни. Экономический ущерб от ранений (в первом приближении) берется равным 0,1 от ССЖ (на 1 реципиента).

Согласно данным Центра стратегических исследований компании РОСГОССТРАХ в 2015 году «стоимость» человеческой жизни составляет в России 4,5 млн руб. [11].

Следовательно, относительная общая польза, приносимая объектом (в нашем случае – это тот или иной комплект рукавов) при спасении одной человеческой жизни могла бы быть рассчитана при известных данных о затратах на предотвращение отказов того или иного рассматриваемого рукава. Если же к этому знать реальные вероятности отказа оборудования  $P_{ав}$  можно получить более достоверные цифры для сравнения рукавов.

Таким образом, предложенный подход к оценке надежности пожарных рукавов может дополнять представляемые фирмами-производителями результаты сертификационных испытаний – для принятия управленческих решений по включению/не включению в стандартный комплект рукавов, используемых ПСП.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Безбородько, М.Д.* Пожарная техника: учебник / под ред. М.Д. Безбородько. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2004. – 550 с.
2. *Теребнев, В.В.* Пожарно-техническое вооружение. Устройство и применение / В.В. Теребнев, Н.И. Ульянов, В.А. Грачев – М.: Центр Пропаганды, 2007. – 328 с.
3. *Бубнов, А.Г.* Экологические технологии: выбор метода очистки воды от органических поллютантов / А.Г. Бубнов, В.И. Гриневич, А.А. Гуцин // Инженерная экология. – 2006. – № 2. – С. 3–7.
4. *Бубнов, А.Г.* Методология выбора способа очистки воды от органических соединений с использованием параметров экологического риска / А.Г. Бубнов, В.И. Гриневич, А.А. Гуцин, Н.А. Пластинина // Изв. вузов: Хим. и хим. тех. – 2007. – Т.50. – Вып. 8. – С.89–93.
5. *Тарасова, Н.П.* К вопросу об оценке потенциальной опасности химико-технологического объекта / Н.П. Тарасова, Н.П. Анохина, А.В. Малков и др. // Химическая промышленность. – 1994. – № 6. – С. 20–24.
6. РД 03-418-01. Методические указания по проведению анализа риска опасных производственных объектов (утв. Постановлением Госгортехнадзора РФ от 10.07.2001 № 30).
7. *Алымов, В.Т.* Техногенный риск. Анализ и оценка: учебное пособие для вузов / В.Т. Алымов, Н.П. Тарасова. – М.: ИКЦ «Академкнига», 2004. – 118 с.
8. *Пронин, А.С.* Надежность машин / А.С. Пронин – М.: Машиностроение, 1978. – 592 с.
9. ГОСТ Р 22.9.01-95. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Аварийно-спасательный инструмент и оборудование. Общие технические требования. – М.: Издательство стандартов, 1995.
10. *Бубнов, А.Г.* Оценка параметров риска как критериев для обоснования выбора аварийно-спасательного оборудования / А.Г. Бубнов, В.Ю. Курочкин, Ю.Н. Моисеев // Пожарная и аварийная безопасность: материалы VI Международной научно-практической конференции посвященной 45-летию Ивановского института ГПС МЧС России., Иваново, 28-30 ноября 2011 г.: в 2 ч. / под общ. ред. И.А. Малого. – Иваново, ИВИ ГПС МЧС России, 2011. – Ч. 1. – С. 21–24.
11. *Сараев, И.В.* Относительная общая польза – дополнительный комплексный критерий выбора пожарных рукавов / И.В. Сараев, А.Г. Бубнов, В.Ю. Курочкин, Ю.Н. Моисеев, А.Д. Семенов // Пожаровзрывобезопасность. – 2015. – Т.24. – №4. – С. 66–71.
12. *Бубнов, А.Г.* К вопросу о критериях выбора пожарно-спасательного оборудования / А.Г. Бубнов, В.Ю. Курочкин, Ю.Н. Моисеев // Современные наукоемкие технологии. Региональное приложение. – 2014. – №1. – С. 89–94.
13. <http://www.rgs.ru/>.

УДК 623.355.6

*А. А. Бурлаков, В. С. Воловиков*

ФГК ВОУ ВО «Военная академия связи им. Маршала Советского Союза С.М. Буденного»

## **ПОДХОД К ОПРЕДЕЛЕНИЮ КАТЕГОРИЙ ТЯЖЕСТИ ПОСЛЕДСТВИЙ ОТКАЗОВ СОСТАВНЫХ ЧАСТЕЙ ТЕХНИКИ СВЯЗИ И АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ**

Ремонт техники связи является одним из важнейших мероприятий по восстановлению работоспособности сетей связи. Эффективность функционирования системы восстановления напрямую зависит от наличия запасных частей. Подходы к определению значимости номенклатуры запасных частей составляют проблемную научно-техническую задачу.

**Ключевые слова:** техника связи и автоматизированных систем управления, запасная часть, надежность сети связи, сети связи общего пользования.

*A. A. Burlakov, V. S. Volovikov*

## **THE APPROACH TO DEFINING THE CATEGORIES OF SEVERITY OF CONSEQUENCES OF FAILURES THE COMPONENT PARTS OF COMMUNICATION EQUIPMENT AND AUTOMATED CONTROL SYSTEMS**

Repair of communication equipment is one of the most important events in the recovery of communication networks. The efficiency of the recovery system depends on the availability of spare parts. Approaches to determining the significance of the nomenclature of spare parts are problematic scientific and technical challenge.

**Keywords:** communication technology and automated control systems, spare part, reliability of the communication network, the communication network of General use.

В условиях, когда имеются какие-либо ограничения на объем запасов материальных средств, необходимо применение критериев, позволяющих определять, какие запасные части (ЗЧ) из всего перечня потребуются в первую очередь. Очевидно, что значимость ЗЧ соответствует качественной оценке того влияния, которое оказывает конкретная составная часть (СЧ) на техническую готовность образца техники связи и автоматизированных систем управления (ТС и АСУ) (далее объекта) в целом.

За основу решения задачи определения показателя значимости СЧ можно принять рекомендации [1], в которых описана процедура, называемая анализом видов, последствий и критичности отказов (АВПКО). Рассмотрим условия, в которых объекты выполняют задачи в составе элементов сети связи по обеспечению информационного обмена между потребителями.

Анализ видов, последствий и критичности отказов предусматривает решение задачи классификации возможных отказов объектов, прослеживания причинно-следственных связей, обуславливающих их возникновение, а также проявления возможных последствий этих отказов.



Одним из основных требований, предъявляемых к сети связи общего пользования (ССОП), является требование к ее устойчивости [2] – свойству, механизм влияния отказавшей СЧ объекта на которое необходимо вскрыть. Сложность описания данного свойства для всей ССОП требует его декомпозиции по элементам. Это обусловлено следующим:

- отличием физической реализации различных видов и родов связи в современных условиях;
- важностью обмена информацией между определенными потребителями услуг связи;
- устойчивость является комплексным свойством.

В соответствии с [2] требования к устойчивости, непосредственно предъявляемые к различным объектам (типам ТС и АСУ), не приведены. Предлагаемые расчеты показателей данного свойства весьма приближенные, что требует дополнительных исследований в предметной области. Важно отметить, что данные требования характеризуют элементы первичных сетей, являющихся базовой основой для построения различных вторичных сетей, непосредственно обеспечивающих обмен информационными потоками между потребителями. Поскольку информация имеет различную важность в зависимости от степени важности обмена информацией между определенными корреспондентами, то к направлениям связи предъявляются разные требования, зависящие от значимости информационных направлений, обеспечиваемых ими (табл. 1).

*Таблица 1. Значимость информационных направлений*

№ п/п	Категория направления	Значимость информационного направления
1.	Категория 1	Направление, в котором арендуются каналы и тракты для организации информационного направления центральных органов государственного управления с государственными органами управления регионов
2.	Категория 2	Направление, в котором арендуются (выделяются) каналы и тракты для обеспечения информационного обмена региональных органов государственного управления с крупными промышленными и хозяйственными центрами государственного значения, находящимися на территории региона, и между региональными органами государственной власти
3.	Категория 3	Направление, в котором арендуются (выделяются) каналы и тракты между региональными органами государственного управления и органами управления субъектов Российской Федерации и между органами управления субъектов Российской Федерации

Требования, предъявляемые к устойчивости направлений связи различных категорий спецпотребителей также не представлены. Необходимость задания уровней устойчивости направлений связи диктуется, в первую очередь, требованиями к своевременности связи.

В общем случае устойчивость является сложным свойством и обеспечивается заданными уровнями живучести, помехоустойчивости и надежности. Требования по вероятности выживания направлений связи представлены в табл. 2.

**Таблица 2. Требования к живучести основных направлений связи для трех категорий спецпотребителей в зависимости от ущерба сетей электросвязи, наносимого воздействием внешних дестабилизирующих факторов**

Уровень ущерба	Ущерб сети связи, наносимый воздействием ВДФ, %	Коэффициент оперативной готовности направлений связи для различных категорий спецпотребителей $K_{ОГ}$			Коэффициент оперативной готовности для каналов связи обычных потребителей
		1	2	3	
Высокий	до 50	0,80	0,75	0,7	-
Средний	до 30	0,85	0,80	0,75	-
Низкий	до 10	0,9	0,85	0,8	0,8

Примечание: ВДФ – внешние дестабилизирующие факторы.

Надежность сети (объектов) связи определяется избыточностью и надежностью применяемых ТС и АСУ, то есть их безотказностью, ремонтпригодностью, сохраняемостью, долговечностью и возможностями системы восстановления по восполнению потерь, вызванных отказами данного оборудования. Требования к коэффициенту готовности сетей электросвязи приведены в табл 3.

**Таблица 3. Технические нормы показателей надежности сети электросвязи**

Тип сети электросвязи	Наименование показателя	Норма, не менее
Сеть междугородной и международной телефонной связи	Коэффициент готовности $K_{Г}$	0,999
Сеть зонной телефонной связи		0,9995
Сеть местной телефонной связи		0,9999
Телеграфная сеть электросвязи и сеть Телекс		0,9999
Сеть передачи данных		0,99

Коэффициент готовности  $K_{Г}$  – это вероятность того, что объект окажется в работоспособном состоянии в произвольный момент времени кроме планируемых периодов, в течение которых применение объекта по назначению не предусматривается [3]. Данный показатель характеризует два свойства надёжности – безотказность и ремонтпригодность. Стационарное значение коэффициента готовности (если оно существует) определяют по формуле

$$K_{Г} = \frac{T}{T + T_{В}}$$

где  $T$  – средняя наработка на отказ;  $T_{В}$  – среднее время восстановления.

Коэффициент готовности характеризует готовность объекта к применению по назначению только в отношении его работоспособности в произвольный момент времени. Различают стационарный и нестационарный коэффициенты готовности, а также средний коэффициент готовности.

Таким образом, при классификации видов отказов по тяжести последствий предлагается учитывать особенности применения соответствующих объектов на сетях связи. Для рассмотренных показателей устойчивости ССОП сформулируем классификационный признак категорий тяжести последствий отказов составных частей техники связи и автоматизированных систем управления – отказы, приводящие к нарушению информационного обмена. Это категории 1, 2 и 3 – виды отказа, которые могут привести к нарушению связи между корреспондентами направлений связи, относящихся к 1, 2 или 3 категории важности соответственно.

Представленный подход к определению категорий тяжести последствий отказов СЧ ТС и АСУ, учитывающий особенности их применения по назначению, требует дальнейшего развития для получения количественных характеристик критичности отказов составных частей. Расстановка составных частей по критичности в ряду значимости позволит сформировать перечень запасных частей, которым необходимо обеспечить ремонтные органы для ремонта техники связи и автоматизированных систем управления.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 27.310-95. Надежность в технике. Анализ видов, последствий и критичности отказов. Основные положения.
2. ГОСТ Р 53111-2008. Устойчивость функционирования сети связи общего пользования. Требования и методы проверки. – М.: Стандартинформ, 2009. – 16 с.
3. Чихачёв А. В., Дорошенко Г. П., Заяц С. В., Бурлаков А. А. Система вооружения и военной техники. СПб.: ВАС, 2015 – 316 с.

УДК 621

*А. С. Бушков, И. А. Легкова*

ФГБОУ ВО «Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России»

#### **ВОССТАНОВЛЕНИЕ ПОВЕРХНОСТЕЙ ДЕТАЛЕЙ МЕТАЛЛИЗАЦИЕЙ**

В статье раскрывается сущность металлизации восстанавливаемых поверхностей деталей машин. Приведена классификация металлизации и основные технологические аспекты. Приведены достоинства и недостатки каждого способа металлизации.

**Ключевые слова:** восстановление деталей, металлизация, восстанавливаемая поверхность детали, способы металлизации, технологический процесс.

*A.S. Bushkov, I.A. Legkova*

## RESTORATION OF SURFACE THE DETAILS BY METALIZATION

The article reveals the essence of metallization of the reconstructed surfaces of machine details. The classification of metallization and the main technological aspects are given. The advantages and disadvantages of each metallization method are given.

**Keywords:** restoration of details, metallization, renewable surface the detail, metallization methods, technological process.

Исследовательские и поисковые работы в области повышения надежности машин и агрегатов привели к разработке новых методов восстановительного ремонта. Одним из таких методов является металлизация изношенных поверхностей с целью восстановления исходных деталей или получения сверхтвердых покрытий.

Металлизацией называется нанесение расплавленного металла на поверхность детали. Металлизации подвергаются как неметаллические поверхности (стекло, бетон, пластмасса), так и металлические. В последнем случае металлизацией наносится другой материал, например, более твердый или коррозионно-стойкий.

Сущность процесса металлизации заключается в том, что металл, расплавленный электрической дугой, газовым пламенем или токами высокой частоты, струей сжатого воздуха наносится на предварительно подготовленную поверхность детали, образуя на ней металлическое покрытие.

В зависимости от способа расплавления наносимого металла различают электродугую, газовую, высокочастотную и плазменную металлизацию. Аппараты, при помощи которых производится металлизация, называют металлизаторами [1].

Дуговая металлизация заключается в расплавлении электрической дугой исходного материала и напылении его струей сжатого воздуха на поверхность детали. Электрическая дуга горит между двумя проволоками, протягиваемыми роликами. Струя сжатого воздуха вытягивает дугу. Скорость напыления с расстояния 30 мм от сопла 250 м/с.

Газопламенная металлизация осуществляется с помощью аппаратов, в которых металлическая проволока или порошковые материалы распыляются ацетиленокислородным пламенем или пламенем других горючих газов в смеси с кислородом. При таком способе металлизации повышается прочность сцепления, уменьшаются размеры распыливаемых частиц металла и снижается его окисление. Недостатками газопламенной металлизации являются низкая производительность и сложность установки.

Высокочастотная металлизация основана на принципе расплавления проволоки в зоне индуктора, состоящего из нескольких витков медной трубки, к которому подается ток высокой частоты от лампового генератора. Высокочастотная металлизация обеспечивает быстрый нагрев конца электродной проволоки, что уменьшает выгорание углерода и других элементов, делает покрытие однородным с пределом прочности на разрыв в 2,5 раза выше, чем при электродуговой металлизации. Но недостатком является сложность и высокая стоимость оборудования.

Плазменная металлизация осуществляется с помощью плазматронов, где плазмообразующий газ (аргон) протекает сквозь столб электрического разряда, частично или полностью ионизируется и превращается в плазму. Плазматрон состоит из катода и анода, охлаждаемых водой. От источника постоянного тока между катодом и анодом возбуждается электрическая дуга. Плазмообразующий газ, введенный в зону горения, ионизируется и выходит из анода плазматрона в виде струи небольшого сечения. Высокая электропроводность плазменной струи значительно повышает плотность тока, температуру газа и скорость его истечения. Плазменная металлизация обеспечивают более высокие, чем при других способах металлизации, механические свойства покрытия и более прочное его соединение с поверхностью детали. Покрытие обладает высокой износостойкостью и не снижает усталостной прочности детали. За счет высокой температуры плазменной струи можно наносить покрытия практически из любых материалов. Процесс полностью автоматизирован, что повышает производительность труда. В качестве плазмообразующего газа при распылении порошка кроме аргона применяют азот, водород, гелий.

Описанные способы металлизации применяют для восстановления начальных размеров и формы поверхностей изношенных деталей, а также для нанесения антифрикционных и износостойчивых покрытий, создания декоративных антикоррозионных и жаропрочных покрытий, заделки наружных раковин, устранения пористостей, трещин различного происхождения и т.п.

Технологический процесс ремонта деталей металлизацией состоит из трех этапов: подготовки поверхностей деталей к металлизации, нанесения металлизационного покрытия и обработки деталей после металлизации [1].

Подготовка поверхностей деталей к металлизации является важным этапом, так как от нее зависит качество сцепления металлизационного покрытия с металлом детали. Подготовка поверхности деталей к металлизации состоит из следующих операций: очистки и обезжиривания деталей от грязи, масел, окислов; мойки и сушки; создания шероховатости; защиты поверхностей, не подлежащих металлизации.

Создание шероховатости на металлируемой поверхности детали может быть выполнено пескоструйной обработкой (сухим крупнозернистым кварцевым песком под давлением сжатого воздуха), обдувкой металлическим песком или дробью, накаткой и т. п.

Поверхности деталей, не подлежащие металлизации защищают плотной бумагой, картоном или специальными кожухами из листовой стали. Масляные отверстия, шпоночные канавки и резьбовые отверстия защищают деревянными пробками или вкладышами, которые после нанесения металлизационного покрытия удаляются.

Далее на подготовленную поверхность деталей одним из вышеперечисленных способов наносят металлизационное покрытие. Нанесенный слой не является монолитным, а представляет собой пористую массу (пористость до 10% по объему), состоящую из мельчайших окисленных частиц металла. Твердость металлизационного покрытия определяется качеством наносимого материала.

Затем следует обработка деталей после металлизации. В зависимости от требуемой шероховатости и точности металлизированные цилиндрические поверхности деталей обрабатывают на токарных и шлифовальных станках, а плоские поверхности – на станках или вручную.

Рассматриваемый способ восстановления деталей обладает некоторыми недостатками: прочность сцепления покрытия с основным металлом получается невысокая, механическая прочность металла покрытия пониженная, при металлизации мелких деталей возникают крупные потери металла. Но, не смотря на это, металлизация восстанавливаемых поверхностей деталей находит достаточно широкое применение в ремонтном производстве, имея ряд преимуществ:

- возможность получения больших слоев наращиваемого металла (до 10 мм), что дает возможность ремонтировать детали с большим износом;
- нагрев ремонтируемой детали во время металлизации не превышает 70°C, вследствие чего термообработка, структура и механические свойства металла детали после металлизации не изменяются;
- благодаря пористости металлизированного слоя он способен поглощать масло (до 10–15%) и хорошо удерживать смазку [2], что обеспечивает хорошую износостойкость детали;
- возможность неоднократного восстановления поверхности деталей;
- возможность получения покрытия из любого металла и нанесения его на детали из любого материала (стали, чугуна, алюминия, бронзы и др.), любых размеров и конфигураций;
- возможность получения псевдосплавов (например, алюминия и свинца, меди и свинца и др.);
- сравнительно невысокая стоимость работ.

При восстановлении поверхностей деталей металлизацией можно значительно уменьшить запас сменных деталей, сократить сроки нахождения оборудования в ремонте и расход материалов (в первую очередь дефицитных) на изготовление деталей, увеличить срок межремонтной службы оборудования. В результате чего повышается производительность труда и снижается себестоимость ремонтных работ.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Захаров, Ю.А.* Восстановление металлизацией деталей транспортно-технологических машин и комплексов / Ю.А. Захаров, Е.В. Ремзин, Г.А. Мусатов. – Молодой ученый. – 2014. – №19. – С. 199–201.
2. *Зарубин, В.П.* Влияние смазочных материалов на процесс трения и изнашивания в узлах трения пожарной техники / В.П. Зарубин, И.А. Легкова. – NovaInfo.Ru, 2016. – №53. – Т.2. – С. 33–36.

УДК 62-762.8

*Е. А. Бушковский, А. А. Ляпин, А. Н. Мальцев*

ФГБОУ ВО «Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России»

## **ВЫБОР НАИБОЛЕЕ НАДЕЖНОГО И ФУНКЦИОНАЛЬНОГО БЫСТРОРАЗЪЕМНОГО СОЕДИНЕНИЯ ПОЖАРНЫХ РУКАВОВ**

В данной работе приведен сравнительный анализ быстроразъемных соединений, применяемых в пожарной охране Российской Федерации и за рубежом, а так же выбор наиболее надежного и функционального соединения пожарных рукавов.

**Ключевые слова:** полугайка, водозаборник, муфта.

*E. A. Buchkowski, A. A. Lyapin, A. N. Maltsev*

## **THE CHOICE OF THE MOST RELIABLE AND FUNCTIONAL COUPLINGS OF FIRE HOSES**

In this work the comparative analysis of quick disconnect couplings used in fire protection of the Russian Federation and abroad, as well as the selection of the most reliable and functional connection of fire hoses.

**Keywords:** polovica, intake, clutch.

В настоящее время в пожарной охране широкое применение получили быстроразъемные соединения (БРС), служащие для соединения пожарных рукавов, различного пожарного оборудования, применяемого для тушения пожаров и проведения аварийно спасательных работ (АСР). На данный момент основное применение получили быстроразъемные соединения с поворотным замыканием, а именно Гайка Богданова, Соединение типа Шторца (Гайка Шторца) и муфта СРТ.

Гайка Богданова, пожарная цапковая головка



**Рис. 1.** Гайка Богданова

Муфты цапкового типа использующиеся в комплектации плосковорачиваемых пожарных рукавов в России и других странах. По своему назначению полугайки подразделяются на напорные и всасывающие. Всасывающие головки применяются для забора воды из водоисточников с применением водозаборника, имеют не высокую стоимость и надежность, обеспечивая приемлемое соединение для пожарных рукавов.

Особенность конструкции данного соединения заключается в сцеплении двух одинаковых муфт, имеющие уплотнительные кольца для герметизации соединения. Хвостовая часть полугайки выполняется под гибкий рукав. Гайки Богданова по своей надежности превосходят менее надежное соединение Ротта, в процессе чего и были приняты на вооружения в подразделения пожарной охраны страны. Материалом исполнения послужил силумин, сплав алюминия и кремния.

## Соединения типа Шторца (гайка Шторца)



**Рис. 2.** Соединение типа Шторца

Данный тип муфты был создан в XIX веке и к настоящему времени является основным стандартом соединительных муфт для противопожарного оборудования в большинстве стран Европы и США. По сравнению с гайкой Богданова у этой муфты более сложная конструкция за счет которой увеличивается надежность соединения. Сцепление двух (трех) выступов одинаковых муфт, закрытого снаружи корпусом муфты. Имеет уплотнительное кольцо для герметизации соединения.

Хвостовик может быть выполнен с внутренней или наружной резьбой или под гибкий рукав. Более новые модификации имеют стопорный механизм. Материалом изготовления является латунь.

## Муфта СРТ



**Рис. 3.** Муфта СРТ

Муфты для рукавов высокого давления и жестких условий эксплуатации. Изначально конструкция муфты была разработана для военных полевых магистральных трубопроводов, соединение должно конструктивно простым, максимально прочным и герметичным при рабочих давлениях до 6,3 МПа. Допускаю возможность эксплуатации таких соединения на затяжных пожарах, а именно для прокладки магистральных линий до нескольких километров.

Данные полугайки рекомендуются к использованию в суровых климатических условиях и тяжелых режимах эксплуатации. В конструкцию входят две одинаковые полумуфты, соединенные замком в виде двух полуколец. Далее замок закрывается одним-двумя быстросъемными болтовыми соединениями. Рукав фиксируется на муфте полукольцами с болтовыми соединениями. Данное соединение изготовлено из нержавеющей стали, так же используется алюминий.



**Рис. 4.** Процесс соединения полугаек



Подводя итог и сравнивая быстроразъемные соединения, используемые в пожарной охране разных стран нужно учитывать такой факт, как климатические условия. Исходя из этого, соединения типа Шторца являлось бы менее надежным для применения в России, так как имеет более сложное строение в отличие от гайки Богданова и вызвало бы дополнительные трудности, такие как попадание песка, снега в рабочие органы полугаек и дальнейшей их разгерметизацией, что значительно бы увеличило время развертывания сил и средств, а также прокладки магистральных линий и подачу пожарных стволов для ликвидации горения.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Мальцев А.Н.* Сравнительный анализ характеристик быстроразъемных соединений, применяемых в пожарной отрасли российской федерации и за рубежом // novainfo.ru (электронный журнал.) – 2016 г. – № 55; url: <http://novainfo.ru/article/8842>

2. *Мальцев А.Н.* Некоторые способы защиты быстроразъемных соединений от воздействия ударных нагрузок // novainfo.ru (электронный журнал.) – 2016 г. – № 54; url: <http://novainfo.ru/article/8436>

УДК 681.5

*Н. О. Бык, В. Е. Иванов, И. А. Легкова*

ФГБОУ ВО «Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России»

#### ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ КВАДРОКОПТЕРОВ

В статье рассмотрены характеристики и возможности квадрокоптеров, перспективы их применения сотрудниками МЧС.

**Ключевые слова:** Мультикоптер, характеристики квадрокоптера, применение квадрокоптера.

*N. O. Byk, V. E. Ivanov, I. A. Legkova*

#### PROSPECTS FOR THE APPLICATION OF QUADROCOPTERS

The article considers the characteristics and capabilities of quadcopters, the prospects for their use by the Ministry of Emergency Situations.

**Keywords:** Multicopter, quadcopter characteristics, quadcopter application.

В последнее время особую популярность приобрели квадрокоптеры. Эти летательные аппараты стали популярны из-за их небольшого размера, точности управления, маневренности, мощности и стабильности.

Квадрокоптер (он же квадролёт, англ. quadrotor, quadcopter, четырёхроторный вертолет) – это летательный аппарат с четырьмя несущими винтами, вращающимися диагонально в противоположных направлениях [1]. Обобщённое название аппаратов подобного типа с произвольным количеством роторов – мультикоптер. Как правило,

чем больше винтов, тем мощнее и стабильнее он становится. Именно поэтому профессиональные мультикоптеры более высокого уровня имеют от 6 до 8 винтов (гексакоптер или октокоптер), но подобные модели в настоящее время стоят тысячи долларов. Конструкции квадрокоптеров и мультикоптеров существовали в течение довольно долгого времени, но все они были нестабильны. При наличии 4 несущих винтов, поддерживать их скорость вращения на нужном уровне, с целью сохранения положения и устойчивости квадрокоптера – задача не из простых.

О летающем механизме под названием «квадрокоптер» впервые заговорили в 1922 году, когда в Дейтоне (США) поднялся в воздух вертолет с четырьмя винтами [1]. Впоследствии он совершил около 100 полетов, но в серийное производство так и не пошел: изобретение попросту опередило свое время – производить столь сложные летательные аппараты в ту пору было технологически нецелесообразно. Вновь о квадрокоптерах вспомнили в 1950-х, однако дальше прототипов дело не продвинулось, хотя уже тогда их позиционировали как беспилотные аппараты. Летательные аппараты, применяющиеся со времен Второй мировой войны, были прерогативой армии и покрыты ореолом секретности. Только в 1990-х они вырвались на «свободу»: появились не только первые потребительские модели, но и «кустарные», создаваемые талантливыми робототехниками.

В настоящее время выпускающиеся квадрокоптеры постепенно совершенствуются и, с выходом каждой новой модели, их технические характеристики достигают новых высот (рис. 1) [2]. Скорость полёта современного мультикоптера может быть от нуля (неподвижное висение в точке) до 100–110 км/ч.



Рис. 1. Квадрокоптер

Запас энергии батарей позволяет отдельным моделям мультикоптеров улететь на расстояние до 7-12 км, на практике же

максимальное расстояние, на которое они способны улететь с последующим возвратом в точку взлёта, обычно ограничено или прямой видимостью (100–200 м при ручном управлении), или дальностью действия аппаратуры радиуправления и видеолинка. При этом лучшие образцы подобной аппаратуры, использующие усилители мощности радиосигнала и систему направленных антенн, способны обеспечивать стабильные радиуправление и видеолинк на расстояния до 100 км. Таким образом, наибольшее ограничение на радиус действия квадрокоптеров накладывает именно время полёта [3]. Уже сегодня современный квадрокоптер можно легко приспособить для доставки груза, ведения аэрофотосъемки и многих других задач, которые достаточно сложно или финансово затратно решать другими способами. Совершенно очевидно, что в ближайшем будущем квадрокоптеры начнут массово использоваться в целом ряде областей. Квадрокоптеры приходят на помощь и сотрудникам МЧС, позволяя в сжатые сроки выполнять поставленные задачи. Так как конструкции небольших размеров, их легко транспортировать, управлять ими можно просто с пульта. Современные квадрокоптеры тесно интегрированы с электроникой, имеют сложное навигационное оборудование, собственные бортовые компьютеры и могут использоваться при любых погодных условиях. Они абсолютно спокойно противостоят ветру со скоростью до 90 км/час и могут эксплуатироваться при температурах от –30 до

+50°C. Характеристики современных квадрокоптеров позволяют осуществлять комплексный мониторинг пожароопасных ситуаций, например, в труднодоступных лесных массивах, фиксируя очаги пожаров и отслеживая их распространение. Применение квадрокоптеров не ограничивается пожарами, их можно использовать при мониторинге наводнений и других стихийных бедствий, а также при поиске людей. При проведении поисково-спасательных мероприятий, используя виртуальные глаза и уши квадрокоптера, можно существенно расширить возможности спасателей и повысить шансы пострадавших на получение помощи и выживание. С помощью квадрокоптеров также можно осуществлять доставку медикаментов и предметы чрезвычайной помощи пострадавшим и нуждающимся в зоны стихийных бедствий.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. <https://ru.wikipedia.org/wiki>.
2. *Иванов, В.Е.* Перспективные разработки беспилотных летательных аппаратов / В.Е. Иванов, И.А. Роммель, Д.Н. Вокуев. – Пожарная и аварийная безопасность: материалы XI Международной научно-практической конференции. – Иваново: ИПСА, 2016. – С. 244–245.
3. <http://masters.donntu.org/2014/fkita/loskutov/ind/index.htm>.

УДК 621.391

*А. М. Винограденко, А. П. Веселовский, О. Н. Бурьянов*  
ФГК ВОУ ВО «Военная академия связи им. Маршала Советского Союза С.М. Буденного»

#### **СПОСОБ ОПЕРАТИВНОГО КОНТРОЛЯ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПОДВИЖНЫХ СПЕЦСРЕДСТВ**

Предложен способ оперативного контроля за объектами измерения, позволяющий осуществлять обнаружение и замеры отклоняющихся параметров, их регистрацию и приоритетный опрос датчиков.

**Ключевые слова:** контролируемые объекты, допусковый контроль, техническое состояние.

*А. М. Vinogradenko, A. P. Veselovskiy, O. N. Buryanov*

#### **METHOD OF OPERATIONAL CONTROL OF TECHNICAL CONDITION OF MOBILE MEANS OF RESTRAINT**

The proposed method of operational control over the objects of measurement, allowing for detection and measurement of deviant parameters, their registration and priority survey sensors.

**Keywords:** controlled objects, admission control, condition.

Решение задач поддержания средств управления и связи в постоянной готовности к применению по назначению сопряжено с постоянным процессом оценки техни-

ческого состояния различных технологических объектов. Особенно актуально осуществление контроля подвижных средств, находящихся в дежурных условиях, от работоспособного состояния которых зависит выполнение поставленной задачи.

Существующие измерительные системы специального назначения осуществляют сбор и дальнейшую обработку измерительной информации при непосредственном подключении к контролируемому объекту, при этом требуется довольно высокий временной и людской ресурс. Кроме того, отсутствует учет предаварийных состояний (предшествующих аварийным состояниям) и, как следствие, оказывается невозможным текущий контроль состояния объекта и его систем на расстоянии: обнаружение отклонений контролируемых величин, измерение отклонившихся параметров.

Средства автоматизированного контроля, выполненные отдельно от конструкции контролируемого объекта, представляют собой самостоятельные изделия. Устройства контроля измерительной информации (ИИ) могут иметь вид схем сравнения и датчиков регистрации параметров сигналов, которые производят фильтрацию принятых сигналов, искаженных воздействием внешних факторов, и регистрацию параметров сигналов. Поток принятой ИИ проходит через определенные пороговые уровни. В случае превышения этого уровня, датчик принимает отрицательное решение по поступившему потоку ИИ, то есть возникает отказ. Выход любого параметра полученного измерительного сигнала  $X_i(t)$  за соответствующие пределы  $X_{ни}(t)$ ,  $X_{ви}(t)$  должен рассматриваться как сигнал об отказе аппаратуры, поступающий с датчика. Превышение допустимых значений определяется при сравнении этих параметров с установленными допусками. В этом случае происходят выбросы, то есть пересечение измеряемых процессов в объекте контроля (ОК) заданных пределов. Периодичность выбросов явление случайное, поэтому выход из строя аппаратуры – случайное событие. Измерительная информация поступает на контроллеры, осуществляющие программный опрос датчиков, не регулярно, а в виде случайного потока сигналов о состоянии аппаратуры, проходящего через определенные пороговые уровни, которые в случае выхода значений технологических параметров за пределы допусков формируют пакеты заявок и наделяют их статусом приоритетности.

Приоритетность заявок на обслуживание, поступающих с датчиков, определяется динамикой роста контролируемого параметра к установленному допуску. Это дает возможность прогнозировать: чем меньше времени до достижения допуска контролируемым параметром, тем выше приоритет заявки. Используя методы теории массового обслуживания было проведено моделирование процессов уплотнения ИИ, а также ее передачи средствам автоматизированного контроля для дальнейшей обработки. Таким образом, отдельные устройства контроля ИИ объектов могут быть выполнены в виде средств автоматизированного контроля, представляющих собой многофазные СМО, осуществляющих обнаружение и замеры отклонившихся параметров, их регистрации и приоритетный опрос датчиков, «снимающих» замеры с аппаратуры, находящейся в аварийном и предаварийном состоянии, что позволяет сократить потери информации, а также и задержки в ее получении диспетчерскими пунктами управления. Применение способа контроля технического состояния подвижных объектов позволит осуществлять оперативный контроль за большими группами оборудования специального назначения, повысить не только оперативность выявления их предаварийных состояний, но и скорость замены соответствующих блоков, модулей, стоек с использованием технологии беспроводной связи.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Винограденко А.М.* Система мониторинга технического состояния подвижных объектов военного назначения с использованием беспроводных технологий // Т-сomm «Телекоммуникации и транспорт». – №1. – 2015. – С. 51–55.
2. *Вишневский В.М., Титов А.Ю.* Методы и средства детектирования и идентификации транспортных средств в интеллектуальных транспортных системах // Научно-технический и производственный Журнал «Датчики и системы». – №9 (184). – 2014. – С. 59–68.
3. *Винограденко А.М.* Система для контроля параметров технологических объектов. Патент на полезную модель № 96676 от 10.08.2010.
4. *Баринов М.А., Будко П.А., Винограденко А.М.* и др. Программный комплекс мониторинга технического состояния электронного оборудования по дисциплине «Технического обеспечение связи и автоматизации». Хроники объединенного фонда электронных ресурсов Наука и образование. 2014. № 8 (63). С. 26.

УДК 355.469.34

*Р. Б. Ганижев*

ФГБВОУ ВО «Академия гражданской защиты МЧС России»

### **ОБЩИЕ И СПЕЦИАЛЬНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К КОНСТРУИРОВАНИЮ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ ДЛЯ ИХ ПРИМЕНЕНИЯ В УСЛОВИЯХ ГОРНОЙ МЕСТНОСТИ**

По всей территории России распределены горные массивы. При обеспечении сил МЧС России беспилотными летательными аппаратами необходимо учитывать возможность их применения в высокогорных районах. Анализ позволил сформулировать общие и специальные технические требования к конструированию БПЛА, применяемых в горной местности.

**Ключевые слова:** беспилотные аппараты, конструирование, общие требования, специальные требования, горная местность, территория страны.

*R. B. Ganiyev*

### **GENERAL AND SPECIAL REQUIREMENTS TO DESIGN OF UNMANNED AERIAL VEHICLES FOR USE IN MOUNTAINOUS CONDITIONS**

Throughout Russia distributed mountain ranges. The maintenance of the forces of EMERCOM of Russia unmanned aerial vehicles it is necessary to consider the possibility of their application in Alpine regions. The analysis allowed to formulate a general and special technical requirements to the design of the UAV used in the highlands.

**Keywords:** unmanned vehicles, design, general requirements, special requirements, the highlands, the territory of the country.

Применение беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) в условиях горной местности во многом отличается от их применения в равнинной местности или у поверхности моря, что предъявляет специальные требования к обеспечению их надеж-

ности и долговечности. В Российской Федерации исследование проблем применения подразделениями МЧС России БПЛА в горной местности особо актуально из-за распределения горных массивов по всей территории страны, где могут проводиться мероприятия защиты от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера и гражданской обороны: в Уссурийской тайге, Камчатском крае, по все территории Восточной Сибири, на Алтае, Саянах, Урале, Северном Кавказе, в Крыму и др. Многие из названных территорий имеют высокогорные районы, т.е. с абсолютной высотой – более 2500 м над уровнем моря. До 1500 м имеют высоту горы на Новой земле, около 500 м в Карелии и на Земле Франца-Иосифа.

Проведенный анализ позволил сформулировать следующие основные общие и специальные требования к конструированию БПЛА.

Первое. Основными общими требованиями к БПЛА, применяемым в горной местности являются:

- 1) необходимость полета на большую высоту;
- 2) повышенные требования устойчивости связи, включая загоризонтную (спутниковую) связь [1];
- 3) повышенная ветроустойчивость [2];
- 4) способность к работе в условиях пониженных температур, особенно источников питания;
- 5) способность к работе в условиях разряженности воздуха и др.

К концу 2016 г. на Северном Кавказе все главные управления были оснащены БПЛА, в основном «квардакоптер» вертолетного типа – Phantom. В Ингушетии есть БАЛА самолетного типа «Зала» БПЛА вертолетного типа. В Ставрополе, взамен французского, полгода проработавшего и не подлежащего ремонту, есть комплекс «Суперкам» и два крыла «Зала» с телекамерой и тепловизором. Надежность и долговечность указанных устройств имеет более низкие показатели при применении в горной местности, чем в более благоприятных равнинных условиях центральной части Европейской России.

Второе. Специальными требованиями к БПЛА самолетного типа подразделений МЧС России, выявленными в ходе проведения спасательных работ на Северном Кавказе являются [3]:

- 1) способность осуществлять обеспечивать поиск:
  - на максимальную дальность;
  - с получение качественного цветного изображения;
  - с применением тепловизоров;
- 2) способность сопровождать движущийся объект, который определен оператором как объект защиты.

Таким образом, выделяется вопрос о конструировании всего БПЛА как слагаемого конструкций каждого его составляющих технических элементов, включая устройства, обеспечивающие взаимодействие таких элементов.

Третье. Специальными требованиями к БПЛА вертолетного типа подразделений МЧС России, выявленными в ходе проведения спасательных работ на Северном Кавказе являются:

- 1) наличие устройств для сброса груза:
  - средств первой необходимости – малогабаритных радиостанций для связи при спасательных работ в горах, бинтов, жгутов, воды, небольших продуктовых наборов и др.;

спасательных веревок через горные реки, там, где другими способами это сделать не возможно;

2) наличие специальных устройств физической защиты от повреждений в случаях падений или ударов о твердую поверхность (скалы, деревья, ледники, строения и др.), например, защитных сеток, рам, амортизационных устройств и др.

Четвертое. При деятельности спасательных формирований в условиях антитеррористических операций или в военное время для применения БПЛА силами МЧС России актуальными будут задачи:

1) защиты БПЛА от взлома или перехвата управления, так как эти средства МЧС России используют, в основном, незашифрованный гражданский сигнал;

2) обеспечения выполнения задач в условиях активного применения БПЛА подразделениями войск национальной гвардии Российской Федерации, МВД России, ФСБ, Минобороны России и другими ведомственными структурами;

3) обеспечение соответствия применения БПЛА требованиям Женевских конвенций 1949 г. и Дополнительных протоколов к ним, правовому регулированию особого правового режима «чрезвычайного положения» [4, С. 98–99] и «военного положения»;

4) эффективной работы в условиях противодействий БПЛА противника [5].

Пятое. Важным требованием к конструированию БПЛА, является обеспечение «знания» беспилотником координат станции управления и того места, где он сам находится. Тогда, при потере сигнала связи, БПЛА может считывать свои координаты по азимуту и дальности, чтобы самостоятельно вернуться в свой пункт дислокации.

Заслуживает экспериментального исследования в горах израильский опыт комбинированного применения дирижаблей для сброса беспилотников и связи с ними.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Боев Н.М., Шаршавин П.В., Нигруза И.В. Построение систем связи беспилотных летательных аппаратов для передачи информации на большие расстояния. // Журнал Известия Южного федерального университета. Технические науки. Выпуск № 3 (152) / 2014.

2. Ефимов А.В. Планирование полёта беспилотного летательного аппарата при мониторинге наземной обстановки в заданном регионе с учетом воздействия бокового ветра: дис. ... канд. тех. наук: 05.13.01. Москва. 2012. 118 с.

3. Кошкин Р.П. Анализ и классификация тактико-технических характеристик беспилотных летательных аппаратов. Монография. – г. Курск.: Курский НИИ, – 2011. – С. 334.

4. Федотов С.Б. Понятийно-терминологические проблемы подготовки населения в области гражданской обороны и защиты от чрезвычайных ситуаций на территории ОДКБ// XXI Международная научно-практическая конференция «Актуальные проблемы формирования культуры безопасности жизнедеятельности населения», 17–18 мая 2016 г. – Москва: Изд-во ВНИИ ГОЧС МЧС России, 2016. – 245 с.

5. Шенк В. Время беспилотных «камикадзе». Военно-промышленный курьер. – 2007 г. – № 23.

УДК 614.843

*С. А. Гарелина, А. А. Каштанов, К. П. Латышенко, Н. Ю. Ларионов*  
ФГБВОУ ВПО «Академия гражданской защиты МЧС России»

## АНАЛИЗ РАБОТЫ ПОЖАРНЫМ ЛОМОМ КАК АВАРИЙНО-СПАСАТЕЛЬНЫМ ИНСТРУМЕНТОМ

В работе приведена классификация пожарного лома, проведён анализ работы пожарным ломом как аварийно-спасательным инструментом при пробивании отверстий и гибке газопроводных труб.

**Ключевые слова:** аварийно-спасательный инструмент, пожарный лом, математическое моделирование, анализ.

*S. A. Garelina, A. A. Kashtanov, K. P. Latyshenko, N. Y. Larionov*

## ANALYSIS OF THE WORK FIRE CROWBAR AS A RESCUE TOOL

This paper presents classification of fire scrap, analysis of fire crowbar as a rescue tool for punching and bending of gas pipes.

**Keywords:** rescue tools, fire scrap, mathematical modeling, analysis.

Ломы пожарные (рис. 1) бывают (ГОСТ 16714–71): ЛПТ – тяжёлый (рис. 2 а), ЛПЛ – лёгкий (рис. 2 б), ЛПУ – универсальный (рис. 2 в).

Механические свойства металла ломов должны быть не ниже, чем у стали Ст45 по ГОСТ 1050–2013. Заострённые рабочие части инструмента должны быть заточены, а затем термически обработаны на длине, не менее: 60 мм – для загнутых концов ломов; 150 мм – для прямых концов ломов. Твёрдость термически обработанных концов инструмента должна быть в пределах 48 – 54 HRC. Параметр шероховатости  $Ra \leq 2,5$  мкм по ГОСТ 2789–73.

Технические характеристики пожарных ломов ЛПТ, ЛПЛ и ЛПУ приведены в табл. 1.



**Рис. 1.** Пожарный достаёт лом из отсека пожарной машины



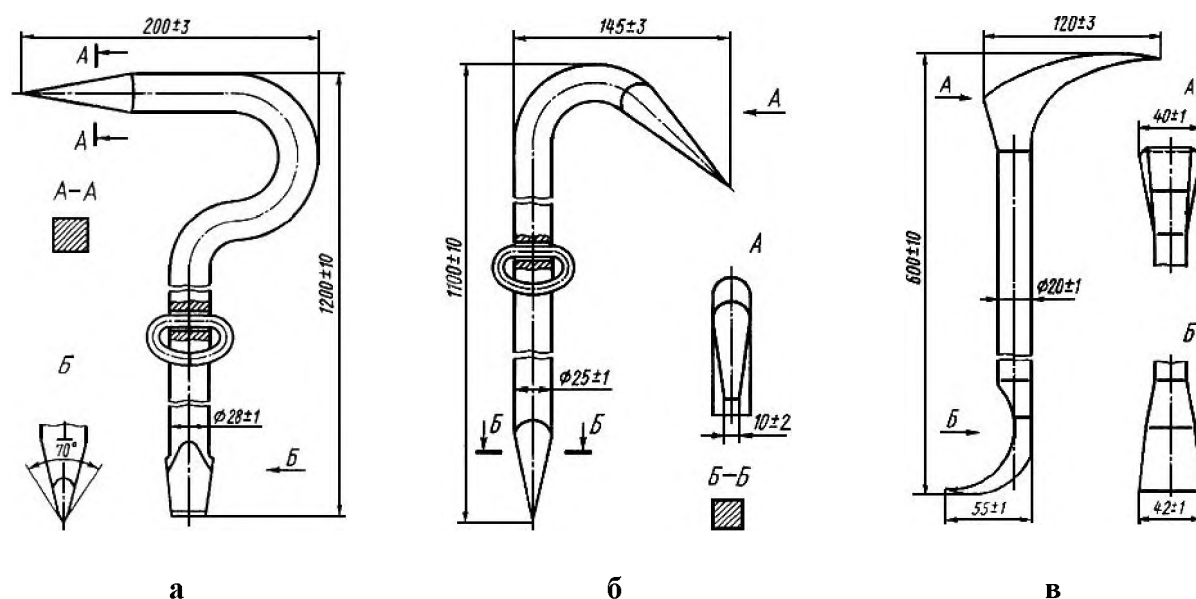


Рис. 2. Лом пожарный: а – тяжёлый; б – лёгкий; в – универсальный

Таблица 1. Техническая характеристика ломов

Параметр	ЛПТ	ЛПЛ	ЛПУ
Длина, мм	1200	1100	600
Ширина, мм	200	145	120
Диаметр стержня, мм	28	25	21,5
Масса, кг, не более	6,8	4,8	

Пожарный тяжёлый лом предназначен для тяжёлых рычажных работ по вскрытию конструкций, имеющих плотные соединения (полы, дощатые фермы, перегородки), а также для вскрытия дверей. Лом представляет собой круглый стержень, на верхнем конце которого имеется четырёхгранный крюк, а на нижнем – заточка на два канта. В верхней части лома на расстоянии 170 мм имеется кольцо диаметром 30 мм для подвески его на карабине.

Усилие, необходимое для пробивки отверстия ломом, равно

$$P = K\sigma_{cp}LS,$$

где  $\sigma_{cp}$  – сопротивление материала срезу,  $K = 1,1 \div 1,3$  – коэффициент, учитывающий притупление режущих кромок инструмента, неравномерность толщины материала;  $L$  – периметр отверстия;  $S$  – толщина пробиваемого материала, мм.

Диаметр лома равен для ЛПТ 28 мм, ЛПЛ – 25 мм и для ЛПУ – 21,5 мм.

Тогда для кровельного железа, изготовленного из холодно- (ГОСТ 19904–90) или горячекатаного (ГОСТ 19903–2015) проката толщиной 2 мм и  $\sigma_{cp} = 560$  МПа (примем  $K = 1,25$ ), пробиваемого тяжёлым пожарным ломом, это усилие равно

$$P = 1,25 \cdot 560 \cdot 10^6 \cdot 2\pi \cdot 14 \cdot 10^{-3} \cdot 2 \cdot 10^{-3} = 123 \text{ кН},$$

что по силе спасателю.

Если принять скорость удара ломом  $V = 12,5$  м/с, то кинетическая энергия лома (масса лома лежит равна 4,8 кг (ЛПЛ) и 6,8 кг (ЛПТ), см. табл. 2.11) равна  $K_{min} = \frac{mV^2}{2} = \frac{4,8 \cdot 12,5^2}{2} = 375$  Дж, а  $K_{max} = 530$  Дж.

В соответствии с теоремой об изменении количества движения, принимая время взаимодействия лома с пробиваемым телом  $t = 0,01$  с, получим минимальную силу  $F_{min} = \frac{mV}{t} = \frac{4,8 \cdot 12,5}{0,01} = 6000$  Н, а  $F_{max} = 8500$  Н.

В соответствии с теоремой об изменении кинетической энергии, принимая толщину пробиваемого тела  $l = 0,002$  м, получим минимальную силу  $F_{min} = \frac{mV^2}{2l} = \frac{4,8 \cdot 12,5^2}{2 \cdot 0,002} = 189$  Н, а  $F_{max} = 255$  кН.

Полученные значения усилия при пробивании отверстия, вычисленные разными способами, оказались сравнимыми между собой.

Оценим, трубу какого диаметра можно согнуть с помощью лома при производстве аварийно-спасательных работ. По ГОСТ 3262–75 газопроводные трубы имеют следующие размеры (табл. 2).

Таблица 2. Размеры газопроводных труб (с  $d_y = 25$  мм)

Условный проход	Наружный диаметр	Толщина стенки труб, мм			Масса 1 м труб, кг		
		лёгких	обыкновенных	усиленных	лёгких	обыкновенных	усиленных
25	33,5	2,8	3,2	4,0	2,12	2,39	2,91
32	42,3	2,8	3,2	4,0	2,73	3,09	3,78
40	48,0	3,0	3,5	4,0	3,33	3,84	4,34
50	60,0	3,0	3,5	4,5	4,22	4,88	6,16
65	75,5	3,2	4,0	4,5	5,71	7,05	7,88
80	88,5	3,5	4,0	4,5	7,34	8,34	9,32
90	101,3	3,5	4,0	4,5	8,44	9,60	10,74
100	114,0	4,0	4,5	5,0	10,85	12,15	13,44
125	140,0	4,0	4,5	5,5	13,42	15,04	18,24
150	165,0	4,0	4,5	5,5	15,88	17,81	21,63

Момент сопротивления трубы  $W$  с отношением диаметров  $c = \frac{d}{D} = \frac{25}{42,3} = 0,59$  равен  $W_y = W_z = \frac{\pi D^3}{32} (1 - c^4) = \frac{3,14 \cdot 42,3^3}{32} (1 - 0,59^4) = 3173$  мм<sup>3</sup> =  $3,173 \cdot 10^{-6}$  м<sup>3</sup>.

Условие прочности (по крайним волокнам в опасном сечении) имеет вид,  $\sigma_{max} = \frac{M_{max}}{W} \leq [\sigma]$ , откуда для стали Ст 45 с  $[\sigma] \approx 200 \text{ Н/мм}^2$  получаем  $M_{max} \leq [\sigma]W = 200 \cdot 10^{-6} \cdot 3,173 \cdot 10^{-6} = 634 \text{ Н}\cdot\text{м}$ . Таким образом, чтобы с помощью лома согнуть трубу с наружным диаметром 42,3 мм надо приложить к концу лома (1 м) силу, равную 634 Н, что вполне по силам спасателю.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ Р 22.0.02–94 БЧС. Термины и определения основных понятий.
2. ГОСТ Р 22.9.01–95 БЧС. Аварийно-спасательный инструмент и оборудование. Общие технические требования.
3. ГОСТ Р 22.9.28–2014 БЧС. Инструмент аварийно-спасательный. Классификация.
4. ГОСТ 3262–75 Трубы стальные водогазопроводные. Технические условия.
5. ГОСТ 16714–71 Инструмент пожарный ручной немеханизированный. Технические условия.
6. ГОСТ Р 51542–2000 Инструмент аварийно-спасательный переносной. Классификация.
7. Федорук В.С. Организация и ведение аварийно-спасательных работ. Часть 3. Аварийно-спасательный инструмент и оборудование. Книга 1 / В.С. Федорук. – Химки: АГЗ МЧС России, 2012. – 156 с.
8. Федорук, В.С. Организация и ведение аварийно-спасательных работ. Часть 3. Аварийно-спасательный инструмент и оборудование. Книга 2 / В.С. Федорук, С.А. Харитонов, В.Г. Желтов. – Химки: АГЗ МЧС России, 2012. – 173 с.

УДК 614.843

*С. А. Гарелина, Е. С. Дементьев\*, К. П. Латышенко*  
 ФГБВОУ ВПО «Академия гражданской защиты МЧС России»  
 \*ФКУ «Центральная база измерительной техники МЧС России»

#### **ПЕРЕДВИЖНЫЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ В СИСТЕМЕ МЧС РОССИИ**

Рассмотрены передвижные лаборатории для метрологического обеспечения средств измерения МЧС России. Показаны их достоинства и недостатки. Сформулированы требования к перспективному мобильному комплексу.

**Ключевые слова:** средства измерений, поверка, метрологическое обеспечение, передвижная лаборатория, перспективный мобильный комплекс.

*S. A. Garelina, E. S. Dementjev, K. P. Latyshenko*

## MOBILE METROLOGICAL COMPLEXES IN EMERCOM RUSSIA

Mobile laboratories for metrological maintenance of measuring instruments EMERCOM of Russia. Showing their strengths and weaknesses. The requirements to the prospective mobile complexes.

**Keywords:** measuring instruments, calibration, metrological support, mobile laboratory, promising mobile complex.

Технический уровень и тенденции развития современного пожарного и аварийно-спасательного оборудования и техники, необходимость поддержания в процессе эксплуатации их характеристик в готовности к применению, точности, мобильности и др. требуют постоянного наличия в местах дислокации подразделений МЧС России широкой номенклатуры и значительного количества исправных средств измерений (СИ). Данные СИ используют как для снятия показаний при использовании оборудования и техники по назначению, так и при проведении подготовки к применению (контроль его технического состояния, регулировка, настройка и ремонт).

Это привело к необходимости приближения технических средств метрологического обеспечения СИ к местам дислокации подразделений. Таким образом, задача комплексного технического обслуживания (поверка, регулировка, ремонт) СИ в местах их постоянного использования является одной из приоритетных задач метрологической службы МЧС России. При этом особо актуальной она становится в период крупномасштабных ЧС.

Метрологическое обслуживание СИ в местах постоянной дислокации подразделений МЧС России имеет ряд значительных преимуществ, которые позволяют:

- сократить время нахождения СВ в поверке;
- не выводить на длительное время специальную технику и оборудование из боевого расчёта;
- осуществлять регулировку, настройку и ремонт СИ на месте;
- оказывать методическую помощь лицам, эксплуатирующим СИ по назначению.

В настоящий момент в метрологических лабораториях МЧС России эксплуатируются следующие подвижные метрологические комплексы:

- КРИЛ-2 – контрольно-ремонтная измерительная лаборатория;
- ПЛИТ-А3-2 – подвижная лаборатория измерительной техники;
- КИП-У-1 – контрольно-измерительный пункт;
- ПРХМ-1М – подвижная ремонтно-химическая мастерская;
- ПМЛ – подвижная метрологическая лаборатория).

Проведём оценку возможностей, основных характеристик, преимуществ и недостатков данных подвижных метрологических комплексов. КРИЛ-2 на базе автомобиля повышенной проходимости УРАЛ предназначалась для поверки, регулировки и текущего ремонта СИ радиотехнических (30 видов) и электрических величин [1]. На рис.1 показан внешний вид КРИЛ-2 в развёрнутом виде. К основным недостаткам данного комплекса следует отнести непостоянство рабочих мест, т.к. рабочие эталоны и вспомогательное метрологическое оборудование не было закреплено стационарно на

рабочих местах, а располагалось на стеллажах и частично в тарных ящиках. Это приводило к значительному времени развёртывания и организации рабочих мест и требовало дополнительного стационарного помещения для проведения работ.

Подвижная лаборатория измерительной техники ПЛИТ АЗ-2 (кузова-фургоны типа К4320Д на шасси автомобиля КамАЗ-4310) предназначена для поверки, регулировки и текущего ремонта на объектах эксплуатации СИ радиотехнических, электрических величин, давления и массы [2].



**Рис. 1.** Внешний вид КРИЛ-2

Основным достоинством ПЛИТ-АЗ-2 является постоянное размещение приборов в амортизированных стойках на рабочих местах.

На рис. 2 показаны внешний вид и рабочее место в кузове-фургоне ПЛИТ-АЗ-2.



**Рис. 2.** Подвижная лаборатория измерительной техники ПЛИТ-АЗ-2

Серийный выпуск ПЛИТ-АЗ-2 осуществлялся с 1981 по 1989 год на заводе «Калибр» в г. Слуцке, Белоруссия. Всего было изготовлено и поставлено в ВС СССР и зарубежным заказчикам (Сирия, Иордания, страны Варшавского договора) более 100 комплексов. На данный момент ПЛИТ-АЗ-2 обеспечивает поверку основной номенклатуры СИ подразделений МЧС России (радиотехнических величин – 60 %, электрических величин – 70 %, давления и разрежения – до 80 %; массы – 86 %).

Подвижный контрольно-измерительный пункт КИП-У1 размещён на базе автомобиля ГАЗ-66 с унифицированным кузовом-фургоном и предназначен для поверки и текущего ремонта СИ электрических и магнитных величин, СИ давления и вакуума, вторичных теплотехнических приборов, СИ линейно-угловых величин [3]. Данный метрологический комплекс показан на рис. 3.



Рис. 3. Подвижный контрольно-измерительный пункт КИП-У1

Передвижная ремонтно-химическая мастерская ПРХМ-1М (на базе ГАЗ-66) предназначена для проведения периодического технического обслуживания и текущего ремонта приборов радиационной и химической разведки, приборов для спецобработки индивидуальных средств защиты [4]. Мастерская состоит из автомобиля с фургоном и специального прицепа, в состав которого входит бензоэлектрический агрегат, палатки, принадлежности и инструмент. В фургоне мастерской располагается градуировочное оборудование, являющееся рабочим эталоном для поверки дозиметрических приборов в полевых условиях (рис. 4).



Рис. 4. Передвижная ремонтно-химическая мастерская ПРХМ-1М в развёрнутом виде

Использование войсковых метрологических комплексов на этапе формирования и становления метрологических подразделений МЧС России сыграло важную роль в системном решении задач по обеспечению единства и требуемой точности измерений. В настоящее время эксплуатация подвижных метрологических комплексов войскового назначения осложнена с учётом следующих факторов:

- большие эксплуатационные расходы базовых шасси высокой проходимости (расход топлива, текущий и капитальный ремонт, износ и т.д.);
- несоответствие эталонной базы потребностям подразделений МЧС России;
- отсутствие автоматизации поверочных работ;
- снижение надёжности и увеличение числа отказов, в связи с длительностью эксплуатации комплексов (более 30 лет).

В период с 2002 по 2006 год в региональные метрологические лаборатории поступили на оснащение подвижные метрологические лаборатории (ПМЛ) 29620-С на шасси ГАЗ-2705. ПМЛ предназначена для поверки и регулировки СИ, проведения работ по радиационному контролю объектов и испытанию средств индивидуальной защиты органов дыхания, а также для транспортировки и хранения источников ионизирующих излучений в защитных контейнерах [5].

Внешний вид ПМЛ и рабочие места показаны на рис. 5.

Данный тип подвижных метрологических комплексов по результатам эксплуатации подтвердил соответствие заданному назначению применительно к условиям эксплуатации в МЧС России.



**Рис. 5.** Подвижная метрологическая лаборатория

В процессе эксплуатации ПМЛ были выявлены следующие недостатки:

- недостаточная эргономика рабочих мест поверителей;
- отсутствует возможность размещения двух рабочих мест одновременно;
- сложно создать требуемые значения температуры и влажности в фургон-лаборатории, особенно в зимний период;
- номенклатура рабочих эталонов и вспомогательного оборудования не в полной мере удовлетворяет потребностям поверки;
- колебания и скачки напряжения в розетках для питания поверочного оборудования при подключении питания от преобразователя и бензогенератора;
- время непрерывной работы от бензогенератора составляет не более 1,5 часов;
- повышенная вибрация в лабораторном отсеке, возникающая при движении автомобиля по грунтовым дорогам.

Развитие современных систем мониторинга окружающей среды, аналитического, пожарного и аварийно-спасательного оборудования, характеризующееся всё более возрастающими требованиями к точности и «диапазонности» измерений, предъявляет более высокие требования к подвижным метрологическим комплексам по расширению функциональных возможностей по поверке и ремонту СИ с обеспечением автоматизации поверочных работ и диагностирования отказов СИ, повышению надёжности функционирования, уменьшению массы и габаритов [6].

Проведённый анализ используемых в системе МЧС России СИ, с учётом количества, метрологических характеристик, мест дислокации, периодичности обслуживания и сопоставление с возможностями имеющихся подвижных метрологических комплексов, показал целесообразность проведения работ по разработке и изготовлению новой ПМЛ. Учитывая данные проведённого анализа и опыта эксплуатации ПМЛ, данный комплекс должен отвечать следующим основным требованиям:

- базовый автомобиль должен быть предназначен для движения по автодорогам с твёрдым покрытием, вследствие расположения подразделений МЧС России в крупных и средних населённых пунктах. Использование автомобилей повышенной проходимости повлечёт увеличение затрат на эксплуатацию;
- компоновка салона-лаборатории должна предусматривать размещение не менее двух рабочих мест одновременно;
- рабочие места должны быть оснащены средствами автоматизации и возможностью доступа к справочно-информационным интернет-ресурсам (федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений);
- в состав комплекса целесообразно включить палатку (пневмокаркасный модуль) для развёртывания рабочих мест по поверке СИ ионизирующих излучений и ядерных констант;
- предусмотреть возможность транспортировки и хранения источников ионизирующих излучений в составе поверочных дозиметрических установок, с учётом требований по обеспечению радиационной безопасности;
- номенклатуру рабочих эталонов необходимо расширить для проведения метрологического обслуживания СИ медицинского назначения, СИ физико-химического состава и свойств веществ, широко используемых в подразделениях экстренного реагирования;
- электропитание от распределительных щитов внешних сетей трёхфазного тока частотой  $50 \pm 1,0$  Гц напряжением  $380 \pm 38$  В или  $220 \pm 22$  В, а также электрогенератора;
- система жизнеобеспечения комплекса (кондиционер и отопитель) должна обеспечивать поддержание в салоне температуры  $20 \pm 5$  °С при изменении температуры наружного воздуха от минус 40 до плюс 40 °С.

В заключение хотелось бы отметить, что за подвижными метрологическими комплексами – будущее в системном решении задач по обеспечению единства и требуемой точности измерений в МЧС России. В настоящее время необходимо провести комплекс научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, по результатам которых предполагается определить облик перспективной ПМЛ.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Инструкция по эксплуатации на КРИЛ-2. 1988. – 64 с.



2. Техническое описание и инструкция по эксплуатации на ПЛИТ-А3-2. – Тг.550.074 ТО, 1987. – 120 с.
3. <http://www.russianarms.ru/forum> Контрольно-измерительный пункт КИП-У1.
4. Техническое описание и инструкция по эксплуатации на ПРХМ-1М. 1978 – 76 с.
5. Формуляр на подвижную метрологическую лабораторию (ПМЛ) 29620-С на шасси ГАЗ-2705. ПЛЮС.459323.025 ФО. 2006. – 29 с.
6. *Леонтьев, А.Г.* Метрологические комплексы военного назначения / А.Г. Леонтьев, В.В. Котович, Д.А. Кузнецов. – СПб.: СГУАП 2010. – 269 с.
7. Подвижная лаборатория измерительной техники ПЛИТ А2-4/1М // Вестник метролога № 2, 2014. – 40 с.

УДК 621.3.019.3

*А. Г. Головин, А. П. Гусев, Д. В. Киселев*

ФГК ВОУ ВО «Военная академия связи им. Маршала Советского Союза С.М. Буденного»

## **О НЕКОТОРЫХ ОСОБЕННОСТЯХ ИНТЕРПРЕТАЦИИ РЕЗУЛЬТАТОВ, ПОЛУЧЕННЫХ ПРИ ИСПЫТАНИЯХ НА НАДЕЖНОСТЬ**

В статье рассмотрен пример метода планирования испытаний на надежность. Приведены расчеты рисков поставщика и заказчика. Представлены характерные ошибки, которые могут возникнуть при интерпретации результатов. В заключении сделан вывод о зависимости приемочного и браковочного уровня от числа зафиксированных отказов.

**Ключевые слова:** испытания на надежность, риск поставщика, риск заказчика, приемочный уровень, браковочный уровень.

*A. G. Golovin, A. P. Gusev, D. V. Kiselev*

## **ABOUT SOME FEATURES OF THE INTERPRETATION OF THE RESULTS OBTAINED IN RELIABILITY TESTS**

The article presents an example of a method of planning reliability test. The calculations of the supplier and the customer risks are given. Some errors, that can arise, when interpreting the results, are presented. The conclusion was made that there is a dependence of acceptance and rejection rates on the number of fixed failures.

**Keywords:** reliability tests, supplier risk, customer risk, acceptance rate, rejection rate.

В настоящее время в большинстве руководящих документов рекомендуется метод планирования испытаний на надежность и интерпретации их результатов, основанный на расчетах с помощью распределения Пуассона.

При этом в качестве исходных данных выбираются приемлемые и для поставщика, и для заказчика приемочный и браковочный уровни и риски поставщика и заказчика. Причем предполагается, что эти исходные данные поставщик и заказчик устанавливают по взаимному соглашению.

Для произвольно выбранных границ приемки и браковки определяются точки пересечения горизонтальных уровней, соответствующих целому числу наблюдаемых отказов, и вертикальных сечений, первоначально проводимых через точки пересечения горизонтальных уровней, соответствующих целому числу зафиксированных отказов, и линии приемки. Пример подобного плана показан на рис. 1 [1].

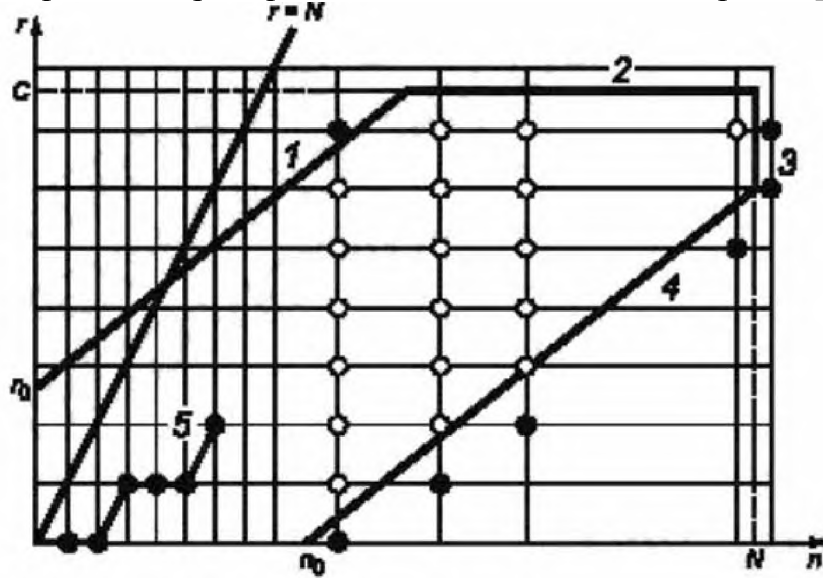


Рис. 1. Пример определения границ

Для выбранных приемочного и браковочного уровней вычисляются вероятности прохождения через внутренние  $q_l^{(k)}$  и граничные  $p_j$  точки:

$$q_l^{(k)} = e^{-\mu\Delta_k} \sum_{i=a_{k-1}}^{\min(l, b_{k-1})} q_i^{(k-1)} \frac{(\mu\Delta_k)^{(l-i)}}{(l-i)!}$$

$$p_j = q_{a_{k-1}}^{(k-1)} e^{-\mu\Delta_k},$$

где  $l$  – номер горизонтального уровня;  $k$  – номер сечения;  $b_k$  – номер верхней внутренней точки в  $k$ -ом сечении;  $q_l^{(k)}$  – вероятность того, что линия реализации пройдет через  $l$  линию в  $k$  сечении;  $\Delta_k$  – интервал суммарной наработки между соседними сечениями.

Риски поставщика  $\alpha$  и заказчика  $\beta$  при этом определяются по формулам:

$$\alpha = 1 - \sum_{j=0}^{R-1} p_j(T_\alpha),$$

$$\beta = \sum_{j=0}^{R-1} p_j(T_\beta),$$

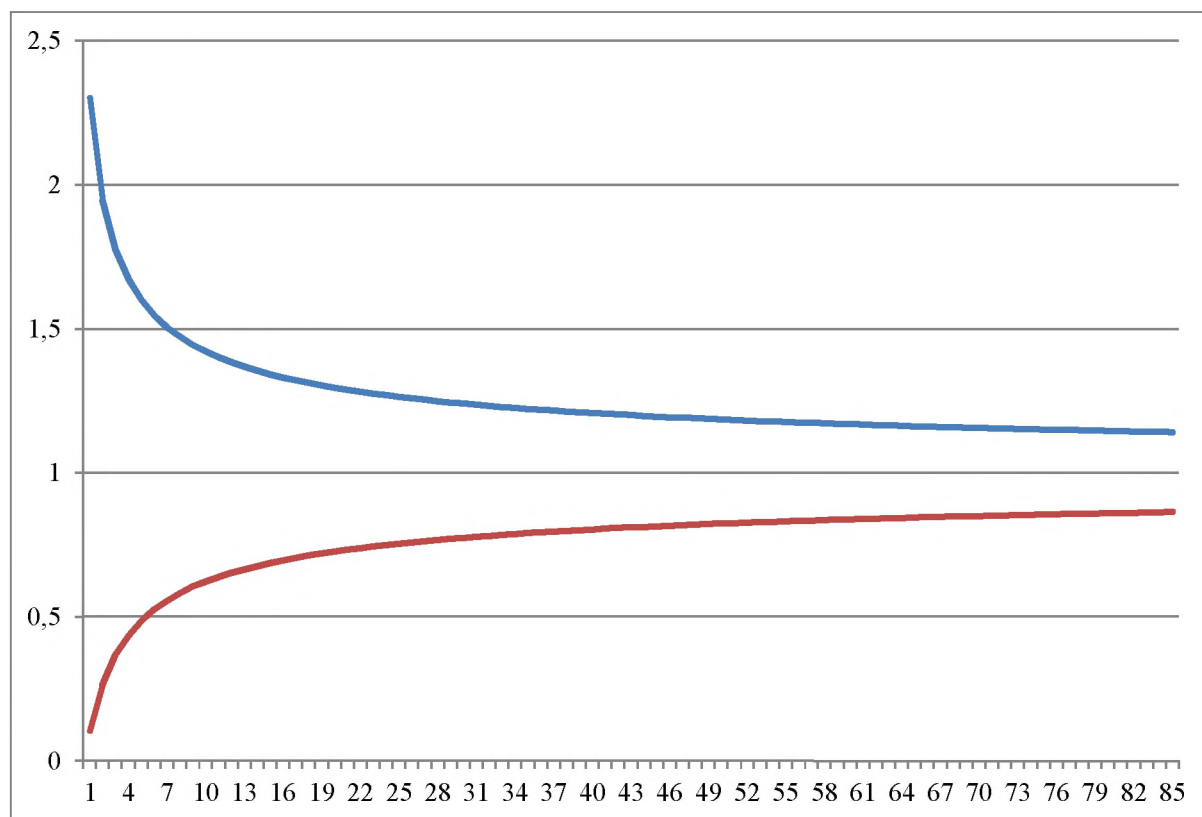
где  $T_\alpha$  – приемочный уровень;  $T_\beta$  – браковочный уровень ( $\mu = \frac{1}{T_\alpha}$  или  $\frac{1}{T_\beta}$ ).

Если риски поставщика и заказчика не равны выбранным заранее значениям, итерационно уточняются вертикальные сечения  $k$  до тех пор, пока  $\alpha$  и  $\beta$  не станут равны установленным значениям с приемлемой точностью. При этом новый, полученный в результате план иногда называют оптимальным. При этом риски поставщика и заказчика (потребителя) определяются следующим образом: [1]

Риск поставщика (изготовителя): Вероятность принятия решения о браковке изделия при условии, что истинное значение вероятности безотказной работы равно приемочному уровню.

Риск потребителя: Вероятность принятия решения о приемке изделий при условии, что истинное значение вероятности безотказной работы равно браковочному уровню.

Как показал проведенный анализ, на этом этапе возникает опасность неправильной интерпретации полученных результатов. Дело в том, что на интуитивном уровне под риском заказчика, например, понимается вероятность решения о приемке изделий при условии, что истинное значение параметра надежности не соответствует требованиям.



**Рис. 2.** График зависимости при фиксированных значениях риска поставщика и риска заказчика приемочного и браковочного уровня от числа зафиксированных отказов

Пусть, например, для средней наработки между отказами [2] в техническом задании зафиксировано требование  $T \geq 6000$  часов. Пусть также заказчик и поставщик согласовали приемочный уровень, равный требованию к средней наработке, т.е.  $T_\alpha = 6000$  часов, и браковочный уровень  $T_\beta = 6000/3 = 2000$  часов при риске поставщика

$\alpha$  равном риску заказчика  $\alpha=\beta=0,2$ . Если при данных условиях составить в соответствии с методикой план испытаний на надежность, то большинство представителей заказчика на практике будут уверены, что вероятность приемки негодного изделия будет равна 0,2. На самом же деле это вероятность приемки изделия, у которого средняя наработка между отказами меньше или равна 2000 часов, а вероятность приемки, например, изделия со средней наработкой между отказами равной 5900 часов, как показывают расчеты, равна 0,91. Дело в том, что если под риском поставщика понимать вероятность браковки изделия, соответствующего требованиям, а под риском заказчика понимать вероятность принять изделие, не соответствующее требованиям, то приемочный и браковочный уровни однозначно определяются рисками поставщика и заказчика и числом зафиксированных событий (отказов). [3, 4]

В частности, помимо метода, основанного на распределении Пуассона, существует метод, при реализации которого используются  $\chi^2$  или гамма-распределения и оценки полученных результатов путем определения доверительного интервала и доверительной вероятности. В частности, при контрольных испытаниях для проверки выполнения требований к средней наработке между отказами, доверительный интервал определяется как интервал  $[T_3; \infty]$ . Приемочный уровень при этом определяется таким образом, чтобы доверительная вероятность была равна  $1-\beta$ , а браковочный уровень так, чтобы доверительная вероятность была равна риску поставщика –  $\alpha$ .

Таким образом, при фиксированных рисках поставщика и заказчика приемочный и браковочный уровни при увеличении числа наблюдаемых событий приближаются к уровню  $T_3$ .

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ Р 27.403-2009. Надежность в технике. Планы испытаний для контроля вероятности безотказной работы. М.: Росстандарт, 2009 г.
2. ГОСТ 27.002-2015. Надёжность в технике. Термины и определения. 2015 г.
3. Киселев Д. В., Коморников П. М., Морозов Р. В., Семенов С. С. О подходах в оценке надежности аппаратно-программных средств связи. // Проблемы технического обеспечения войск в современных условиях. Сборник трудов конференции. Военная академия связи, 2016. С. 217-221
4. Киселев Д. В., Седличенко В. Г., Семенов С. С. Актуальные вопросы надежности программно-аппаратных средств и комплексов связи. // Проблемы технического обеспечения войск в современных условиях. Сборник трудов конференции. Военная академия связи, 2016. С. 222-224

УДК 620

*М. В. Гомонай, Ю. О. Беспалова*

ФГБВОУ ВО «Академия гражданской защиты МЧС России»

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ В ДЕТАЛЯХ ИНЖЕНЕРНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ПРИ ПОЖАРАХ**

Рассмотрены вопросы распространения температуры в сечениях материалов инженерных конструкций при пожарах и проведены экспериментальные исследования процесса нагрева деталей.

**Ключевые слова:** температура, материалы деталей, конструкции, экспериментальные исследования.

*M. V. Gomonay, J. O. Bepalova*

## **THE STUDY OF TEMPERATURE IN DETAILS OF ENGINEERING STRUCTURES IN FIRES**

The problems of temperature distribution in cross-sections of materials engineering structures in fire and experimental research of heat process details.

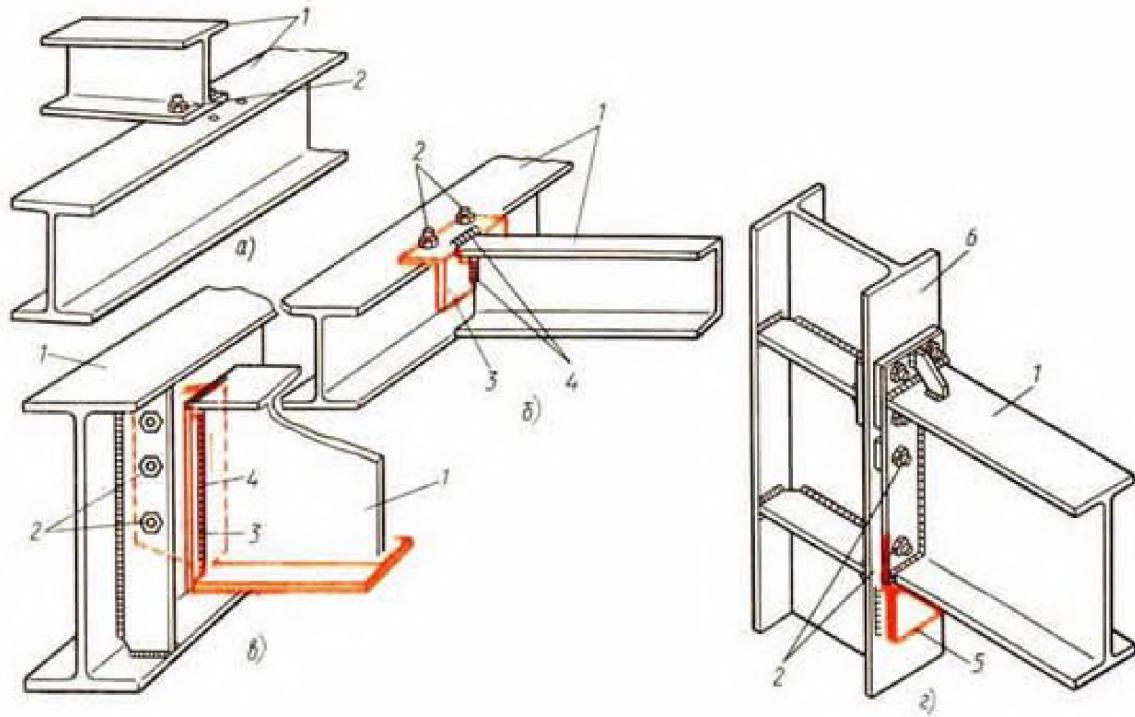
**Keywords:** temperature, parts materials, design, experimental

Инженерные конструкции - это сооружения, которые предназначены для восприятия разнообразных нагрузок и воздействий и их размеры определяются расчетным путем. Этим инженерные конструкции отличаются от архитектурных, размеры сечений которых назначены по архитектурным, теплотехническим и другим специальным требованиям. Инженерные конструкции изготавливают из стали, алюминия, бетона, железобетона и пр., т.е. они сборного типа. Соединительные элементы конструкций, служащие для скрепления между собой отдельных стержней и других деталей инженерных конструкций и машин: заклепки, болты, сварные швы, шпонки, вырубки и т.п. В наиболее ответственных конструкциях применяются заклепочные соединения деталей. Широко распространены конструкции с болтовым соединением деталей (рис. 1).

Стальные конструкции с железобетонными соединяют, преимущественно приваривая соединительные элементы к закладным деталям железобетонных конструкций. В некоторых случаях такие соединения выполняют на болтах.

Сварные соединения несущих конструкций производственных зданий, инженерных сооружений это жесткие соединения. К ним относятся стыки колонн, рамные соединения стропильных ферм и колонн. Такие соединения нашли широкое применение в промышленности. Инженерные конструкции в условиях пожара подвержены воздействию высоких температур (температура может меняться от стандартной до 800<sup>0</sup>С и более, причем изменение температуры происходит в короткое время). Под воздействием температуры меняются не только физико-механические характеристики деталей конструкции но изменяются их форма и размеры. Все это приводит к разру-

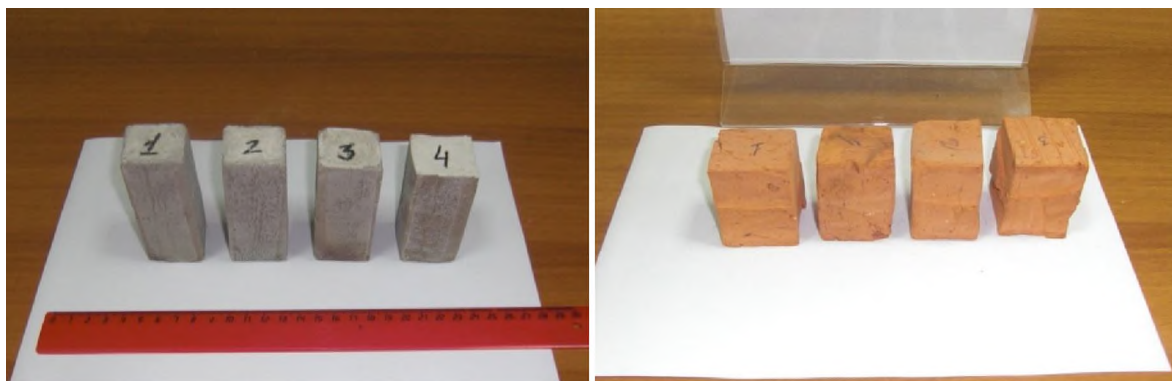
шению конструкции, вследствие чего и имеются случаи гибели людей. Знать скорость распространения температуры и характер изменения прочностных показателей деталей инженерных конструкций является важной задачей не только для спасательных формирований, но и для разработчиков инженерных конструкций.



**Рис. 1.** Болтовые соединения деталей стальных конструкций:

а - при этажном опирании балок, б - в - на опорных уголках, г - с опиранием на планку;  
1 - балки, 2 - болты, 3 - опорный уголок, 4 - сварной шов, соединяющий опорный уголок и балку, 5 - опорная планка, 6 – колонна

Цель данной работы определить изменения температуры в сечениях деталей инженерных конструкций. Для проведения экспериментальных исследований были приняты наиболее широко используемые материалы для инженерных конструкций (бетон, кирпич, металл). На рис. 2 приведены образцы из железобетона (данные приведены в табл. 1) и образцы из кирпича (данные в табл. 2).



**Рис. 2.** Образцы из железобетона и из кирпича

Таблица 1. Основные параметры образцов из железобетона

Номер образца	Масса, гр.	Размеры, мм.			Объем, м <sup>3</sup>	Плотность, кг/м <sup>3</sup>
		a	b	h		
1	209	36,2	35,5	81,2	0,0001043501	2002,873
2	198	34,6	34,5	79,0	0,0000943023	2099,631
3	194	35,0	35,0	75,0	0,0000918750	2111,565
4	186	36,0	35,2	73,0	0,0000925056	2010,689

Примечание: Средняя плотность образцов - 2056,1895 кг/м<sup>3</sup>.

Таблица 2. Основные параметры образцов из кирпича красного

Номер образца	Масса, гр.	Размеры, мм			Объем, м <sup>3</sup>	Плотность, кг/м <sup>3</sup>
		a	b	h		
1	179	37,2	41,7	64,0	0,0001003468	1783,814
2	174	37,4	41,3	64,0	0,0000988556	1760,143
3	192	39,2	43,0	65,0	0,0001095640	1752,400
4	167	36,4	41,3	65,3	0,0000981667	1701,188

Примечание: Средняя плотность образцов - 1749,386 кг/м<sup>3</sup>

Для измерения температуры использовался инфракрасный термометр (лазер 2-го класса) INFINITER IN TERM, имеющий следующие метрологи-ческие характеристики: коэффициент излучения 0,95, диапазон измерения от -30<sup>0</sup>С до +380<sup>0</sup>С, погрешность измерений (в диапазоне 0...380<sup>0</sup>С) ± 4<sup>0</sup>С, дискретность 0,1<sup>0</sup>С, спектральная чувствительность 6...14 мкм, время отклика < 1с. Время измерялось электронным секундомером, размеры образцов измерялись с помощью штангенциркуля электронного типа. Фрагменты опытов показаны на рис.3.

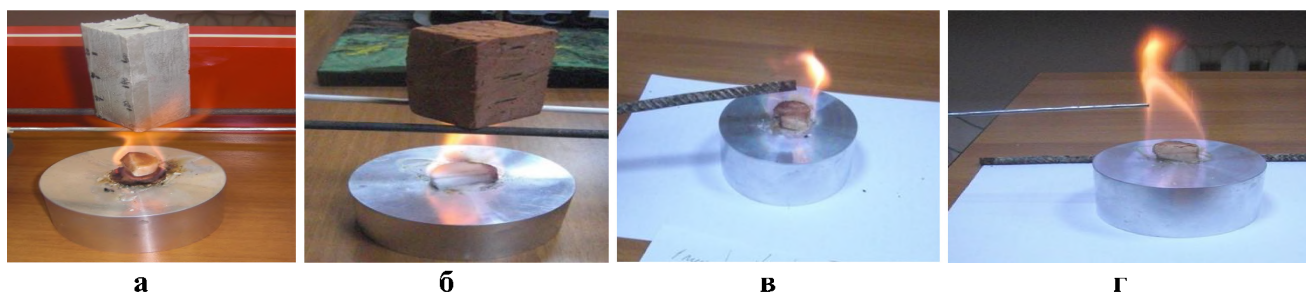


Рис. 3. Фрагменты опытов: А-образец из железобетона, Б- образец из кирпича, В-образец из стальной арматуры, Г- образец из круглой стали

Полученные экспериментальные данные представлены на графиках и в табл.3,4,5.

сталь круглая диаметром 5 мм

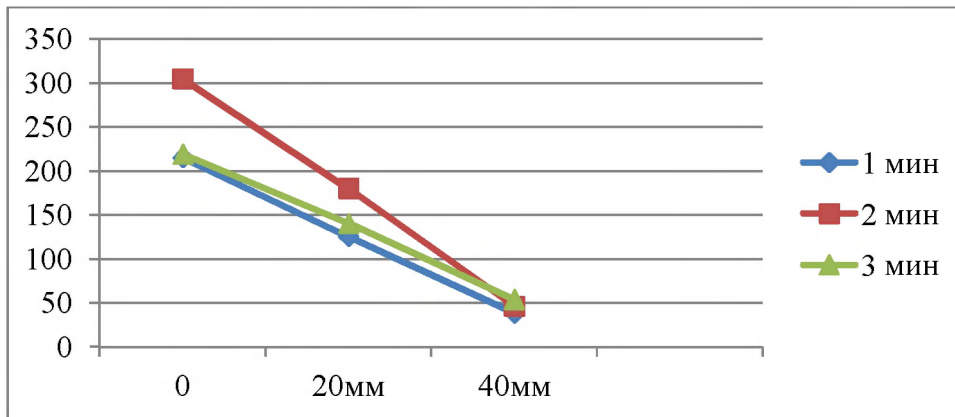


Рис. 4. График изменения температуры в сечении образца в зависимости от времени

Таблица 3. Изменение температуры в сечении металлического образца

Время, мин	Температура, °C на заданном расстоянии от торца образца, мм		
	0(торец образца)	20	40
1	215,1	125,4	38,6
2	304,6	180,1	46,3
3	291,0	140,4	54,0

сталь арматурная диаметром 8 мм

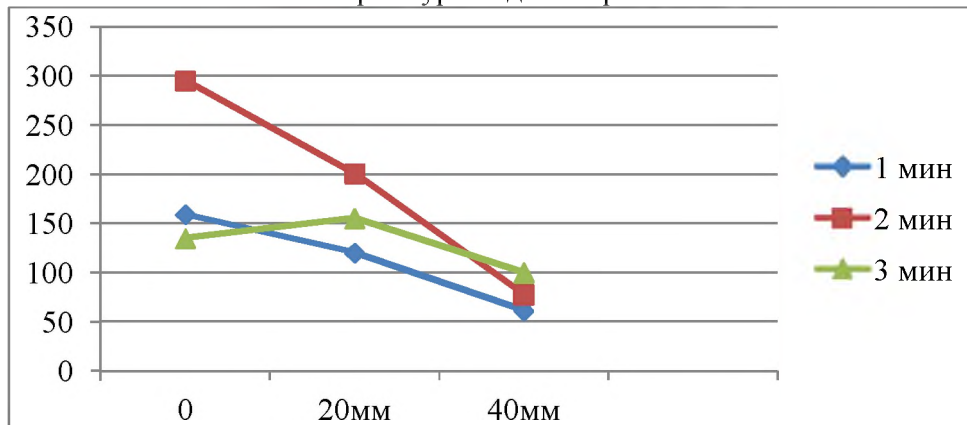


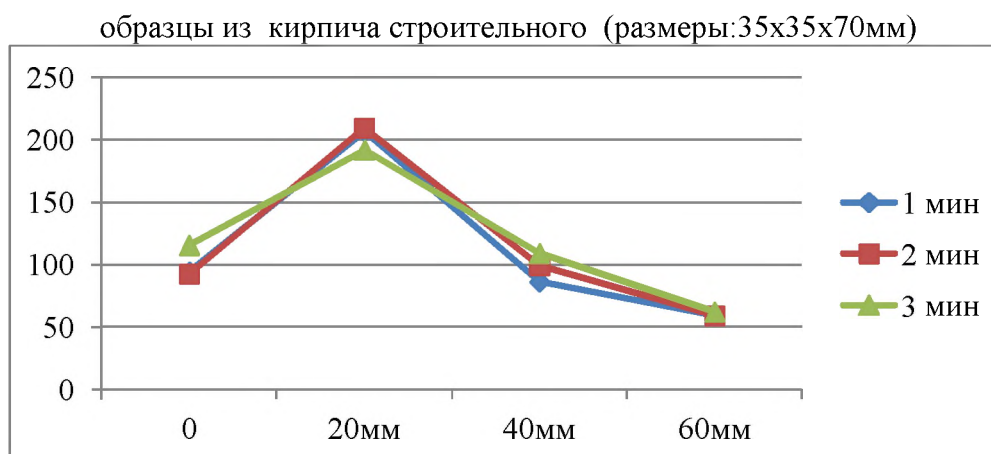
Рис. 5. График изменения температуры в сечении образца в зависимости от времени

Таблица 4. Изменение температуры в сечении металлического образца профильной арматуры

Время, мин	Температура, °C на заданном расстоянии от торца образца, мм		
	0(торец образца)	20	40
1	159,2	120,3	61,4
2	295,1	200,9	77,9
3	135,0	155,3	100,1

Примечание: Процесс охлаждения арматуры через 1 мин после нагрева: температура торца - 101°С, температура на расстоянии 20мм от торца - 92°С и на расстоянии 40мм от торца - 58°С.



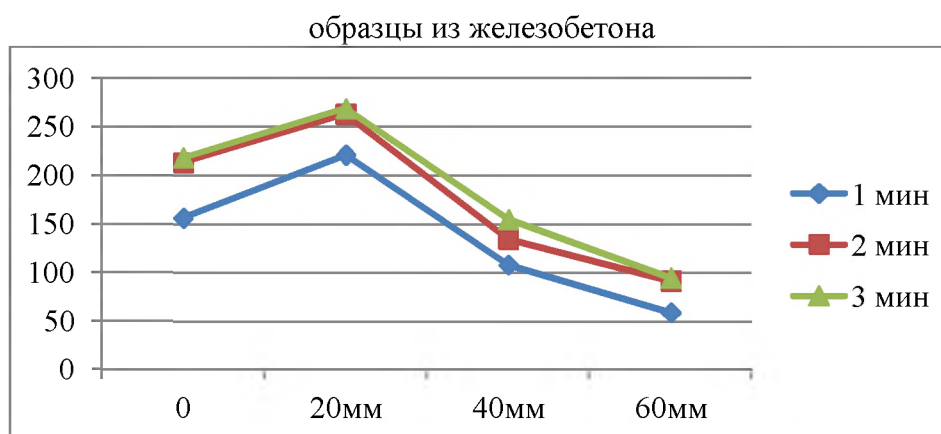


**Рис. 6.** График изменения температуры в сечении образца в зависимости от времени

**Таблица 5.** Изменение температуры в сечении образцов кирпича строительного

Время, мин	Температура, °С на заданном расстоянии от торца образца, мм		
	0(торец образца)	20	40
1	94,2	206,7	86,3
2	92,6	209,5	99,5
3	115,6	191,8	109,0

Примечание: Процесс остывания кирпича через 1 мин после окончания нагрева (начальная температура образца была равна 267<sup>0</sup>С): на торце образца – 64,2<sup>0</sup>С, на расстоянии от торца 20мм– 152,2<sup>0</sup>С, на расстоянии 40 мм – 105,1<sup>0</sup>С; на расстоянии 60 мм– 68,5<sup>0</sup>С.



**Рис. 7.** График изменения температуры в сечении образца в зависимости от времени

**Таблица 6.** Изменение температуры в сечении образцов из железобетона

Время, мин	Температура, °С на заданном расстоянии от торца образца, мм		
	0(торец образца)	20	40
1	156,3	220,8	108,3
2	213,1	262,7	134,7
3	218,1	268,5	154,7

Полученные данные являются основой для определения прочности деталей инженерных конструкций и позволяют установить характер изменения прочности в сечении детали, что дает возможность определить период возникновения опасности разрушения инженерной конструкции при пожарах.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Зозуля В.В. Механика материалов, Харьков-2001, 404с.
2. <http://www.el-in.ru/inzhenernye-konstruktsii-str2.html>
3. <http://www.armaxbio.com/1021.html>
4. Физические величины. Справ. / Бабичев А.П. и др. М: Энергоатомиздат, 1999. - 1232 с.
5. Гортинченко В.М. Обеспечение пожарной безопасности при применении стального проката в несущих конструкциях высотных многофункциональных зданий. Матер. XIX науч.-практ. конф., Ч. 3, М., 2005, ВНИИПО, - 214 с.
6. Шонов К.Л., Кузьмичева К.А, Кисилев В.В. К вопросу влияния факторов температуры и времени нагрева на прочностные свойства металлоконструкций. Сб. матер. Межвуз. науч.-практ. семинара (21 апреля 2011 г.) Ивановского ИГПС МЧС России, Иваново, 2011, ООНИИ в ИГПС, - 195 с.
7. Гомонай М.В., Беспалова Ю.О. Экспериментальное исследование распространения температуры в материалах инженерных конструкций при пожарах. Сб. материалов научно-практической конференции Ивановской пожарно-спасательной академии ГПС МЧС России, 2016г.
8. ГОСТ 9651-84. Металлы. Методы испытаний на растяжение при повышенных температурах.

УДК 537.228

*А. Г. Горшков*

ФГБОУ ВО «Воронежский институт ГПС МЧС России»

### **КОНСТРУИРОВАНИЕ УСТРОЙСТВ ТВЕРДОТЕЛЬНОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ НА ОСНОВЕ НОВЫХ МАГНИТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ КОМПОЗИТОВ**

Изученные магнитоэлектрические свойства гетерогенных структур открывают возможности практического использования таких материалов в новом поколении микро- и наноэлектронных устройств, позволяющих управлять магнитными характеристиками электрическим полем и электрических характеристик магнитным полем.

**Ключевые слова:** магнитоэлектрический эффект, композиты, устройства управления

*A. G. Gorshkov*

### **DESIGNING OF DEVICES OF SOLID-STATE ELECTRONICS ON THE BASIS OF NEW MAGNETOELECTRIC COMPOSITES**

The studied magnetoelectric properties of heterogeneous structures open possibilities of practical use of such materials in new generation of the micro and nanoelectronic devices allowing to operate magnetic characteristics electric field and electric characteristics magnetic field.

**Keywords:** magnetoelectric effect, composites, control units.

В настоящее время большое внимание уделяется поиску и исследованиям новых магнитоэлектрических (МЭ) материалов, поскольку в них наблюдается взаимосвязь процессов намагничивания и поляризации. Композиционные магнитоэлектрические материалы представляют собой изготовленные по керамической технологии механические смеси магнитной и пьезоэлектрической компонент [1].

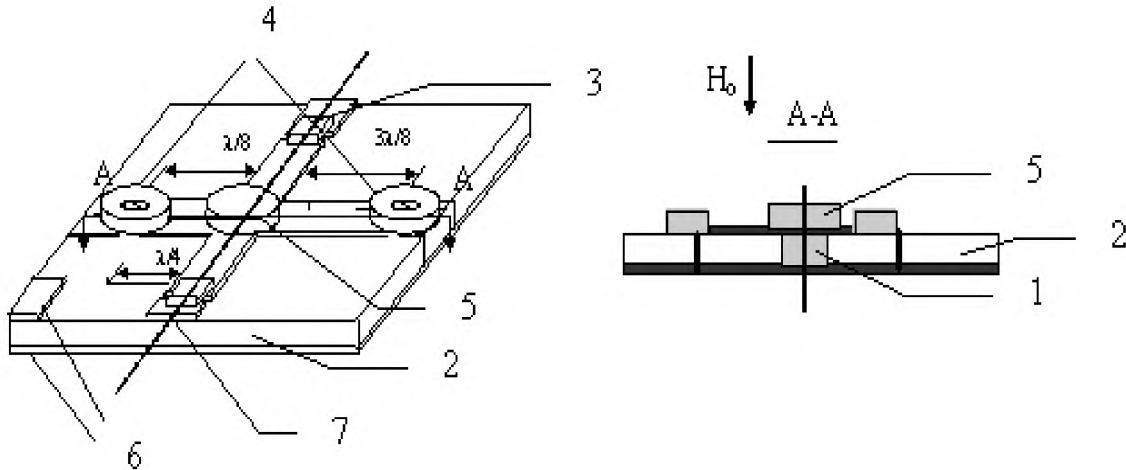
В таких материалах могут наблюдаться эффекты, отсутствующие в каждой из компонент по отдельности. В частности, в таких материалах наблюдается магнитоэлектрический эффект (МЭ-эффект), который заключается в возникновении поляризации под действием магнитного поля, и, наоборот, в возникновении намагниченности под действием электрического поля. Наличие этого эффекта в композиционных материалах обусловлено механическим взаимодействием ферритовой и пьезоэлектрической подсистем.

Перспективной областью применения МЭ взаимодействия является создание СВЧ устройств на его основе. В частности, сдвиг линий магнитного резонанса под действием электрического поля, может быть использован для построения электрически управляемых модуляторов, переключателей, фильтров, датчиков мощности, фазовращателей и невзаимных устройств (вентилей, циркуляторов). Прототипами этих устройств могут служить соответствующие резонансные ферритовые приборы [2] при условии замены магнитной управляющей системы на систему электродов, подключенных к источнику управляющего напряжения. Сочетание свойств ферритов и сегнетоэлектриков, а также свойств, обусловленных МЭ взаимодействием, открывают широкие функциональные возможности для устройств на основе композиционных феррит-пьезоэлектрических материалов.

В ряде случаев использование МЭ материалов может позволить улучшить технико-экономические характеристики приборов. Использование МЭ-материалов позволяет:

- повысить быстродействие благодаря меньшей инерционности управляющей системы и меньшего времени релаксации в материале;
- снизить мощность, потребляемую в цепи управления, поскольку при управлении электрическим полем энергия потребляется практически в момент переключения;
- избавиться от наводок, неизбежно возникающих при управлении магнитным полем;
- осуществить развязку цепей управления одновременно электрическим и магнитным полями;
- упростить конструкцию и технологию изготовления приборов, перейти к интегральным устройствам управления;
- расширить функциональные возможности СВЧ-приборов;
- создать принципиально новые приборы.

На СВЧ МЭ эффект сильнее всего проявляется в виде сдвига резонансной линии ФМР под действием управляющего электрического поля, и большинство предложенных конструкций работает именно на этом эффекте [3,4]. На рис. 1 представлена конструкция резонансного аттенюатора на рабочую частоту 4 ГГц.



**Рис. 1.** Микрополосковый МЭ резонансный аттенюатор:

1 – МЭ резонатор; 2 – подложка; 3 – конденсаторы; 4 – подстроечные конденсаторы; 5 – постоянный магнит; 6 – управляющие электроды; 7 – МПЛ

Основой конструкции аттенюатора является микрополосковая линия передачи (МПЛ) на составной подложке: диэлектрик и дискообразный образец композита состава ЦТС – никель-цинковая шпинель толщиной 1 мм и диаметром 5 мм. Особое внимание уделено согласованию волновых сопротивлений микрополосковых линий в окрестности МЭ резонатора. В объеме МЭ резонатора при помощи шлейфов  $0,125$  и  $0,375$  длины волны создается круговая поляризация магнитного поля. Для подстройки аттенюатора на концах шлейфов включены конденсаторы переменной емкости. Подстроечные конденсаторы предназначены для точной подстройки электрической длины шлейфов  $0,125$  и  $0,375$  длины волны, для формирования круговой поляризации магнитного поля. Постоянный магнит создает в объеме МЭ резонатора необходимое магнитное поле, к управляющим электродам подводится управляющее высокое напряжение. Основным элементом резонансных МЭ СВЧ устройств является МЭ СВЧ резонатор, представляющий собой диск из композиционного многослойного феррит-сегнетоэлектрического материала.

В основе работы аттенюатора лежит явление резонансного МЭ эффекта. Для наблюдения ФМР к МЭ резонатору прикладывается подмагничивающее поле. При приложении напряжения на электроды, расположенные на торцах МЭ резонатора, вследствие резонансного МЭ эффекта происходит сдвиг линии ФМР, и реализуется электрическая перестройка.

МЭ взаимодействие в области магнитоакустического резонанса может использоваться для управления параметрами ФМР с помощью электрического поля.

Особый интерес представляет возможность построения на основе МЭ композитов многофункциональных устройств, таких как вентиль - переключатель, фазовращатель-модулятор и другие. Как показывает анализ, сохраняя преимущество сегнетоэлектрических приборов, обусловленных интегральной, керамической технологией и управлением электрическим полем, МЭ устройства обладают лучшей термостабильностью, широкими перспективами по совершенствованию, как конструкции устройств, так и характеристик материалов, большими функциональными возможностями.

Современные электронные приборы, такие как цифровые сотовые телефоны, локальные беспроводные сети являются комплексными системами, которые объединяют как высокочастотную аналоговую, так и цифровую схемотехнику в одном устройстве. Использование высокоинтегрированной схемотехники и технологии поверхностного монтажа делает эти системы более компактными. Однако изготовление этих перспективных устройств затруднено наличием сильной электромагнитной связи, обусловленной малым расстоянием между компонентами. Одним из подходов для уменьшения электромагнитной связи является схемотехнический, при этом могут быть использованы фильтрующие устройства, имеющие высокие функциональные возможности и малые габаритные размеры.

Современные миниатюрные фильтры уменьшают размер платы, объединяя дискретные емкости, индуктивности на основе ферритов, формируя квазидискретные элементы. Однако схемотехнический подход ограничивается возможными минимальными размерами дискретных индуктивных и емкостных элементов. Другой подход является технологическим и направлен на создание единого материала, имеющего как индуктивные, так емкостные свойства. Суть этого подхода состоит в создании объемных однородных композиционных феррит-сегнетоэлектрических материалов, на основе которых могут быть созданы подложки (платы приборов). Такие подложки должны обладать высокими значениями магнитной и диэлектрической проницаемостей, но при этом, для обеспечения электромагнитной совместимости, необходимо исключить взаимное влияние магнитных и электрических свойств.

Основная трудность при создании необходимого материала для подложек (плат приборов) состоит в существенном ослаблении магнитоэлектрического взаимодействия, то есть взаимодействия между магнитной и электрической подсистемами композиционного материала. Достоинством композитов является возможность непрерывно изменять его свойства, варьируя параметры компонентов и их процентный состав. При использовании таких композитов емкостные и индуктивные элементы могут быть реализованы с помощью металлизации образца. Функциональные возможности фильтра могут быть обеспечены выбором соответствующей топологии. С помощью этого метода можно создать технологичные компоненты с более высокими функциональными возможностями. Соответствующим выбором состава компонент, размера зерен, процентного соотношения можно добиться требуемых значений диэлектрической, магнитной и магнитоэлектрической проницаемостей, диэлектрических и магнитных потерь в заданном диапазоне частот. При этом, изменяя состав компонентов композита и топологию элементов, можно свести к минимуму взаимное влияние электрических и магнитных свойств. Как известно, наличие такого влияния приводит к возникновению паразитных связей и нарушению электромагнитной совместимости приборов.

Для решения поставленной задачи – создания композиционного материала с высокими значениями диэлектрической и магнитной проницаемостей и малой константой магнитоэлектрического взаимодействия – наиболее подходят композиты, состоящие из сложных ферритов-шпинелей и сегнетоэлектрического  $\text{PbZr}_{0,53}\text{Ti}_{0,47}\text{O}_3$ . Объемные однородные композиты имеют ряд преимуществ по сравнению с однофазными и многослойными структурами: одновременное достижение высоких значений диэлектрической и магнитной проницаемостей в заданном диапазоне частот, что невозможно в однофазных материалах; более простую технологию изготовления по сравнению с многослойными структурами; более высокую механическую прочность по сравнению с мно-

гослойдными материалами; возможность получения образцов достаточно больших размеров для изготовления на их основе подложек (плат приборов).

Примером материала, удовлетворяющего выше перечисленным требованиям, является объемный композиционный материал, содержащий феррит  $\text{Ni}_{0,4}\text{Zn}_{0,6}\text{Fe}_2\text{O}_4$  и цирконат титоната свинца [1]. Измеренные значения параметров материала указанного состава, полученные на частоте 1 и 100 кГц, удовлетворительно согласуются с расчетными значениями. Экспериментальные исследования подтвердили возможность использования этого композита в многофункциональных электронных компонентах.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Горшков А.Г., Гриднев С.А., Королевская О.Н. Магнитные, сегнетоэлектрические, упругие и неупругие свойства композитов  $(x)\text{Ni}_{0,4}\text{Zn}_{0,6}\text{Fe}_2\text{O}_4 - (1-x)\text{Pb}_{0,95}\text{Sr}_{0,05}\text{Zr}_{0,53}\text{Ti}_{0,47}\text{O}_3$  // ФТТ. 2009. № 8. С. 1464 – 1467.
2. Яковлев Ю.М. Монокристаллы ферритов в радиоэлектронике / Ю. М. Яковлев, С.Ш. Генделев. – М.: Сов. радио, 1975. – 360 с.
3. Бичурин М.И. Магнитоэлектрический эффект в композиционных материалах / М.И. Бичурин, В.М. Петров, Д.А. Филиппов // ИПЦ НовГУ. Великий Новгород, 2005. – 227 с.
4. Бичурин М.И. Магнитоэлектрические материалы / М.И. Бичурин, В.М. Петров, Д.А. Филиппов и др.; под ред. М.И. Бичурина. – М.: Академия естествознания, 2006. – 155 с.

УДК 620

*А. В. Гutowский, М. В. Гомонай*

ГУ МЧС России по Брянской области

ФГБВОУ ВО «Академия гражданской защиты МЧС России»

#### **ОРГАНИЗАЦИЯ ХРАНЕНИЯ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОГО ИМУЩЕСТВА СПАСАТЕЛЬНЫХ ФОРМИРОВАНИЙ В УСЛОВИЯХ АРКТИКИ**

В статье рассмотрен вопрос создания хранилищ в условия Арктики с механизированной погрузкой (разгрузкой) имущества, техники и оборудования в контейнеры для использования спасательными формированиями при ЧС.

**Ключевые слова:** мерзлота, имущество, хранение, конструкция, хранилище, контейнер, технология складирования, отгрузка

*A. V. Gutowski, M. V. Gomonay*

#### **ORGANIZATION OF STORAGE OF MATERIAL-TECHNICAL EQUIPMENT OF THE RESCUE FORCES IN ARCTIC CONDITIONS**

In the article the question of creation of storage conditions of the Arctic with mechanized loading (unloading) of property, machinery and equipment into containers for the use of rescue teams in case of emergencies.

**Keywords:** permafrost, property, storage, construction, storage, container, storage technology, shipping.

Природно-климатические и географические особенности Арктической зоны существенно снижают оперативность реагирования на возможные ЧС, затрудняя проведение спасательных операций, и как следствие, могут привести к неоправданно высоким материальным затратам и человеческим жертвам. Низкие среднегодовые температуры, сильные бури, ураганы, морские шторма, снежные заносы, сходы снежных лавин, подтопления территорий в весенний период, пожары тундр и редколесий, слабое развитие транспортной сети, все эти факторы отнимают значительное время, создавая препятствия для быстрой доставки сил и средств к месту ЧС. Этим обуславливается необходимость использования различных (альтернативных) видов перевозки личного состава, техники, оборудования и другого имущества к месту проведения работ. Автомобильные, водные (речные и морские), железнодорожные и авиаперевозки должны заменять друг друга в случае невозможности использования любого из них.

В рамках ФЦП «Снижение рисков и смягчение последствий чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера в Российской Федерации», в ряде городов Арктической зоны созданы спасательные центры. При этом некоторые центры, вместе с выполнением первоочередных спасательных работ, могут быть выполнять функции материально-технического обеспечения сил МЧС России при переброске на место ЧС дополнительной группировки в случае возникновения крупномасштабных чрезвычайных ситуаций в данном регионе. Для чего необходимо создавать современные хранилища техники и других материальных ресурсов.

Таким образом, при строительстве хранилищ материально-технического имущества, необходимо учесть в процессе проектирования, конструктивные особенности, позволяющие осуществить быстрый и удобный вывоз имущества всеми видами транспорта, включая и воздушный (вертолетом).

В настоящее время к поисково-спасательному обеспечению полётов на территории Арктики могут быть привлечены поисково-спасательные воздушные суда, базирующиеся на аэродромах: Мурманск, Североморск, Воркута, Ухта, Печора, Нарьян-Мар, Салехард, Хатанга, Норильск, Мыс Каменный, Якутск; Мирный; Тикси; Нерюнгри; Зырянга; Батагай; Полярный, Анадырь.

При благоприятных погодных условиях, доставка грузов вертолетом в труднодоступные места, в которые невозможен доступ для другой техники, является самым эффективным способом. Вертолёт также способен перевозить негабаритные грузы (в том числе и технику) на внешней подвеске, что позволяет ему осуществлять разгрузку без посадки. Это немаловажный фактор, если учесть, что разгрузочные работы могут выполняться на площадке в болотистой местности, на палубе корабля и там где не позволяет это сделать растительность. Для этих целей можно использовать вертолет МИ-26, который за 1 рейс способен перевезти 20 тонн груза, в том числе и крупногабаритного на внешней подвеске.

Наиболее удобный способ доставки грузов - это доставка 20-тонными контейнерами, так как на загрузку и выгрузку с вертолета, будет затрачено минимум времени, с учетом того что наполнение груза в контейнер осуществляется до прибытия МИ-26 непосредственно с хранилища, а выгрузка в месте ликвидации ЧС – после отправки борта на следующий рейс. По прибытию вертолета на склад для повторной загрузки, очередной контейнер будет уже загружен необходимым имуществом и находится уже на вертолетной площадке.

При проектировании хранилищ необходимо учесть наличие погрузочной площадки для вертолета на безопасном расстоянии от него.

Важным вопросом является доставка загруженного имуществом контейнера весом около 20 тонн со склада хранилища к месту загрузки его на вертолет, при этом перемещение контейнера может составить более 100 метров с выездом за пределы хранилища. Применение тележек грузовых рельсовых с канатным приводом вполне позволяет выполнить эту задачу.

Для того чтобы, сократить расстояние на перемещение складского имущества к контейнеру, его загрузку осуществляем по мере продвижения тележки рельсовой с контейнером вдоль стеллажей с имуществом в направлении выезда из хранилища. С целью экономии площади для размещения контейнера, стеллажи следует располагать в несколько ярусов с обеих сторон пути движения тележки. Снятие имущества со стеллажей осуществлять при помощи штабелера гидравлического, позволяющего поднимать (снимать) груз с высоты 3 метров, массой 1000 килограмм и перемещать его к контейнеру.

Для удобства загрузки, целесообразно, использовать 20-тонные контейнеры с боковыми и торцевыми дверями.

Хранение пустых контейнеров предполагается осуществлять в дальней части склада в количестве, позволяющем вывоз всего имущества, находящегося на хранилище. Погрузку контейнеров на тележку рельсовую можно производить при помощи тельфера с рабочей зоной, позволяющей выполнять манипуляции с грузом в зоне их хранения. При выборе тельфера необходимо учитывать возможность его эксплуатации в режиме отрицательных температур окружающей среды, а также грузоподъемностью не менее 3 тонн, в связи с тем, что масса пустого 20-тонного контейнера составляет около 2,5 тонн.

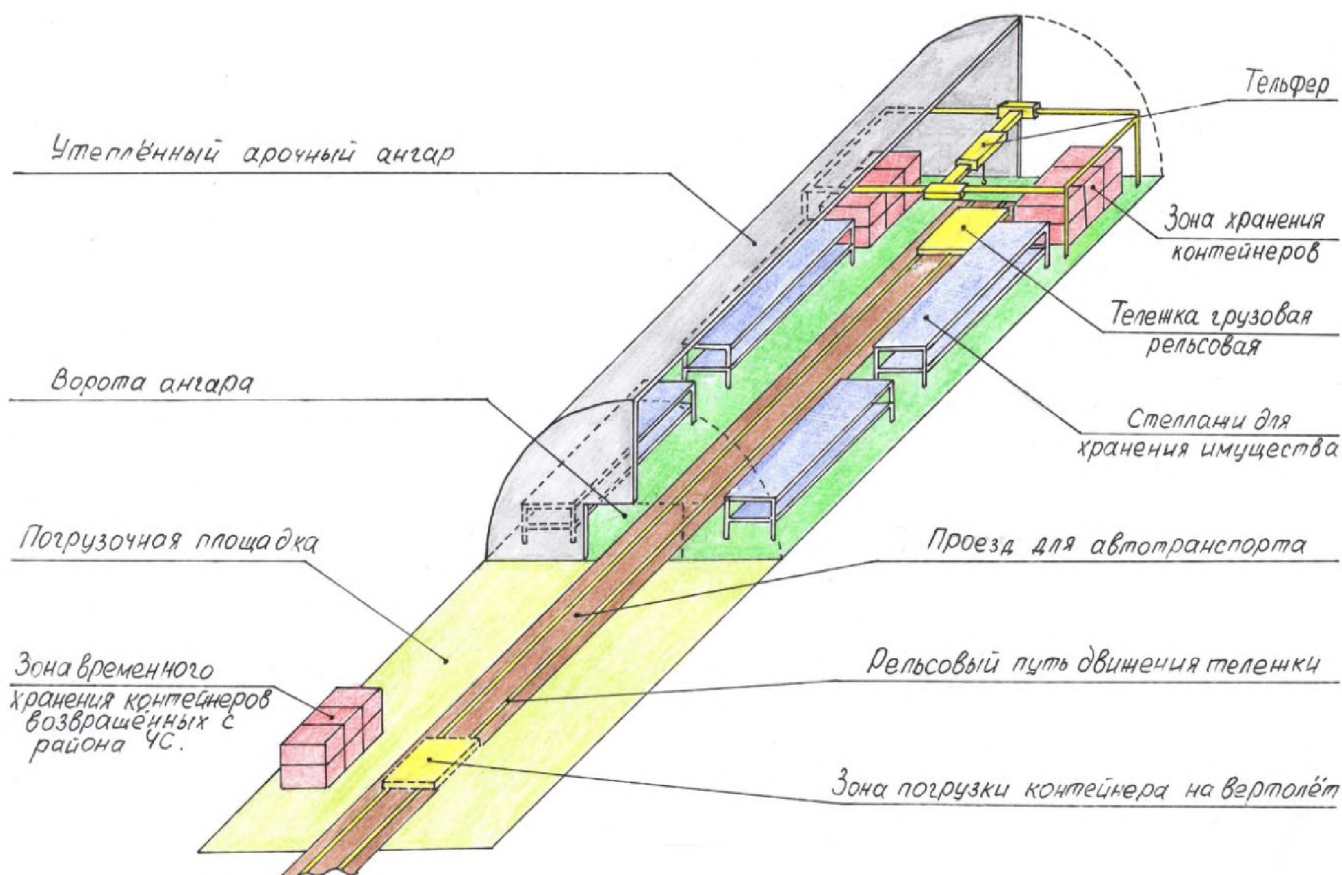
После выполнения вертолетом второго рейса, выгрузив второй контейнер на месте ЧС, первый - пустой транспортируется на площадку временного хранения возле хранилища.

Утепленный арочный ангар вполне подходит для создания хранилища в Арктических условиях, в торцевой части которого предусматривается совмещенный въезд для автотранспорта и выезда тележки рельсовой.

Внутри ангара вдоль стены размещаются стеллажи с находящимся на них имуществом, в конце – место хранения пустых контейнеров, готовых к установке на тележку рельсовую при помощи тельфера. Вдоль всей линии хранения имущества с выходом за пределы хранилища, предусматривается проезд для колесной техники, доставляющей, или вывозящей груз с территории хранилища. Это необходимо при доставке груза к месту ЧС автомобильным, а затем железнодорожным или водным транспортом, когда погодные условия не позволяют осуществить перевозку вертолетом. В бетонном покрытии пола хранилища для проезда колесной техники предусматривается – монтаж пути для движения тележки рельсовой с выводом их за пределы хранилища к погрузочной площадке на вертолет.

Предложенная схема хранилища для Арктических условий представлена на рис. 1.





**Рис. 1.** Принципиальная схема хранилища

Преимущество контейнерной системы снабжения спасательных формирований заключается в следующем:

- минимальное время на загрузку и разгрузку вертолета;
- возможность перевозки груза отдельно от личного состава, что делает транспортировку более комфортной и безопасной;
- заполнение контейнера осуществляется в хранилище в комфортном температурном режиме, что немало важно в условиях Арктики;
- предусмотрены альтернативные способы доставки имущества, как автотранспортом, так и с последующей погрузкой его на железнодорожный и водный транспорт.

Не исключен вопрос о рассмотрении возможности размещения хранилища в грунте вечной мерзлоты Арктической зоны, что позволит, например, при отрицательной температуре окружающей среды  $-50^{\circ}\text{C}$  в январе и  $+19^{\circ}\text{C}$  - в июле, с перепадом  $69^{\circ}\text{C}$ , круглый год поддерживать в помещении стабильную, независимую от времени года, температуру в пределах около минус  $6^{\circ}\text{C}$  без дополнительных источников теплоснабжения, полностью исключив затраты на отопление. Если учесть, что имущество со склада будет задействовано только при крупномасштабных операциях, в которых планируется применение дополнительной группировки, а в остальное время присутствие на хранилище людей будет крайне редким, то необходимость поддержания высоких положительных температур не являются необходимым условием.

В настоящее время в Арктической зоне известно немало пещер созданных людьми в вечной мерзлоте для различных целей: в Якутске (для хранения продуктов), Игарке Красноярского края (научная мерзлотная лаборатория), поселке Новый Порт на Ямале (для хранения рыбы) и Шпицбергене (всемирное семеновохранилище).

Для создания котлована под хранилище, возможна разработка мерзлого грунта траншейными экскаваторами для мерзлых грунтов, дискофрезерными машинами, или другой землеройной техникой, которые производят в грунте ниши или щели с последующей закладкой в них взрывчатого вещества. После производства взрывных работ, взрыхлённый грунт бульдозером или экскаватором удалятся из котлована. Таким образом, в полученном углублении эту операцию повторяют до тех пор, пока не будет достигнута необходимая глубина и ширина для обустройства хранилища. Далее, извлеченная масса грунта, после возведения потолочного перекрытия, бульдозерами и ковшевыми экскаваторами перемещается на крышу хранилища, создавая при этом термический изолятор от больших отрицательных температур окружающей среды Арктических природных условий.

В рамках стратегии развития Арктической зоны Российской Федерации и обеспечения национальной безопасности на период до 2020 года, в целях обеспечения военной безопасности, защиты и охраны государственной границы Российской Федерации, предусматривается использование технологий двойного назначения в интересах комплексного решения задач обороны и безопасности. Страны. Преимущество предложенного хранилища заключается в его скрытном расположении, а также хорошей устойчивостью к нанесению авиаударов противника и прямому попаданию высокоточного оружия в период вооруженного столкновения с потенциальным противником. Хранилище может использоваться и для других целей гражданской обороны и военного назначения.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Стратегия развития арктической зоны Российской Федерации и обеспечения национальной безопасности на период до 2020 года (утв. Президентом РФ) [Электронный ресурс]. – 2013. – Режим доступа: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_142561/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_142561/) - Загл. с экрана.
1. *Маликов, О. Б.* Склады и грузовые терминалы. Справочник / О.Б. Маликов. - М.: Бизнес Пресса, 2005. - 658 с.
2. Транспортные и погрузочно-разгрузочные средства. Учебник. / Под общей ред. Ю.Ф. Ключина. - М.: ИЦ Академия, 2014.
3. *А.М. Ишков, М.А. Кузьминов, Г.Ю. Зудов.* Теория и практика надежности техники в условиях Севера. Якутск, ЯФ ГУ «Изд-во СО РАН», 2004, 313 с.
4. *Дегтярев Г.Н.* Организация и механизация погрузочно-разгрузочных работ на автомобильном транспорте: Учебное пособие.-2-е изд., перераб. и дополн.-М.:Транспорт,1980.-264с.
5. *Желукевич Р. Б.* Разработка мерзлых грунтов землеройными машинами с дисковым инструментом / Р. Б. Желукевич; М-во образования и науки Рос. Федерации, Сиб. федерал.ун-т. - Красноярск : СФУ, 2012. - 194 с.
6. Кудрявцева В.А. Общее мерзлотоведение (геокриология), изд. 2 [текст]/В.А.Кудрявцева. – М.: Издательство МГУ, 1978. – 464 с.

УДК 614.846.6

*А. Г. Дробушко, Н. Л. Сафонова*

ФГБОУ ВО «Воронежский институт ГПС МЧС России»

## **ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ И ДОЛГОВЕЧНОСТИ КРЕПЕЖНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ПОЖАРНЫХ АВТОМОБИЛЕЙ С ПОМОЩЬЮ ЦИНКОЛАМЕЛЬНОГО ПОКРЫТИЯ**

В отличие от автомобилей обычного назначения пожарные автомобили эксплуатируются в особых условиях. Повышение надежности и долговечности узлов пожарной техники связано с качеством металлических сплавов. Цинкلامельное покрытие крепежных элементов является современной технологией для уменьшения износа и увеличения коррозионной стойкости.

**Ключевые слова:** надежность, долговечность, цинкلامельное покрытие, коррозионная стойкость.

*A. G. Drobushko, N. L. Safonova*

## **IMPROVING THE RELIABILITY AND DURABILITY OF FASTENING ELEMENTS FIRE TRUCKS WITH CANCELAMENTOS COVER**

Unlike cars normal purpose fire trucks are operated in the special conditions. Improving the reliability and durability of components of fire equipment related to the quality of metal alloys. Zinc-flake coating fasteners is a modern technology to reduce wear and increase corrosion resistance.

**Keywords:** reliability, durability, zinc-flake coating, corrosion resistance.

Потребность повышения производительности применения автомобильного транспорта и обеспечения выполнения необходимого объема транспортной работы с наименьшими экономическими расходами потребует стабильной деятельности по повышению надежности автомобилей. Трудность проблемы при этом состоит в том, что машины эксплуатируются при разных дорожных и погодных условиях при разной степени их загруженности и квалификации водительского состава.

Создание автомобилей при современном развитии науки и техники возможно практически с любой заданной надежностью. А по мере повышения надежности затраты на конструирование и особенно на производство растут, а на эксплуатацию — снижаются. Значит цель: создание автомобиля с оптимальным сочетанием затрат в производстве и эксплуатации, а в конечном итоге — с минимальными расходами на приобретение и поддержание в работоспособном состоянии при определенном пробеге до капитального ремонта. Этот пробег характеризует оптимальную долговечность автомобиля. Не составляет исключение и пожарная и аварийно-спасательная техника. Действенными способами улучшения эксплуатационных характеристик и повышения надежности пожарной и аварийно-спасательной техники являются изменение технологического процесса, применение новых материалов, внесение изменений в конст-

рукции устройств, однако они дороги и не всегда применимы на практике. Практическое воплощение указанных методов зачастую требует специального станочного парка, который имеется лишь на больших ремонтных предприятиях. Разработка методов упрочнения уже существующих деталей может позволить добиться повышения работоспособности техники, используемой в МЧС России и снизить затраты на ее ремонт и эксплуатационные расходы.

Основными задачами, стоящими перед проектировщиками пожарных автомобилей, являются:

- обеспечение высокой прочности и жесткости кузовов;
- максимальное снижение массы кузова;
- минимизация требований к техническому обслуживанию при эксплуатации;
- повышенные требования к эргономике и безопасности.

Технология производства пожарных автомобилей предусматривает использование материалов, которые гарантируют надежную работу не только лишь в экстремальных условиях пожаротушения, однако и в жестких климатических условиях нашей страны.

Для изготовления корпусных деталей – надстройки, модульной кабины, насосных установок – с целью повышения их долговечности и коррозионной стойкости применяются легкосплавные материалы (алюминиевые сплавы, титановые элементы).

Активно используется стекло- или углепластик и полипропилен как альтернатива алюминиевым сплавам и стали.

Повышение долговечности узлов трения пожарных машин тесно связано с проблемой качества металлических сплавов, которые в ряде случаев не позволяют удовлетворять требованиям конструкторов при создании принципиально новых конструкций пожарных машин. Поэтому экономически целесообразно не только разрабатывать новые марки стали, но и совершенствовать уже имеющиеся упрочняющие технологии материалов. Целенаправленное изменение свойств поверхностных слоев детали путем использования покрытий и поверхностной механической обработки для уменьшения износа и увеличения коррозионной стойкости – хорошо известная и развитая технология.

Уникальной технологией, которой обладают лишь передовые производители, считается применение крепежных элементов с цинколамельным покрытием. Их коррозионная устойчивость почти соответствует показателям изделий, полученных электролитическим способом. Система ламинарного цинкового покрытия содержит в себе основной слой, состоящий из тонких алюминиевых и цинковых чешуек (ламель) и, при необходимости, один или несколько дополнительных слоев, которые придают покрытию специальные свойства: фрикционные, коррозионную и химическую стойкость, цвет и другие.

Цинкламельное покрытие получается следующим образом: на подготовленную деталь, висящую в покрасочной камере с водяной завесой, с помощью пневмораспылителя краски наносится специальный раствор, состоящий из более чем на 70% цинкового и примерно на 10% – из алюминиевого порошка, а также связующий органический материал. В результате получается электропроводное покрытие, которое при рассмотрении под микроскопом имеет форму чешуек, т.е. состоит из множества слоев алюминиевых и цинковых частиц толщиной менее микрометра и шириной около 10 мкм, расположенных параллельно друг другу и покрываемой поверхности, соединенных связующим компонентом.

Причем подготовка поверхности в зависимости от исходных загрязнений может производиться различными методами: промывкой в водных растворах моющих средств, дробеструйной обработкой, виброгалтовкой, паротермическим обезжириванием. Для насыпных мелких изделий применяется погружной метод нанесения покрытия с вращением, когда изделия в перфорированной корзине погружаются в ванну с материалом покрытия, затем корзина поднимается и вращается для удаления излишнего материала или используется обычное стекание. Для крупногабаритных изделий применяется метод с последующим распылением краскопультом, в том числе электростатическим. Заключительный этап - спекание производится в различных по конструкции печах, как правило, сначала производится сушка ( $t$  70-80 С), а затем полимеризация ( $t$  200-230 С).

При необходимости на базовое покрытие наносится дополнительно верхнее покрытие, которое обеспечивает специальные свойства: повышает коррозионную и химическую стойкость, придает требуемый цвет, обеспечивает определенные фрикционные свойства. Защитный слой стоек к воздействию кислот, щелочей и растворителей. При этом покрытие можно наносить не только на черный металл, но и на оцинкованную сталь, никель, алюминий, медь, нержавеющую сталь и другие металлы.

Для оценки качества покрытия применяют испытания в нейтральном солевом тумане. Для цинкклемельного покрытия характерна высокая коррозионная стойкость, составляющая более 2000 часов в камере соляного тумана. Для сравнения: стойкость покрытия «горячий цинк» при нахождении в соляном тумане не превышает 850 часов. Также цинкклемельное покрытие отличает высокая термостойкость. Это покрытие обладает гарантийным сроком службы до 40 лет.

Технология цинкклемельного нанесения покрытий в последнее время получила широкое распространение в автомобильной промышленности. Это обусловлено высокими антикоррозионными свойствами при небольшой толщине покрытия и широким выбором его цветов. Данная технология по затратам находится в одном ценовом диапазоне с классической гальваникой, но при этом с лучшим показателем коррозионной стойкости. Отрицательным фактором является низкая износостойкость покрытия (повреждения при ударах).

По статистике большинство машин (85-90%) выходят из строя в результате износа поверхностей отдельных деталей. Изнашивание - это процесс потери вещества с поверхности твердого тела, вызванный механическими действиями, контактированием и относительным движением твердого тела, жидкости или газа. Затраты на ремонт и техническое обслуживание пожарных автомобилей сопоставимо с их стоимостью. Создание механизмов и узлов машин, не требующих капитальных ремонтов, позволит сэкономить огромное количество финансовых средств, трудовых ресурсов и дорогостоящих материалов.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Киселев В.В.* Определение интенсивности изнашивания поверхностей деталей пожарной техники, обработанных различными способами. / NovaInfo.Ru. – 2016. - Т. 1. – №58. – С. 190-194.
2. *Поletaев В.А.* Использование различных способов упрочнения для восстановления деталей пожарной техники. / NovaInfo.Ru. – 2016. - Т. 2. – №57. – С. 54-59.

УДК 004.942:519.635.2

*С. А. Егоров, Н. Е. Егорова\*, Е. С. Егорова, А. А. Мухин*

ФГБОУ ВО «Ивановский государственный политехнический университет»

\*ФГБОУ ВО «Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России»

## **КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛООБМЕНА ШВЕЙНОЙ ИГЛЫ С ПОКРЫТИЕМ**

Произведено компьютерное моделирование теплообмена швейной иглы с покрытием. Решение проведено численными методами в пакете Comsol Multiphysics. Определена температура острия иглы в зависимости от времени работы для игл с покрытиями. Наиболее эффективны оказались покрытия с низким коэффициентом теплопроводности.

**Ключевые слова:** компьютерное моделирование, задача Коши, численные методы, пакет Comsol Multiphysics.

*S. A. Egorov, N. E. Egorova, E. S. Egorova, A. A. Mukhin*

## **THE COMPUTER MATHEMATICAL MODELING OF HEAT EXCHANGE PROCESS OF THE SEWING NEEDLE WITH COATING**

The computer modeling were made of heat transfer sewing needle with coating in the sewing process. Solution numerical methods were used in the Comsol Multiphysics package. The temperature of the tip of the needle with coating were defined of depending on the operating time. The most effective were coating with a low coefficient of thermal conductivity.

**Keywords:** computer modeling, Cauchy problem, numerical methods, package Comsol Multiphysics.

Процесс шитья на промышленных швейных машинах сопровождается интенсивным тепловыделением и нагревом иглы вследствие возникновения трения между иглой и прокалываемым материалом. Нагрев иглы особенно опасен при шитье синтетических материалов. Эти ткани, изготовленные из полиамидных и полиэфирных волокон, при контакте с нагретой иглой расслаиваются и оседают на нитке и стержне иглы. При останове шитья частицы химических волокон затвердевают и увеличивают силу трения между материалом и иглой, а также между ушком и ниткой. Это приводит к повышению обрыва нити и частым остановам, что вызывает снижение производительности труда на предприятиях легкой промышленности. [1, 2, 3, 4].

Температура нагрева иглы зависит от скорости шитья, продолжительности контакта иглы с сшиваемым материалом, структуры материала, конструкции иглы, наличия поверхностных покрытий.

Цель работы заключается в компьютерном моделировании процесса теплообмена иглы с покрытием окружающим пространством.

Ранее была определена температура иглы при шитье камвольной ткани [1, 2]. Проведено математическое моделирование тепловых потоков на игле, возникающих при шитье [2, 3].

Источник тепла движется вдоль тела иглы, в процессе шитья, нагревая ее. Наибольшее воздействие оказывает источник там, где работа силы трения максимальна. Как показали исследования, максимальное значение силы трения наблюдается при проколе сшиваемого материала, следовательно, наибольшее воздействие наблюдается на острие иглы.

Предлагается перераспределить тепловые потоки, расходуемые на нагрев иглы, окружающего воздуха, сшиваемого материала и швейной нити:

$$dA = d(Q_u + Q_a + Q_m + Q_n), \quad (1)$$

где  $Q_u$  – количество теплоты, расходуемое на нагрев иглы,  $Q_a$  – количество теплоты, расходуемое на нагрев окружающего воздуха,  $Q_m$  – количество теплоты, расходуемое на нагрев материала,  $Q_n$  – количество теплоты, расходуемое на нагрев нити.

Так как теплопроводность этих объектов отличается значительно, и наибольшая теплопроводность наблюдается у иглы, то основная часть всего тепла отводится в иглу:

$$\frac{\partial Q_u}{\partial \tau} = -mcdt, \quad (2)$$

где  $m$  – масса иглы,  $c$  – теплоемкость стали,  $dt$  – изменение температуры.

Уравнение теплового баланса для описываемого процесса нагрева иглы в результате шитья:

$$\frac{\partial Q}{\partial t} = a_x^2 \frac{\partial^2 Q}{\partial x^2} + a_y^2 \frac{\partial^2 Q}{\partial y^2} + a_z^2 \frac{\partial^2 Q}{\partial z^2} + \frac{\partial A(x)}{\partial t} + \frac{\partial^2 Q_{окр}}{\partial t}, \quad (3)$$

где  $a_x, a_y, a_z$  – коэффициенты теплопередачи,  $A(x)$  – источник тепла,  $Q_{окр}$  – тепло, отводимое от иглы.

На поверхность иглы наносим покрытия с различными коэффициентами теплопередачи. Решение ищем численными методами, используя пакет Comsol Multiphysics.

Разбиваем сечение на 398000 элементов с учетом пристеночной области. Задаем начальную температуру в элементах и тепловые потоки.

Задача Коши для рассматриваемой модели формулируется в виде:

$$\lambda \left( \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} \right) = q + \alpha(T)(T_f - T), \quad (4)$$

где  $\lambda$  коэффициент теплопроводности покрытия,  $\alpha(T)$  коэффициент теплоотдачи,  $T$  температура иглы,  $T_f$  температура окружающего воздуха,  $q$  тепловой поток.

В результате моделирования удалось установить, что покрытие острия иглы нитридом титана позволяет уменьшить теплоотвод в иглу на 60%.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Гарбарук, В.Н.* Прокалывание текстильных материалов иглой./ Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. – 1975. - № 5. – С. 84-90.
2. *Егоров, С.А.* Математическое моделирование процесса теплообмена швейной иглы./С.А. Егоров, Е.С. Егорова, Н.Е. Егорова, А.А. Мухин// Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. – 2016. - № 6. – С. 84-90.
3. *Егоров, С.А.* Моделирование теплообмена в узлах трения./ С.А. Егоров, Е.С. Егорова, А.А. Мухин// Надежность и долговечность машин и механизмов: сб. мат. VII Всеросс. научно-практ. конф., посвященной 50-летию со Дня образования учебного заведения и Году пожарной охраны России, Иваново, 14 апреля 2016 г. / под общ. ред. В. В. Киселева. – Иваново: ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2016. – С. 184 – 293.
4. Патент на полезную модель 93809 РФ, U1 МПК D05B 85/12. Игла для швейной машины./ С.А. Егоров, И.А. Свиридов, М.А. Шакуров. – Заявл. 30.12.2009.; опубл. 10.05.2010, Бюл. № 13. – 2 с.

УДК 614.8

*М. Г. Есина, А. Ю. Демидов*

ФГБОУ ВО «Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России»

## РОБОТЫ НА ВООРУЖЕНИИ МЧС РОССИИ

Проведен краткий обзор роботов и робототехнических комплексов, которые предназначены для работы в чрезвычайных ситуациях.

**Ключевые слова:** роботы, робототехнические комплексы, пожарная техника.

*M. G. Esina, A. Y. Demidov*

## ROBOTS ON ARMAMENT OF EMERCOM

A brief overview of robots and robotic systems that are designed to work in emergency situations.

**Keywords:** robots, robotic systems, fire fighting equipment.

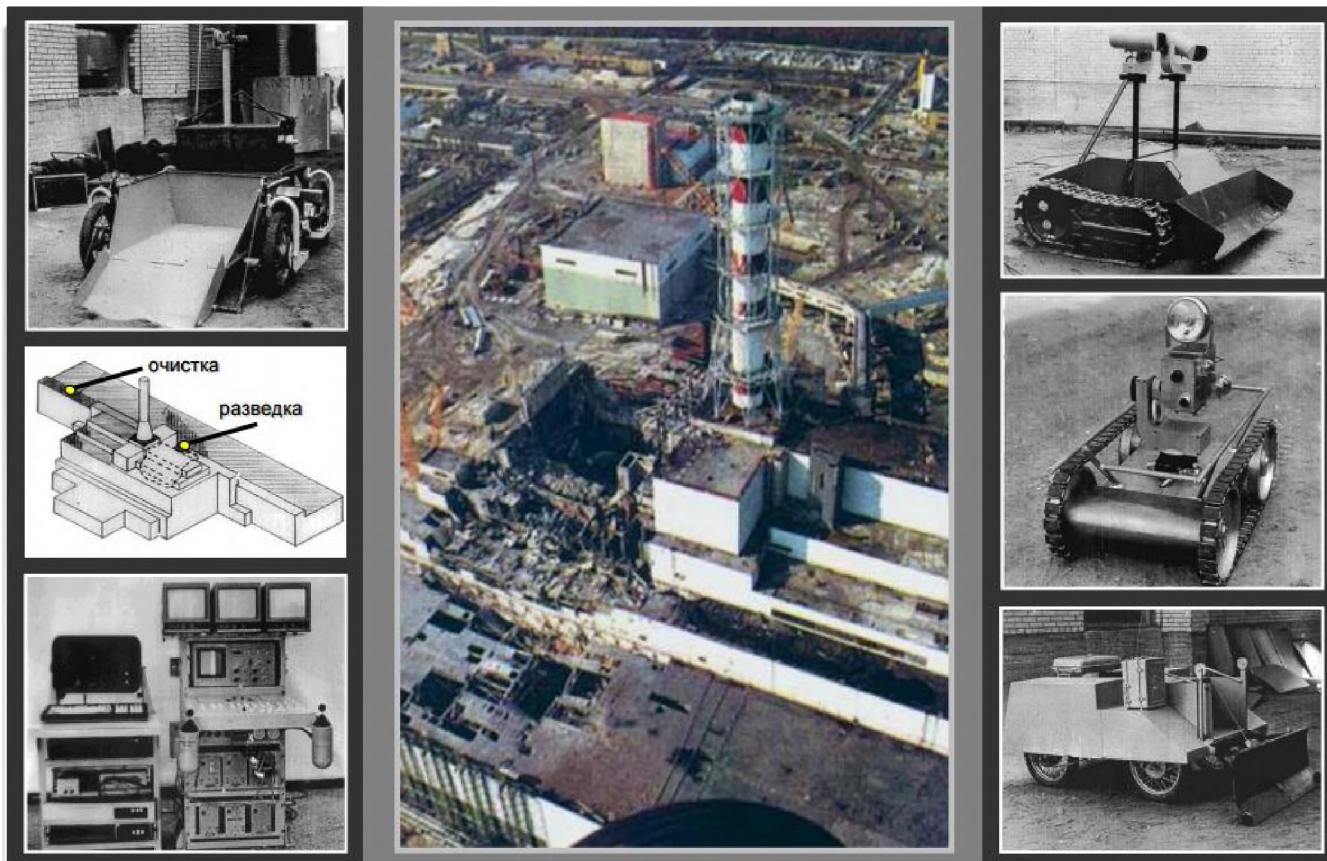
История робототехники начинается в СССР с трагедии на Чернобыльской АЭС. Перед учеными стояли задачи по разработке роботов, способных выполнять различные работы, неподвластные человеку. В связи с высоким уровнем радиоактивности во внутреннем саркофаге, требовалось использования специальных роботов, способных функционировать в экстремальных опасных и вредных для человека внешних условиях. Проектированием и тестированием роботов для Чернобыльской АЭС занималось огромное количество ученых и университетов.



Пожалуй, единственным положительным следствием радиационной катастрофы на Чернобыльской АЭС 1986 года является то, что авария была мощным стимулом для развития робототехники. Радиация погубила жизни тысяч смелых людей, которые принимали участие в ликвидации последствий аварии на Чернобыльской атомной электростанции.

Советские власти отправили им на помощь роботов, однако высокий уровень радиоактивности мгновенно уничтожал их. Существенную помощь в ликвидации последствий аварии на Чернобыльской АЭС оказали дистанционно управляемые бульдозеры и модифицированные луноходы (Рис. 1) [1].

Некоторые роботы были устойчивы к радиации, однако вода, которую использовали для их обеззараживания, приводила их в негодность после первого же использования. Тем не менее, роботы на 10 процентов (эквивалент пяти сотням работников) смогли сократить число людей, необходимое для ликвидации последствий аварии на Чернобыльской АЭС.



**Рис. 1.** Роботы при ликвидации последствий Чернобыльской аварии

Мы живем в мире высоких технологий, природных, техногенных, социальных и других опасностей, которые часто угрожают нашему здоровью и жизни. В настоящее время человек научился избегать бедствия, изобретая всё новые и новые средства защиты и технологии от негативных факторов. Вместе с характером чрезвычайных ситуаций изменился и способ их ликвидации, проведения спасательных работ. Технологические достижения в области аварийно-спасательных работ представляют собой ро-

ботизированные технологии, которые могут в автономном режиме проводить поисково-спасательные операции при авариях как техногенного, так и природного происхождения. Для выполнения этих работ наиболее эффективно применять технологии проведения аварийно-спасательных работ с использованием робототехнических комплексов, иначе называемых «экстремальной робототехникой в чрезвычайных ситуациях».

Экстремальная робототехника предназначена, прежде всего, для функционирования в экстремальных внешних условиях. В соответствии с этим, перед робототехническими комплексами для чрезвычайных ситуаций ставятся следующие задачи:

- изучение аварийных зон для проведения визуального, радиационно-химического контроля, определения местоположения объектов и состояния технологического оборудования в зоне аварии, выявления мест и характера повреждений аварийного оборудования
- погрузочно-разгрузочные и транспортные работы с целью доставки технических средств и материалов в зону работы, проведения инженерных работ по расчистке завалов и разборке аварийных конструкций, сбора и транспортировки опасных объектов в район их утилизации;
- манипуляционные технологические работы по монтажу и демонтажу оборудования, перемещению радиоактивных и взрывоопасных материалов, резке строительных конструкций, открыванию дверей и люков;
- очистные работы по дезактивации местности, строений и оборудования, сбору и удалению рассыпанных высокотоксичных материалов, откачки проливов высокотоксичных веществ;
- пожаротушение, определение очага пожара;
- поиск людей в зоне ЧС и их последующая эвакуация.

Проведем краткий обзор роботов и робототехнических комплексов, которые предназначены для работы в чрезвычайных ситуациях.

### **Мобильный робот «Сервосила «Инженер»**

Переносной мобильный робот «Сервосила «Инженер» компании «Сервосила» (рис. 2), предназначенный для визуальной разведки мест техногенных катастроф, удалённого осмотра помещений, а также для обезвреживания опасных предметов манипулятором типа «рука». Особенностью изделия является сочетание его малой массы, позволяющей переносить робота в рюкзаке одному человеку-оператору, со способностью поднимать до 8 кг «в руке» и самостоятельно залезать по лестницам. «Сервосила «Инженер» имеет в своей конструкции 10 штатные жёсткие точки подвески внешних модулей целевой нагрузки, которые также обеспечивают подключение устройства к бортовым шинам питания, CAN и Ethernet. Роботы «Сервосила «Инженер» прошли опытную эксплуатацию в пожарной части МЧС РФ, что позволило накопить материал для последующей модернизации.



Рис. 2. Переносной мобильный робот «Сервосила «Инженер»

### Мобильный робототехнический комплекс РТК-03 «Разведчик»

В 1998 году «ЦНИИ робототехники и технической кибернетики», Государственный научный центр России разработал экспериментальный образец «Робота-разведчика» (РТК-03) для поиска и эвакуации источников радиоактивного излучения. В июле 2000 года «Робот-разведчик» апробирован в спецоперации МЧС в городе Грозный по поиску и эвакуации радиоактивных источников высокой активности (Рис. 3).



Рис. 3. Мобильный робототехнический комплекс РТК-03 «Разведчик»

### Робототехнический комплекс легкого класса для ведения радиационной разведки и проведения технологических операций в условиях радиационного воздействия для МЧС

Комплекс предназначен для радиационной и химической разведки (рис. 4). В состав комплекса входят:

- робототехническое средство радиационной разведки (РТС-РР);
- робототехническое средство проведения технологических операций (РТС-ТО);
- средство доставки и управления на базе автомобиля Mercedes – Benz VARIO 815D.



Рис. 4. Робототехнический комплекс предназначен для радиационной и химической разведки

### Робототехническое средство проведения технологических операций (РТС-ТО) в составе комплекса МЧС

Робототехническое средство проведения технологических операций лёгкого класса оснащено манипулятором, предназначено для замены людей при работе в зонах повышенной опасности и для: визуальной разведки местности, промышленных и жилых помещений, объектов транспорта при любой освещенности; проведения специальных высокоточных технологичных операций; перемещения и укладки в контейнер опасных предметов (рис. 5).



Рис. 5. Робототехническое средство проведения технологических операций лёгкого класса

### Мобильный робототехнический комплекс разведки и пожаротушения (МРК-РП)

МРК-РП представляет собой набор механизмов, устройств и приспособлений, предназначенных для выполнения оперативно-тактических задач, при ликвидации последствий аварий, отягощенных химическим и радиационным загрязнением, сопряженных с рисками гибели и травматизма личного состава (Рис.6).

Основным элементом МРК является мобильный робот (МР), который представляет собой транспортное средство с блоками системы управления и системы энергообеспечения.

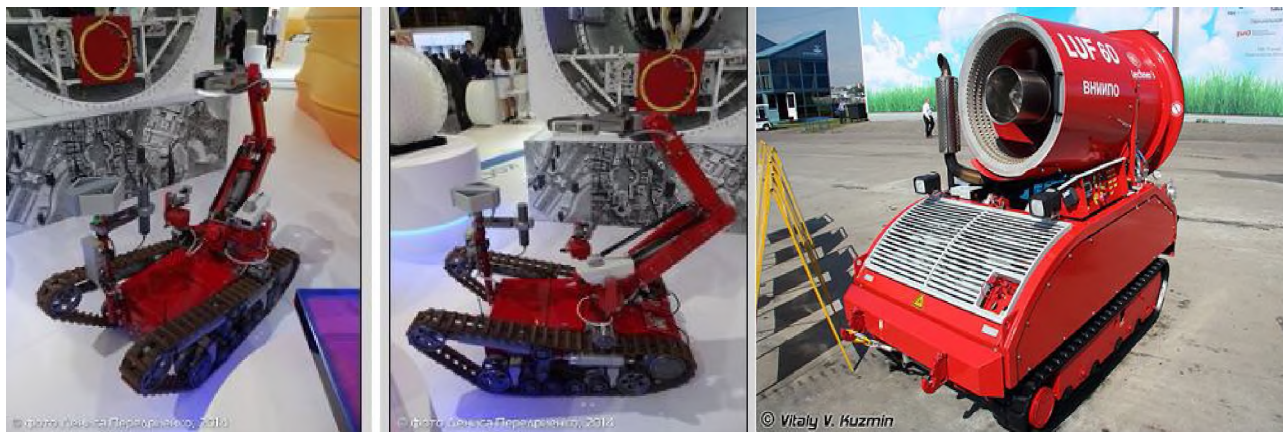


Рис. 6. Мобильный робототехнический комплекс разведки и пожаротушения

### Робототехнический комплекс пожаротушения среднего класса РТС ЕЛЬ-4

ЕЛЬ-4 – мобильный роботизированный комплекс, относящийся к среднему классу. Применяется для пожаротушения при техногенных авариях с высоким уровнем радиации, присутствием вредных и опасных для человека веществ, при опасности поражения взрывной волной и осколками. Может быть использован для разбора завалов при ликвидации чрезвычайных ситуаций (Рис. 7).

### Робототехнический комплекс пожаротушения среднего класса РТС ЕЛЬ-10

ЕЛЬ-10 – мобильный роботизированный комплекс относящейся к тяжелому классу. Применяется, для разбора завалов и обеспечения доступа к очагу возгорания (Рис. 8), проведения аварийно спасательных работ на месте чрезвычайной ситуации.

### Дистанционно управляемая мобильная установка пожаротушения LUF-60

LUF-60 – дистанционно управляемая мобильная установка пожаротушения (Рис.9). LUF-60 применяется при пожаротушении, как на открытой местности, так и в помещениях, железнодорожных и автодорожных туннелях и гаражах. Тушение пожара может осуществляться компактной, а также распыленной струей воды, или специальной пены. LUF-60 можно использовать для вентилирования помещения от дыма или газа.



Рис. 7. Ель-4



Рис. 8. Ель-10



Рис. 9. LUF-60

В заключении необходимо отметить, что, на современном этапе в Российской Федерации наиболее развитая в России отрасль робототехники – военная, имеет колоссальные перспективы развития. Боевые и специальные роботы российских ученых получают признание на международных выставках вооружения и получают специальные премии. Разработки ученых в этом направлении дают возможность получить новые идеи для робототехнических комплексов, предназначенных для работы в чрезвычайных ситуациях.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. <http://csr-nw.ru>
2. <http://www.mchsmedia.ru>

УДК 531.1. 051

*М. Г. Есина*

ФГБОУ ВО «Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России»

### НАХОЖДЕНИЕ ОСОБЫХ КОНФИГУРАЦИЙ МЕХАНИЗМА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АЛГЕБРАИЧЕСКИХ МЕТОДОВ

Аннотация: описаны принципы применения методов алгебраической геометрии для описания пространства возможных конфигураций механизма.

**Ключевые слова:** механизм, конфигурация, особое положение, алгебраическая геометрия, базисы Грёбнера.

*М. G. Esina*

### FINDING SPECIAL CONFIGURATIONS OF THE MECHANISM USING ALGEBRAIC METHODS

Describes the principles of application of methods of algebraic geometry to describe the space of possible configurations of the mechanism.

**Keywords:** mechanism, configuration, special position, algebraic geometry, Gröbner bases.

В данной работе предлагается использование методов алгебраической геометрии для анализа возможных конфигураций механизма, а также выявления зон бифуркации. Рассмотрим конструкцию из жестких сегментов и сочленений разного типа. Один конец «руки» механизма жестко закреплен, другой конец, который назовем кистью, рассматривается как конечный сегмент механизма.

Проведем исследование геометрии плоского механизма с тремя шарнирными сочленениями и неравными длинами звеньев  $l_1, l_2$  и  $l_3$  (рис. 1). В рассмотренном механизме первый сегмент руки длины  $l_1$  закреплен на платформе и не меняет своего положения.

Кисть является четвертым сегментом, который соединен шарниром 3 с сегментом 3.

Обозначим длину  $i$ -го сегмента через  $l_i$ .

Положение «кисти» в прямоугольной декартовой системе координат на плоскости описывается методом аналитической геометрии. Начало координат поместим в точку  $O$ .

Конфигурация выходного звена, как функция от обобщенных координат  $q_1, q_2, q_3$  описывается следующим образом [1]:

$$f(q_1, q_2, q_3) = \begin{pmatrix} l_3 \cos(q_1 + q_2) + l_2 \cos q_1 \\ l_3 \cos(q_1 + q_2) + l_2 \sin q_1 \\ q_1 + q_2 + q_3 \end{pmatrix}. \quad (1)$$

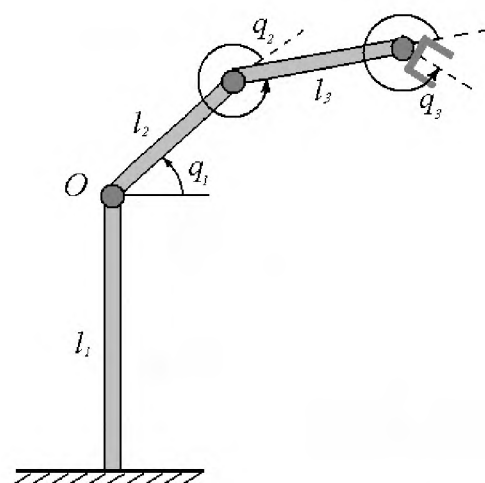


Рис. 1. Схема механизма с тремя шарнирными сочленениями

Функция  $f(q_1, q_2, q_3)$  описывает решение прямой задачи кинематики механизма, т.е. позволяет определять координаты выходного звена через обобщенные координаты  $q_1, q_2, q_3$ , задающие положения ведущих звеньев  $l_2$  и  $l_3$ .

Рассмотрим обратную кинематическую задачу для плоского механизма.

Для некоторой точки  $(a, b) \in R^2$ , задающей некоторую ориентацию выходного звена, необходимо определить значения обобщенных координат  $q_1, q_2, q_3$ .

Рассмотрим частный случай, для которого выполняются условия:

$l_3 = l_2 = l$ . Выходное звено механизма может быть помещена в любую точку замкнутого круга радиуса  $2l$  с центром в сочленении 1 – начале координат системы  $(x_1, x_2)$ . Пусть  $l_3 \neq l_2$ , тогда возможные положения выходного звена принадлежат замкнутому кольцу с центром в сочленении 1.

Выведем явные формулы для состояний звеньев механизма, которые обеспечивают заданное положение выходного звена.

Так как состояния звеньев независимы друг от друга, то ориентация выходного звена  $\alpha = q_1 + q_2 + q_3$  определяется из условия  $q_3 = \alpha - (q_1 + q_2)$ .

Не теряя общности рассуждения, можно рассмотреть задачу о положении выходного звена, определяя его, как зависимость от двух обобщенных координат  $q_1, q_2$ , так как ранее показано, что  $q_3$  выражается через данные координаты.

Из формулы (3) мы можем получить явное полиномиальное выражение для положения выходного звена в переменных  $s_1, s_2, c_1, c_2$ .

Имеем,

$$\cos(q_1 + q_2) = \cos q_1 \cos q_2 - \sin q_1 \sin q_2 = c_1 c_2 - s_1 s_2;$$

$$\sin(q_1 + q_2) = \sin q_1 \cos q_2 + \sin q_2 \cos q_1 = s_1 c_2 + s_2 c_1.$$

С учетом введенных соотношений, преобразуем формулу (3) к виду:

$$f(c_1, c_2) = \begin{pmatrix} l_3(c_1 c_2 - s_1 s_2) + l_2 c_1 \\ l_3(s_1 c_2 + s_2 c_1) + l_2 s_1 \end{pmatrix}. \quad (2)$$

Согласно формуле (2) получаем, что все возможные способы поместить кисть в заданную точку  $(x_1, y_1) = (a, b)$  описываются полиномиальной системой вида (3).

$$\begin{cases} a = l_3(c_1 c_2 - s_1 s_2) + l_2 c_1; \\ b = l_3(s_1 c_2 + s_2 c_1) + l_2 s_1; \\ 0 = c_1^2 + s_1^2 - 1; \\ 0 = c_2^2 + s_2^2 - 1. \end{cases} \quad (3)$$

Чтобы решить эту систему, найдем базис Грёбнера, используя lex – упорядочение, где  $c_2 > s_2 > c_1 > s_1$ . Вычисления проведем с помощью системы компьютерной алгебры MAPLE (рис.2).

В алгебраических терминах получаем редуцированный базис Грёбнера идеала  $I$ , порожденного полиномами (3) в кольце  $\mathbf{R}(a, b, l_2, l_3)$ .

Получаем

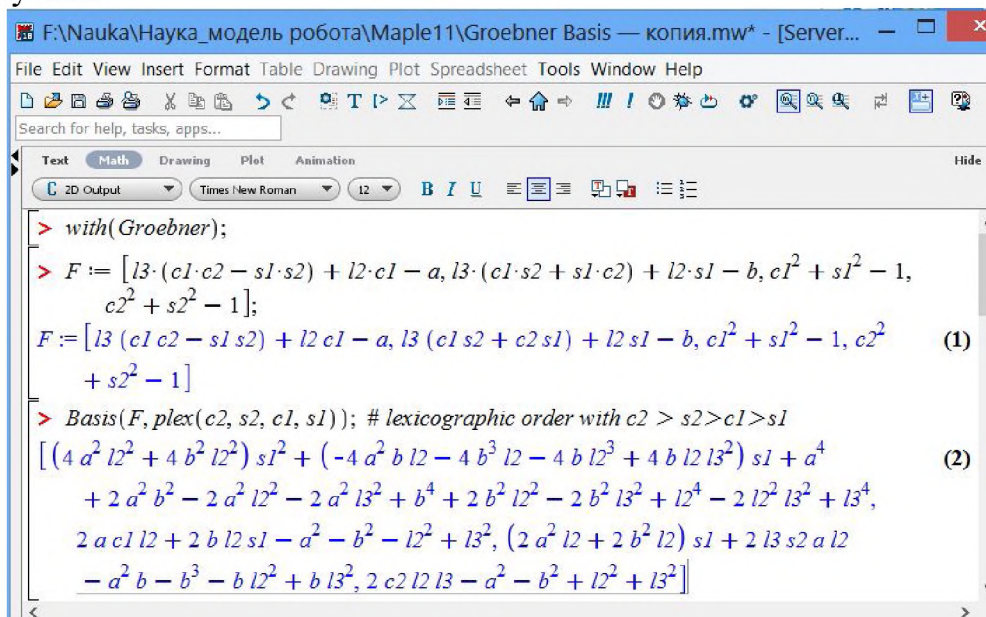


Рис. 2. Решение системы (3) при помощи базиса Грёбнера



Запишем результат вычислений в удобной форме (4).

$$\begin{cases} c_2 - \frac{a^2 + b^2 - (l_2^2 + l_3^2)}{2l_2l_3} = 0; \\ s_2 + \frac{a^2 + b^2}{al_3} s_1 - \frac{(a^2 + b^2 + l_2^2 - l_3^2)b}{2al_2l_3} = 0; \\ c_1 + \frac{b}{a} s_1 - \frac{a^2 + b^2 + l_2^2 - l_3^2}{2l_2l_3} = 0; \\ s_1^2 + \frac{(a^2 + b^2 + l_2^2 - l_3^2)b}{(a^2 + b^2)l_2} s_1 + \\ + \frac{(a^2 + b^2)^2 + (l_2^2 - l_3^2)^2 - 2a^2(l_2^2 + l_3^2) + 2b^2(l_2^2 - l_3^2)b}{4l_2^2(a^2 + b^2)} = 0. \end{cases} \quad (4)$$

Из системы (4) легко получить решение  $c_1, c_2, s_1, s_2$ , если заданы значения  $a, b, l_2, l_3$ .

Возникает вопрос о существовании решения на множестве действительных чисел. Очевидно, что для этого нужно определить область допустимых значений уравнений системы, нахождение которой сводится к проверке условий неравенства нулю знаменателей дробей. Следует также обратить внимание на решение 4-го уравнения системы, которое является квадратным, поэтому количество его решений зависит от дискриминанта уравнения.

Для дальнейшего анализа введем параметры звеньев. Предположим,

$$l_2 = l_3 = 1.$$

Вычислим базис Грёбнера в кольце  $\mathbf{R}(a, b)$ .

```

> l2 := 1
> l3 := 1
> F := [l3*(c1*c2 - s1*s2) + l2*c1 - a, l3*(c1*s2 + s1*c2) + l2*s1 - b, c1^2 + s1^2 - 1,
c2^2 + s2^2 - 1];
F := [l3 (c1 c2 - s1 s2) + c1 - a, l3 (c1 s2 + c2 s1) + s1 - b, c1^2 + s1^2 - 1, c2^2
+ s2^2 - 1]
> Basis(F, plex(c2, s2, c1, s1)); # lexicographic order with c2 > s2 > c1 > s1
[(4 a^2 + 4 b^2) s1^2 + (-4 a^2 b - 4 b^3) s1 + a^4 + 2 a^2 b^2 + b^4 - 4 a^2, -a^2 + 2 a c1
- b^2 + 2 b s1, (2 a^2 + 2 b^2) s1 + 2 a s2 - a^2 b - b^3, -a^2 - b^2 + 2 c2 + 2]
    
```

**Рис. 3.** Решение системы (3) при помощи базиса Грёбнера при  $l_2 = l_3 = 1$

После элементарных преобразований получим систему уравнений (5).

$$\begin{cases} c_2 - \frac{a^2 + b^2 - 2}{2} = 0; \\ s_2 + \frac{a^2 + b^2}{al_3} s_1 - \frac{(a^2 + b^2)b}{2a} = 0; \\ c_1 + \frac{b}{a} s_1 - \frac{a^2 + b^2}{2} = 0; \\ s_1^2 - bs_1 + \frac{(a^2 + b^2)^2 - 4a^2}{4(a^2 + b^2)} = 0. \end{cases} \quad (5)$$

Система определена, если  $a \neq 0$  и  $a^2 + b^2 \neq 0$ .

Проведем исследование системы при  $a \neq 0$ . В таком случае выполняется условие:  $a^2 + b^2 \neq 0$ .

Найдем решение 4-го уравнения системы

$$s_1^2 - bs_1 + \frac{(a^2 + b^2)^2 - 4a^2}{4(a^2 + b^2)} = 0. \quad (6)$$

Дискриминант уравнения:

$$D = \frac{a^2(4 - (a^2 + b^2))}{a^2 + b^2}.$$

Действительные корни получаем при выполнении условия:

$$0 < a^2 + b^2 \leq 4.$$

Два действительных совпадающих корня имеем при  $a^2 + b^2 = 4$ .

Геометрически полученный результат можно объяснить следующим образом:

так как по условию  $l_2 = l_3 = 1$ , то расстояние от сочленения 1 до сочленения 3 имеет максимальное значение 2, при этом величина угла  $q_2 = 0$ , то есть звенья 2 и 3 имеют одинаковый угол наклона.

Рассмотрим случай, когда  $a^2 + b^2 = 0$ .

В данном случае сочленение 3 расположено в начале координат системы  $(x_1, y_1)$ . Геометрически можно определить бесконечное число способов поместить сочленение 3 в начало координат при условии, если  $l_1 = l_2$ . Можно сначала выбрать произвольно заданный угол  $q_1$ , затем, выбрав  $q_2 = \pi$ , получаем совмещение звена 3 с звеном 2, при этом сочленение 3 помещаем в точку  $(0; 0)$ . Только таким образом можно поместить кисть робота в точку  $(a; b) = (0; 0)$ .

В последнем случае  $a = 0, b \neq 0$ . Вычислим базис Грёбнера, учитывая, что  $a = 0$  и  $l_2 = l_3 = 1$  (Рис.4).

$$\begin{aligned}
 & l_2 := 1 \\
 & l_3 := 1 \\
 & a := 0 \tag{1} \\
 & F := [l_3 \cdot (c_1 \cdot c_2 - s_1 \cdot s_2) + l_2 \cdot c_1 - a, l_3 \cdot (c_1 \cdot s_2 + s_1 \cdot c_2) + l_2 \cdot s_1 - b, c_1^2 + s_1^2 - 1, \\
 & \quad c_2^2 + s_2^2 - 1]; \\
 & F := [c_1 c_2 - s_1 s_2 + c_1, c_1 s_2 + c_2 s_1 - b + s_1, c_1^2 + s_1^2 - 1, c_2^2 + s_2^2 - 1] \tag{2} \\
 & \text{Basis}(F, \text{plex}(c_2, s_2, c_1, s_1)); \# \text{lexicographic order with } c_2 > s_2 > c_1 > s_1 \\
 & \quad [-b + 2 s_1, b^2 + 4 c_1^2 - 4, -b c_1 + s_2, -b^2 + 2 c_2 + 2] \tag{3}
 \end{aligned}$$

Рис. 4. Базис Грёбнера при  $a = 0$  и  $l_2 = l_3 = 1$

Распишем в виде системы уравнений.

$$\begin{cases}
 c_2 - \frac{b^2 - 2}{2} = 0; \\
 s_2 - b c_1 = 0; \\
 c_1^2 + \frac{b^2 - 4}{4} = 0; \\
 s_1 - \frac{b}{2} = 0.
 \end{cases} \tag{7}$$

Заметим, что степень уравнений относительно переменных величин  $s_1$  и  $c_1$  изменилась по сравнению с (6): уравнение, содержащее  $s_1$ , является линейным и имеет единственное решение. Величина  $c_1$  определяется из квадратного уравнения:

$$c_1^2 = -\frac{b^2 - 4}{4}.$$

Полученное уравнение имеет единственное решение при  $b = \pm 2$ , два различных решения при  $b \in (-2; 2)$ , в противном случае решений нет.

Итак, проведен геометрический анализ механизма с учетом особых конфигураций, к которым относятся частные случаи поведения системы, описывающей кинематику механизма:  $a^2 + b^2 = 0$ ,  $a^2 + b^2 = 4$ .

В результате проведенного анализа получаем следующие результаты.

Для точки  $(a, b) \in R^2$ , задающей некоторую ориентацию выходного звена в системе координат  $(x_1, x_2)$  возможность переместить сочленение 3 в данную точку определяется следующим образом:

Существует бесконечное число способов, если  $a^2 + b^2 = 0$ ;

Существует два способа, если  $0 < a^2 + b^2 < 4$ ;

Существует единственный способ, если  $a^2 + b^2 = 4$ ;

Не возможно, если  $a^2 + b^2 > 4$ .

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кокс Д., Литтл Дж., О'Ши Д. Идеалы, многообразия и алгоритмы. Введение в вычислительный аспекты алгебраической геометрии и коммутативной алгебры: Пер. с англ. // М.: Мир, 2000. 687 с.

УДК 614.894.732

*Д. Ю. Захаров, К. К. Томашевич, О. Г. Волков, А. В. Топоров, А. Н. Володин*<sup>\*</sup>

ФГБОУ ВО «Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России»

<sup>\*</sup>ФГБОУ ВО «Ивановский государственный химико-технологический университет»

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОЧНОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ЛИЦЕВОЙ ЧАСТИ ПАНОРАМНОЙ МАСКИ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ТЕПЛООВОГО ПОТОКА**

В статье рассматривается влияние величины теплового потока на конструктивные свойства панорамной маски. Определен интервал температур и время защитного действия, при котором лицевая часть панорамной маски не теряет своих прочностных характеристик.

**Ключевые слова:** опасные факторы пожара, лицевая часть панорамной маски, газодымозащитник, тепловой поток, повышенная температура, образцы, коэффициент светопропускания.

*D. Y. Zakharov, K. K. Tomashevich, O. G. Volkov, A. V. Toporov, A. N. Volodin*

**DETERMINATION OF STRENGTH CHARACTERISTICS OF THE FACIAL PART OF THE PANORAMIC MASK UNDER THE INFLUENCE OF THERMAL FLOW**

The influence of the magnitude of the heat flux on the structural properties of a panoramic mask is considered in the article. The temperature range and the time of the protective action are determined, in which the face of the panoramic mask does not lose its strength characteristics.

**Keywords:** dangerous factors of fire, front part of a panoramic mask, gas defroster, heat flow, elevated temperature, samples, light transmittance.

*Введение*

Горение является процессом окисления, в результате которого выделяются теплота и продукты сгорания, наблюдаемые в виде дыма.

В условиях пожара продукты сгорания и теплового разложения, входящие в состав дыма, действуют на организм человека комбинированно, поэтому их общая токсичность опасна для жизни даже при незначительных концентрациях.

Около 73% погибших при пожарах погибают от воздействия на них токсичных продуктов горения, около 20% - от действия высокой температуры, около 5% - от пониженного содержания кислорода. Остальные погибают от травм, полученных в результате обрушения строительных конструкций, разлета осколков при взрыве, из-за обострения и проявления скрытых заболеваний и психических факторов.

При тушении пожаров на сотрудников ФПС ГПС воздействуют опасные факторы пожара (далее – ОФП) такие как повышенная температура и тепловой поток, которые могут оказать значительное воздействие не только на средства индивидуальной защиты органов дыхания и зрения, но и на самого газодымозащитника. При воздействии теплового потока и повышенной температуры в зависимости от времени воздействия существует возможность наступления одного из предельных состояний работоспособности СИЗОД, что является одной из составляющих несчастных случаев при тушении пожаров. Лицевая часть панорамной маски можно считать одним из самых уязвимых компонентов СИЗОД в условиях повышенной температуры и теплового потока. Однако под воздействием ОФП свойства лицевой части панорамной маски дыхательного аппарата мало изучены. Цель работы – определение оптимальной температуры и времени защитного действия, при котором лицевая часть панорамной маски не потеряет своих конструктивных свойств.

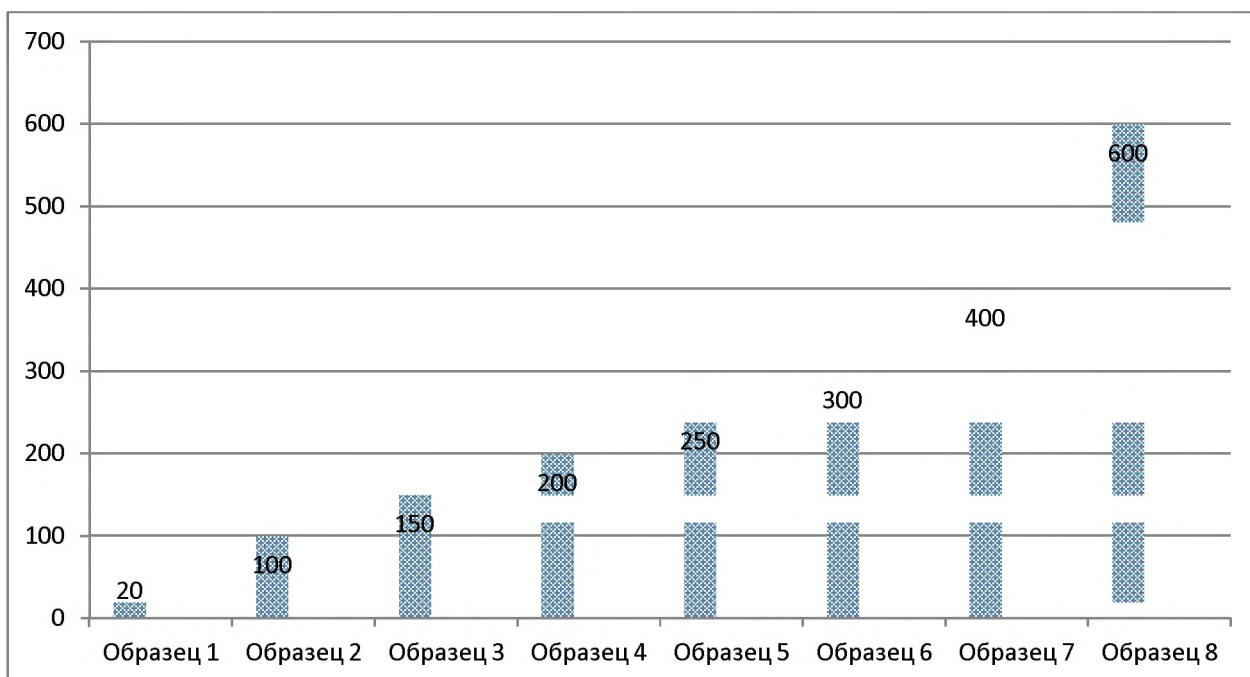
*Экспериментальная часть*

В работе были использованы восемь образцов. Данные образцы (рис.1) представляли собой фигуру в виде параллелепипеда с длиной 150 мм, шириной 15 мм и толщиной 3 мм.



**Рис. 1.** Внешний вид образца

Для проведения экспериментальной части работы использовалось стандартное лабораторное оборудование – муфельная печь, приборы маятниковый копер и «Тауметр» [1, 2].

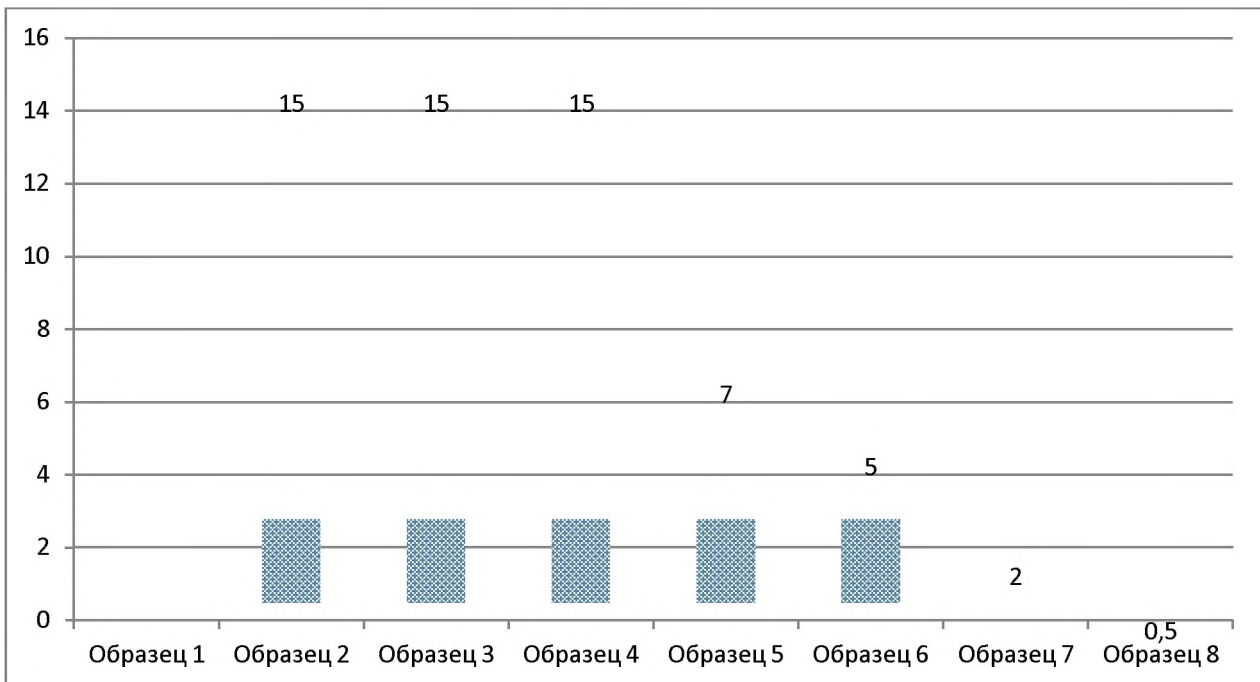


**Рис. 2.** Диаграмма воздействия температуры на образцы

Все образцы за исключение №1 подвергались тепловому воздействию от 100 °С до 600 °С при различных интервалах времени. Затем определялась ударная вязкость на приборе маятниковый копер и измерялся коэффициент светопропускания на приборе «Тауметр».

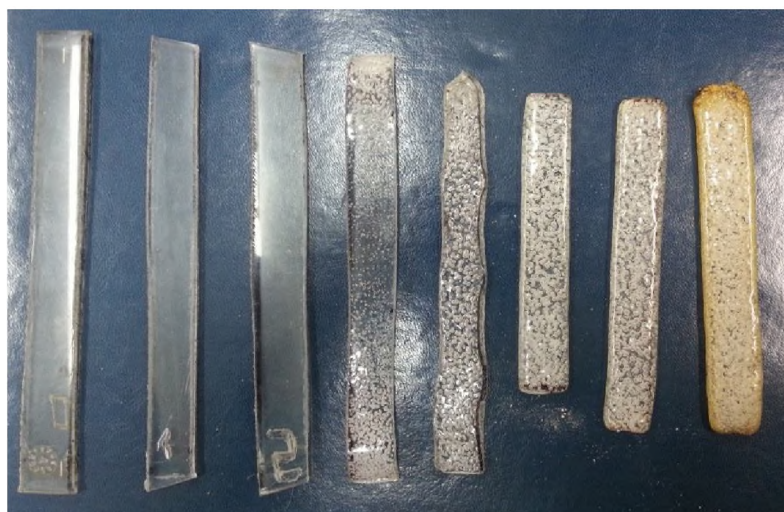
*Обсуждение результатов*

На рис. 2 и 3 приведены экспериментальные данные в зависимости от времени и температуры воздействия на образцы.



**Рис. 3.** Диаграмма выдержки образцов в интервале времени

На рис. 4 представлен внешний вид образцов после температурного воздействия.



**Рис. 4.** Внешний вид образцов

По результатам исследования было выявлено, что при повышении температуры и увеличении длительности теплового воздействия снижается способность лицевой части панорамной маски сопротивляться ударным (динамическим) нагрузкам, а так же уменьшается коэффициент светопропускания рис. 5 и 6.

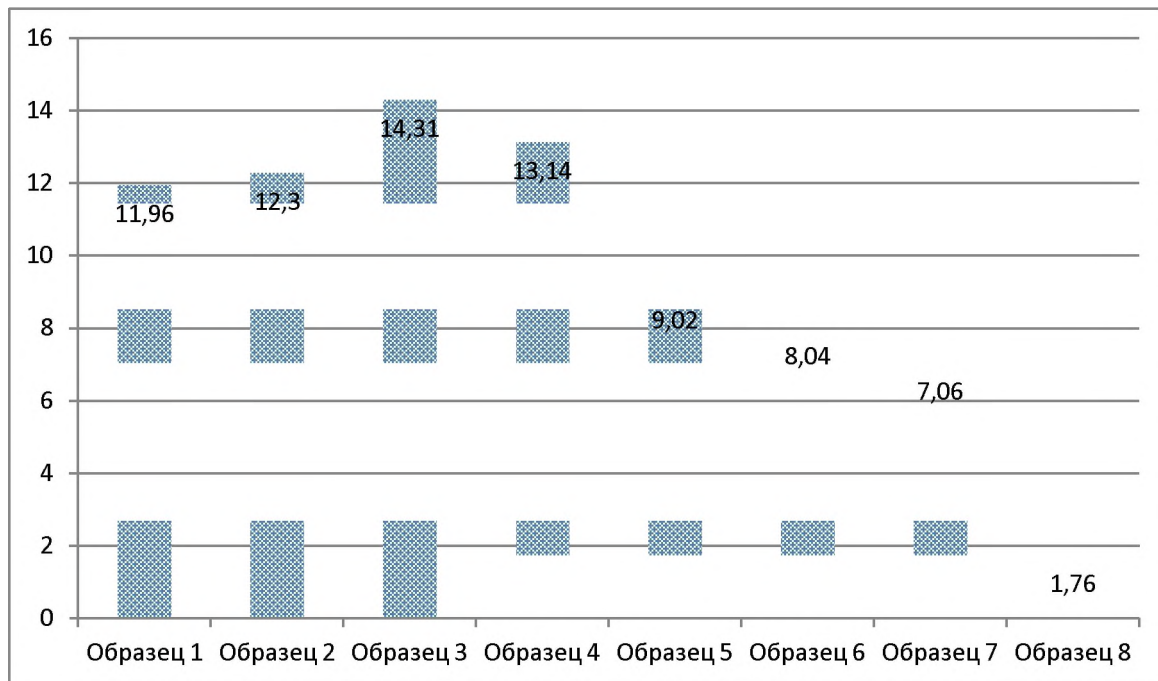


Рис. 5. Диаграмма определения ударной вязкости

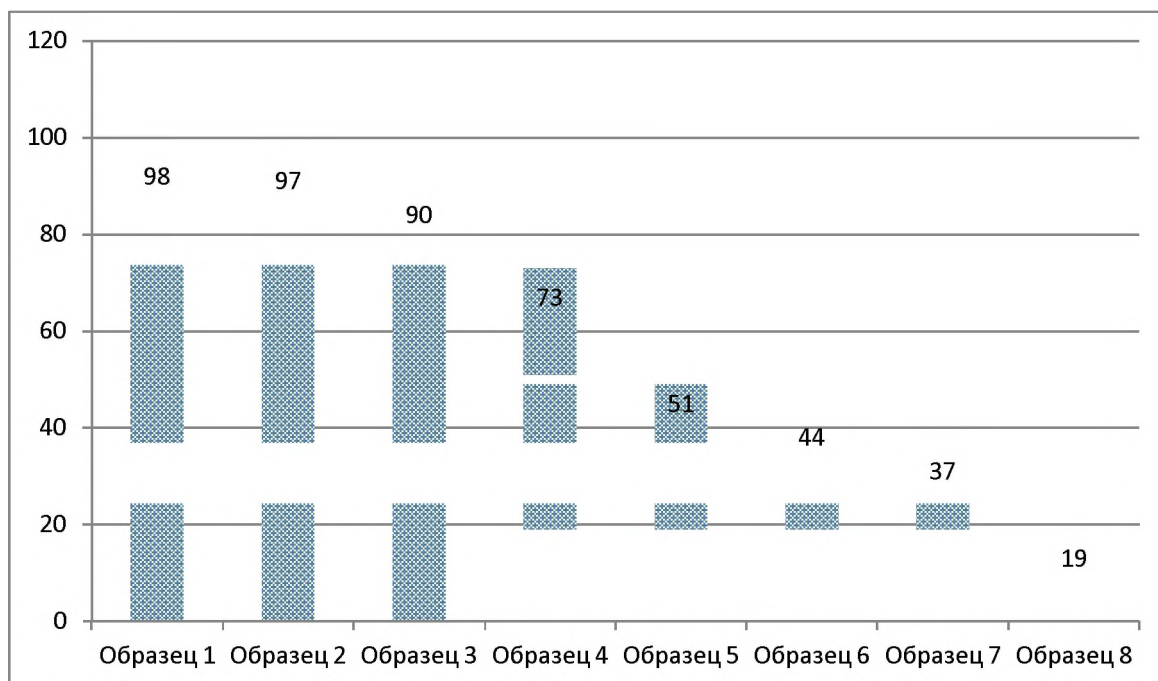


Рис. 6. Диаграмма измерения коэффициента светопропускания

### Выводы

Установлено оптимальные режимы теплового воздействия на лицевую часть панорамной маски, при которых она не теряет своих конструктивных свойств. Анализ полученных выходных диаграмм позволяет рекомендовать оптимальные условия работы в дыхательных аппаратах на сжатом воздухе.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ Р 12.4.297-2013 Система стандартов безопасности труда. Одежда специальная для защиты от повышенных температур теплового излучения, конвективной теплоты, выплесков расплавленного металла, контакта с нагретыми поверхностями, кратковременного воздействия пламени. Технические требования и методы испытаний.
2. ГОСТ 15.309-98 Система разработки и постановки продукции на производство (СРПП). Испытания и приемка выпускаемой продукции. Основные положения.
3. *Грачев В.А., Терехнев В.В., Поповский Д.В.* Газодымозащитная служба: Учебно – методическое пособие. – Изд. 2-е, перераб. И доп. – М.:ООО «Издательство «Калан»», 2012. – 280 с.

УДК 623.6; 551.509

*А. А. Иванников, Л. В. Жуков, А. В. Кузнецов*

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

### **МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ГОТОВНОСТИ К ПУСКУ ДИЗЕЛЯ ВОЕННОЙ АВТОМОБИЛЬНОЙ ТЕХНИКИ В УСЛОВИЯХ НИЗКИХ ТЕМПЕРАТУР**

Существующие способы подготовки к пуску дизеля военной автомобильной техники в условиях низких температур обладают рядом преимуществ и недостатков. Для оценки готовности к пуску дизеля после тепловой подготовки была разработана данная методика.

**Ключевые слова:** эксплуатация, военная автомобильная техника, холодный пуск дизеля, условия низких температур.

*A. A. Ivannikov, L. V. Zhukov, A. V. Kuznetsov*

### **THE METHODOLOGY FOR THE ASSESSMENT OF READINESS FOR START-UP DIESEL MILITARY VEHICLES IN LOW TEMPERATURES**

Existing methods of preparation for start-up diesel military vehicles in low temperatures have a number of advantages and disadvantages. To assess readiness to start the diesel after the heat training has been developed this technique.

**Keywords:** exploitation, military vehicles, cold start of a diesel engine, conditions of low temperatures.



Большая часть Российской Федерации находится в холодной климатической зоне, где используется около 50% военной автомобильной техники (ВАТ). Так, в районах Крайнего Севера России продолжительность зимнего периода превышает 300 дней в год, а температура воздуха опускается ниже минус 50°C. Особенно это сказывается на режимах пуска и прогрева дизеля, длительность которых при низких температурах превышает 40 - 80 мин, что приводит к увеличению расхода топлива, росту времени подготовки дизеля к принятию нагрузки, износу узлов и агрегатов (до 70% от общих эксплуатационных износов) [1]. Такие условия эксплуатации предъявляют высокие требования к надежности ВАТ, качеству эксплуатационных материалов и технологическому оборудованию предпусковой подготовки дизеля.

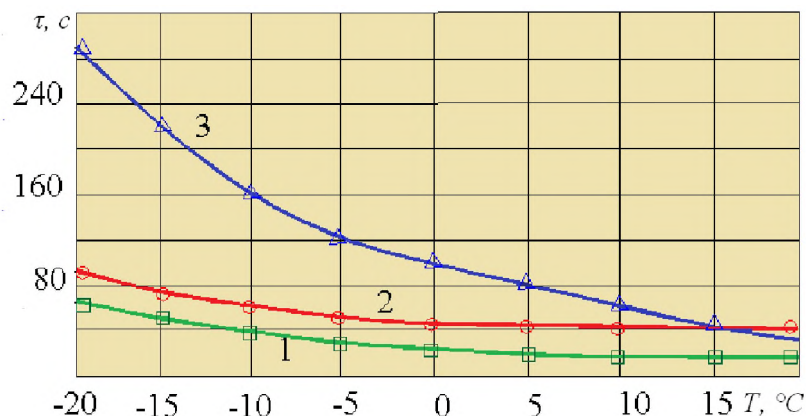
Анализ работоспособности двигателей КАМАЗ 740.31-240 позволил выявить наиболее часто встречающиеся неисправности такие, как скрытые дефекты деталей пар трения (рис. 1а), неисправности коленчатого вала (рис. 1б). Несмотря на большой опыт применения тонкостенных вкладышей в подшипниках коленчатого вала, их постоянное совершенствование, доля их дефектов остается значительной [2]. В настоящее время в условиях низких температур от 40 до 50% ВАТ хранится на открытых площадках. В условиях низких температурах используются различные методы и средства, обеспечивающие пуск дизеля ВАТ. Основными и перспективными методами подготовки дизеля является тепловая подготовка, а из средств – автоматизированный предпусковой подогреватель, тепловой аккумулятор или молекулярный накопитель энергии, которые позволяют влиять на надежность пуска.



Рис. 1. Основные дефекты деталей пар трения двигателя КАМАЗ 740.31-240

Однако метод тепловой подготовки дизеля в основном направлен на прогрев цилиндро-поршневой группы двигателя, но не масла дизеля, что оказывает влияние на время поступления масла к парам трения (рис. 2) [4].

При исследовании способов подготовки к пуску дизеля ВАТ актуальной задачей является их качественное исполнение и влияние на готовность ВАТ в условиях низких температур. Решение данной задачи для ВАТ носит сложный характер, любые упрощения, как на стадии проведения опыта, так и при расчете приводят к значительным погрешностям [3].



**Рис. 2.** Изменение времени запаздывания поступления масла к подшипникам коленчатого вала в период пуска и прогрева двигателя КамАЗ-740.30 - 260 в зависимости от температуры масла (прогрев двигателя на холостом ходу при  $n = 1200 \text{ мин}^{-1}$ )

1 – до min допустимого 0,05 МПа в конце главной масляной магистрали и в кольцевой канавке первого коренного подшипника; 2 – до рабочего давления; 3 – до поступления в ось коромысел клапанов

С целью уменьшения трудоемкости расчетов и повышения достоверности результатов, разработана методика оценки готовности к пуску дизеля ВАТ в условиях низких температур при известных временных, температурных и теплофизических значениях масла дизеля определенной модели ВАТ.

В основу методики заложено уравнение, описывающее взаимосвязь параметров системы тепловой подготовки масла и коэффициента готовности ( $G_z$ ) ВАТ:

$$G_z = f(\tau_{ТП}, T_{мм}), \quad (1)$$

где  $G_z$  – коэффициент технической готовности, %;

$\tau_{ТП}$  – время тепловой подготовки масла, с;

$T_{мм}$  – температура масла дизеля, К.

Для автомобилей, оборудованных автоматизированными жидкостными подогревателями, вводится коэффициент  $\eta_{ТП}$  и тогда выражение примет следующий вид:

$$G_z = \frac{N_{усп}}{N_{общ}} \cdot K_A \cdot K_T \cdot \eta_{ТП}, \quad (2)$$

где  $\eta_{ТП}$  – степень автоматизации предпускового подогревателя;

$N_{усп}$  – количество успешных пусков ВАТ;

$N_{общ}$  – общее количество пусков ВАТ.

$K_A$  – уточняющий коэффициент влияния времени тепловой подготовки масла на готовность ВАТ, % [5];

$K_T$  – уточняющий коэффициент влияния температуры масла на готовность ВАТ, % [5];

Для определения значения коэффициента готовности ВАТ соединений и частей при эксплуатации в условиях низких температур необходимо воспользоваться выражением, для соответствующего температурного диапазона уточненным по типу и количеству ВАТ следующим образом:

$$\Delta G_z = \frac{1}{k_{ВАТ}} \sum_{i=1}^N G_{zj} \cdot k_j, \quad (3)$$

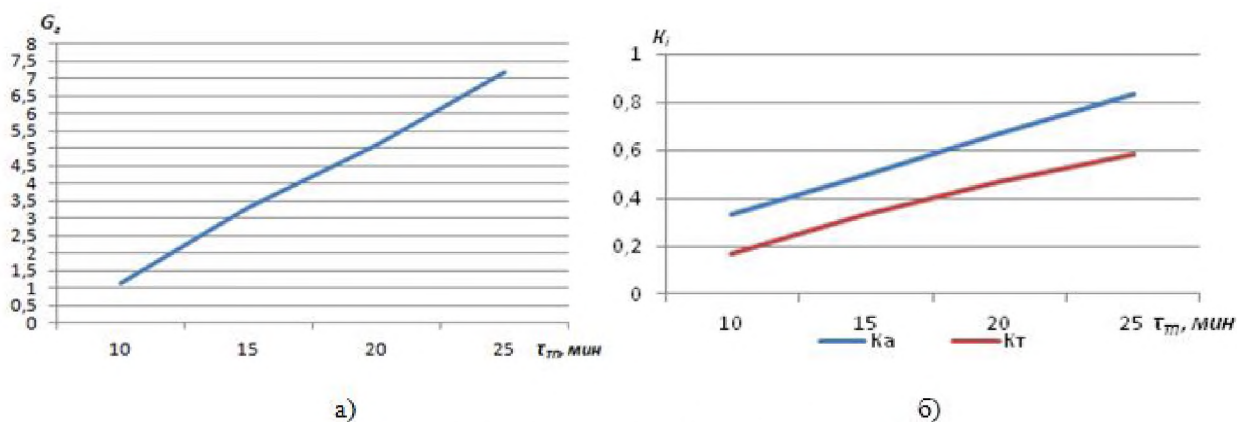
где  $\Delta G_z$  – уточняющий коэффициент повышения готовности к пуску дизелей ВАТ соединения (части);

$k_{ВАТ}$  – общее количество ВАТ в соединении (части);

$i$  – количество типов ВАТ;

$j$  – количество ВАТ по маркам.

Предварительные результаты расчета по предложенной методике приведены на рис. 3.



**Рис. 3.** Зависимость значений коэффициента  $G_z$  (а) и коэффициентов  $K_A$  и  $K_T$  (б) от времени подготовки к пуску ВАТ

Методика оценки готовности к пуску дизеля в условиях низких температур позволяет определить значение коэффициента готовности ВАТ при применении теплового способа подготовки к пуску дизеля. Предварительные результаты расчета показывают, что применение способа совместной тепловой подготовки охлаждающей жидкости и масла дизеля позволит повысить коэффициент готовности ВАТ соединений и частей на 5...7% и снизить время общей подготовки к пуску от 17 до 33%.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Баранник А.С. Арктика как важный геостратегический регион столкновения национальных интересов ведущих зарубежных стран Ч.1 [Текст] / А.С. Баранник, И.В. Вознюк // Зарубежное военное обозрение. – 2009. – № 1. – С. 3-11.

2. Денисов А.С. Влияние износа на режимы смазки шатунных подшипников дизеля КамАЗ-740 [Текст] / А.С. Денисов, А.Т. Кулаков, Н. И. Светличный // Современные проблемы транспорта. Межвуз. научн. сб. Саратов: Саратов. гос. техн. ун-т. - 2000. - С. 25-28.

3. Резник Л.Г. Оценка конструкции автомобиля по его приспособленности к климатическим условиям [Текст] / Л.Г. Резник // Автомобильный транспорт. – 1977. – №4. – С. 14-15.

4. Жуков, Л.В. Математическое моделирование тепловой подготовки моторного масла дизельного двигателя [Текст] / Л.В. Жуков, С.Г. Дубинин // Надежность и долговечность машин и механизмов: сборник материалов VII Всероссийской научно-практической конференции. – Иваново: ИГПС МЧС РФ, 2016. – С. 43-46.

5. Жуков, Л.В. Методика подготовки к пуску дизельного двигателя внутреннего сгорания при эксплуатации вооружения и военной специальной техники в условиях низких температур [Текст] / Л.В. Жуков, С.Г. Дубинин // Надежность и долговечность машин и механизмов: сборник материалов VII Всероссийской научно-практической конференции. – Иваново: ИГПС МЧС РФ, 2016. – С. 46-51.

УДК 614.843.9

*А. В. Иванов, В. И. Михайлова, И. Л. Скрипник*

ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России»

## **ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ ПОЖАРНОЙ ТЕХНИКИ В УСЛОВИЯХ ТЕПЛООВОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ПРИ ГОРЕНИИ НЕФТЕПРОДУКТОВ**

Представлены результаты исследований теплозащитных свойств водногелевых составов, в условиях электрофизической и температурной модификации, для целей тепловой защиты пожарной техники в условиях горения нефтепродуктов.

**Ключевые слова:** гидрогели, электрофизическая и температурная модификация, тепловая защита.

*A. V. Ivanov, V. I. Mikhaylova, I. L. Skrypnik*

## **IMPROVING THE RELIABILITY OF FIRE FIGHTING EQUIPMENT UNDER THERMAL EXPOSURE AT BURNING OIL**

Presented results of research of heat-protective properties of water-gel compositions, under conditions of electrophysical and temperature modification, for the purposes of thermal protection of fire equipment in conditions of oil products combustion.

**Keywords:** hydrogel, electrophysical and thermal modification, thermal protection.

Пожары нефтепродуктов часто сопровождаются факельным горением паровоздушной смеси на дыхательной арматуре, технологических отверстиях и трещинах в конструктивных элементах резервуара. При ликвидации горения нефтепродуктов необходимо охлаждение технологической арматуры резервуаров и обеспечение достаточной тепловой защиты пожарной техники и участников тушения пожара. Наиболее подвержены тепловому воздействию металлические конструкции и детали, а также

резинотехнические материалы. Некачественная тепловая защита может привести к снижению надежности, потере работоспособности и разрушению пожарной техники и оборудования [1]. Основным технологическим решением для обеспечения тепловой защиты является применение установок охлаждения. Для целей тепловой защиты резервуаров, пожарной техники и участников тушения используется пожарнотехническое оборудование (в основном лафетные и ручные стволы) [2].

В качестве охлаждающего вещества при пожарах на складах нефтепродуктов чаще всего используют воду. Вода является наиболее доступным огнетушащим и охлаждающим веществом, с хорошими теплофизическими характеристиками. Вместе с тем, низкая вязкость и невысокие адгезионные свойства не позволяют эффективно использовать воду для тепловой защиты металлических конструкций резервуаров, элементов пожарной техники и оборудования.

Водогелевые составы (ВГС) имеют лучшую, по сравнению с водой, адгезию к древесине, металлам, полимерам и другим материалам, низкую коррозионную активность и хорошие эксплуатационные характеристики [3]. Однако их использование ведет к увеличению стоимости теплозащитных веществ в сравнении с водой. Для повышения эффективности применения ВГС на пожаре необходимо обоснование минимальных эффективных концентраций гелеобразующих компонентов для целей тепловой защиты. В связи с этим, разработка технологий получения эффективных водогелевых составов с улучшенными техническими и экономическими показателями является актуальной.

В исследовании использовались дистиллированная вода и ВГС на ее основе. В качестве гелеобразующего компонента использовался редкосшитый акриловый полимер (РАП) марки «Carbopol ETD-2020». Технология подготовки воды включала в себя воздействие переменным частотно-модулированным потенциалом (ПЧМП) [4] с параметрами 220 В, 50 Гц в течение 30 мин. при температуре от 4 °С до 20 °С. Навеска РАП добавлялась в концентрации от 0,1 до 1,0 масс. %. В течение периода гелеобразования проводилась дальнейшее воздействие ПЧМП. Стабилизация ВГС проводилась путем введения в дисперсию 20 % водного раствора аммиака в концентрации 0,1 – 1,0 масс. %.

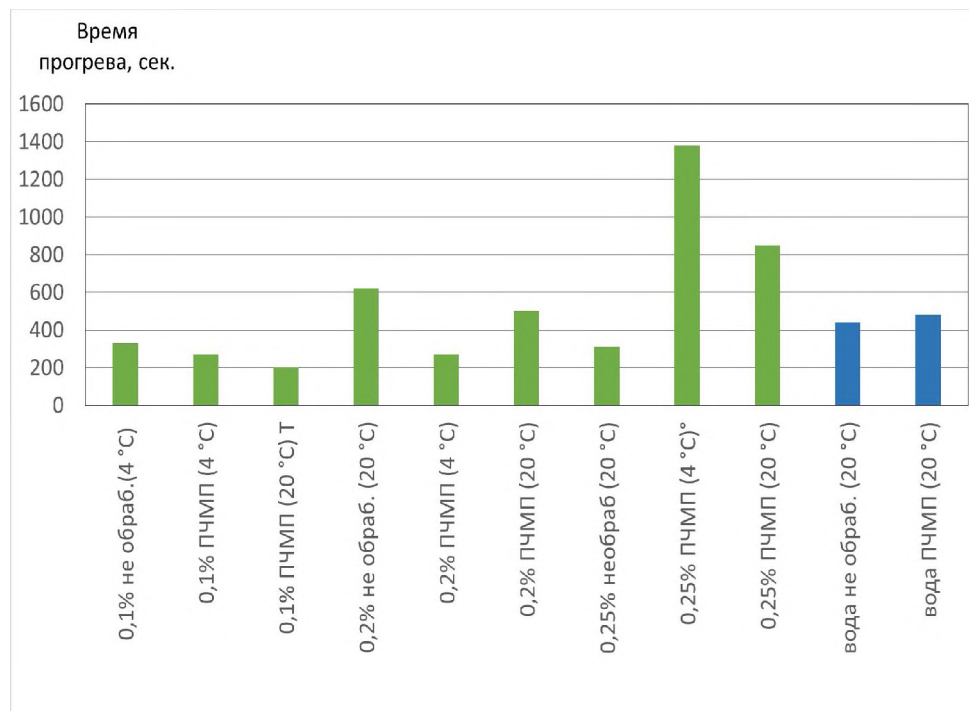
Для исследования механизма прогрева и кипения ВГС, определения зависимости теплопроводности от способа модификации ВГС и концентрации РАП использовалась лабораторная установка для изучения процессов поверхностного и объемного кипения жидкостей [5].

В табл. 1 приведены данные о максимальной температуре модифицированных ВГС и дистиллированной воды. Из приведенных данных можно сделать вывод о снижении максимальной температуры нагрева ВГС для гелей в условиях электрофизической и температурной модификации.

*Таблица 1. Максимальная температура при нагреве жидкостей, °С*

0,1% не обработ. (4 °С)	0,1% ПЧМП (4 °С)	0,1% ПЧМП (20 °С)	0,2% не обработ. (20 °С)	0,2% ПЧМП (4 °С)	0,2% ПЧМП (20 °С)	0,25% необ- работ. (20 °С)	0,25% ПЧМП (4 °С)	0,25% ПЧМП (20 °С)	0,3% необ- работ. (20 °С)
98	99	97	92	98	98	96	85	95	94

Данные о времени нагрева модифицированных ВГС и дистиллированной воды до максимальной температуры представлены на рис. 1.



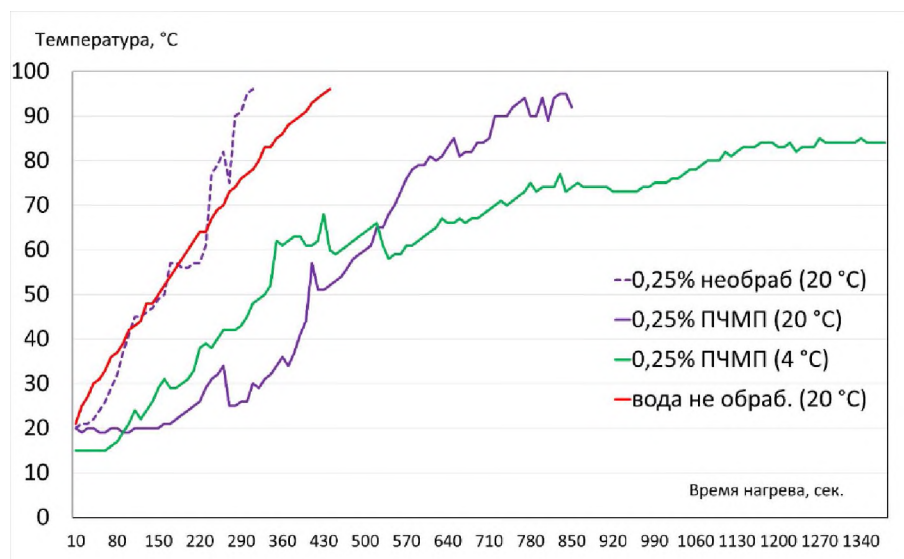
**Рис. 1.** Время достижения максимальной температуры ВГС при концентрации РАП от 0,1 до 0,25 масс % в сравнении с водой

Время нагрева модифицированных ВГС до максимальной температуры возрастает с увеличением концентрации гелеобразующего компонента. Время нагрева ВГС при концентрации РАП от 0,1 до 0,2 масс. % меньше времени нагрева дистиллированной воды на 30 – 50 %, в то время как при более высоких концентрациях модифицированные ВГС нагреваются значительно медленнее, с наилучшим результатом для гелей с концентрацией РАП 0,25 масс. %.

Для всех образцов ВГС, структурированных на основе воды при температуре 4 °С, наблюдается значительное (до 60 %) увеличение времени нагрева жидкости.

На рис. 2 представлены данные о сравнительной динамике прогрева ВГС (с концентрацией РАП 0,25 масс. %) и воды. Из полученных данных можно сделать вывод, что рост температуры ВГС, модифицированных в условиях воздействия ПЧМП, происходит медленнее, что позволяет использовать их в качестве теплоизоляционного материала для блокирования передачи энергии от источника тепла к защищаемому материалу.

Таким образом, электрофизическая и температурная модификация ВГС изменяет процессы теплопереноса в условиях нагрева жидкостей, что позволяет выделить некоторые из полученных ВГС в качестве перспективных для улучшения теплозащитных характеристик жидкостей, применяющихся при тепловой защите оборудования и пожарной техники. В частности, значительно более быстрый чем у воды нагрев ВГС (0,1 масс. %) позволяет использовать его для увеличения скорости теплоотвода, ВГС с более высокой концентрацией (0,25 масс. %) повышает эффективность установок тепловой.



**Рис. 2.** Кинетика нагрева модифицированных ВГС при концентрации РАП от 0,25 масс % в сравнении с водой

Низкая вязкость [6] гидрогелей с малой концентрацией РАП позволяет доставлять ВГС к месту пожара с помощью стандартного пожарно-технического оборудования пожарно-спасательных подразделений. Данное решение позволит повысить эффективность надежность пожарной техники в условиях теплового воздействия при пожарах в резервуарных парках нефтепродуктов.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Руководство по тушению пожаров нефти и нефтепродуктов в резервуарах и резервуарных парках. М.: ГУГПС, ВНИИПО МВД России, 1999. — 86 с.
2. Шароварников А. Ф., Молчанов В. П. и др. Тушение пожаров нефти и нефтепродуктов. М.: Калан, 2002. — 448 с.
3. Савченко А. В., Островерх О. А., Холодный А. С. Теоретическое обоснование использования гелеобразующих систем для охлаждения стенок резервуаров и цистерн с углеводородами от теплового воздействия пожара // Проблемы пожарной безопасности. — 2015. — № 37. — С. 191-195.
4. Патент РФ № 2479005. Способ и устройство управления физико-химическими процессами в веществе и на границе раздела фаз. [авторы: Ивахнюк Г.К. (RU), Матюхин В.Н. (RU), Клачков В.А. (RU), Шевченко А.О. (RU), Князев А.С. (RU), Ивахнюк К.Г. (RU), Иванов А.В. (RU), Родионов В.А. (RU), Опубликовано: 10.04.2013. Бюл. № 10 Федеральной службы по интеллектуальной собственности] URL: <http://www.freepatent.ru/patents/2479005> (дата обращения: 10.06.2016).
5. Теплообмен [Электронный ресурс] : метод. указания по лаб. работам / сост. : К. А. Финников, М. С. Лобасова. — Электрон. дан. (2 Мб). — Красноярск : ИПК СФУ, 2009.
6. Гаджиев Ш. Г. Иванов, А. В., Кондрашин А. В. Моделирование величины дальности струи модифицированных водногелевых огнетушащих веществ // Проблемы управления рисками в техносфере : Научно-аналитический журнал. — СПб.: СПбУ ГПС МЧС России. — 2015. — № 1 (33). — С. 60–67.

УДК 681.2

*В. А. Калентьев, Ф. М. Клинов*<sup>\*</sup>

ФГБОУ ВО «Уральский институт ГПС МЧС России»

<sup>\*</sup>ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет»

## ИЗМЕРИТЕЛЬ ВИБРОПЕРЕМЕЩЕНИЙ ИВП4-1500

Предложен измеритель виброперемещений ИВП4-1500, позволяющий повысить надежность и долговечность оборудования путем компьютерной системы мониторинга и диагностики.

**Ключевые слова:** измерительный прибор, виброперемещение, диагностика, надежность, долговечность.

*V. A. Kalentyev, F. M. Klinov*

## GAUGE OF VIBROTRANSFERENCE IVP4-1500

Gauge of vibrotransference IVP4-1500 permitting raise of reliability and lastingty by computer systems of monitoring and diagnostic has been suggested.

**Keywords:** measuring instrument, vibrotransference, diagnostic, reliability, lastingty.

Значительная часть деталей машин, используемых в современном производстве, повреждается вследствие напряжений, возникающих при колебаниях, возбуждаемых различными периодическими или внезапно приложенными силами. Эти вибрации оказывают влияние на функционирование деталей механизма и часто ухудшают его эксплуатационные характеристики: снижают точность, уменьшают КПД и долговечность машины, увеличивают нагрев деталей, снижают их прочность, оказывают вредное воздействие на человека-оператора. В связи с этим, контроль вибраций и колебаний становится неотъемлемым условием при эксплуатации устройств, машин и агрегатов.

Для непрерывной диагностики и контроля вибрации валов, двигателей, роторов и других агрегатов, разработан измеритель виброперемещений, который постоянно информирует оператора о состоянии всех основных объектов в процессе их работы. Это позволяет вовремя проводить профилактику или ремонт оборудования, что в свою очередь повышает его надежность и долговечность [1].

Для диагностики состояния оборудования разработана методика поверки измерителя виброперемещений с пьезоэлектрическими виброизмерительными преобразователями согласно ГОСТ 8.326-89, РД 50-660-88, МИ 2070, МИ 1873-88 [2].

При одновременном контроле вибрации различных механизмов, используемых в едином технологичном цикле целлюлозно-бумажного производства, была обнаружена разница потенциалов между корпусами, на которые устанавливались вибродатчики, что приводило к ошибке при измерении уровней перемещений [3]. В дальнейшем были проведены исследования по выбору изоляционного материала и способу



крепления вибродатчика, обеспечивающих минимальную ошибку измерений, прочность и разъемность соединения [4]. При выборе изоляционного конструкционного материала были исследованы следующие пластические массы:

Фторопласт (ГОСТ 10007-80) – не поглощает воду; химически стоек ко всем щелочам и кислотам; низкий коэффициент трения; высокая теплостойкость и диэлектрические свойства; низкие механические свойства, отличается хладотекучестью; удельное электрическое сопротивление  $10^{16} \dots 10^{17}$  Ом·см.

Капролон первичный (ГОСТ 15809-70) – имеет более высокие механические свойства, чем у других термопластов; хорошие антифрикционные свойства; большое водопоглощение; химическая стойкость низкая; удельное электрическое сопротивление  $3 \cdot 10^{14}$  Ом·см.

Капролон 13 – обладает более высокими механическими свойствами и меньшим водопоглощением, чем у капролона первичного; наиболее жесткий среди капролонов и полиамидов; удельное электрическое сопротивление  $6 \cdot 10^{13} \dots 5 \cdot 10^{14}$  Ом·см.

Гетинакс (ГОСТ 2718-74) – более низкая механическая прочность, чем у капролона, обладает хорошими электроизоляционными свойствами; удельное электрическое сопротивление  $10^{12}$  Ом·см.

В результате проведенных исследований указанных материалов установлено, что лучшими метрологическими характеристиками [2] (точность, сходимости результатов измерений) в рабочем интервале температур и влажности обладает капролон.

Так как область применения пьезоакселерометров охватывает полосу частот, которая может достигать 100 кГц, особое внимание было уделено креплению акселерометра через изолятор к конструкции контролируемого устройства либо механизма. Как показывает опыт [5], в 90% случаев возникающие осложнения вызваны недостаточной жесткостью соединения датчик – контролируемая деталь.

На жесткость крепления влияют следующие параметры: способ крепления, состояние поверхности конструкции, момент затяжки, твердость поверхности, кривизна опорной поверхности.

Вносимые ошибки воздействуют, главным образом, на частотную характеристику акселерометра (снижение резонансной частоты, появление паразитных резонансов) и искажают измерения. Зависимость полосы пропускания (со спадом до 5%), получаемая в пьезоакселерометрах с собственной частотой 12 кГц, от способа крепления составляет:

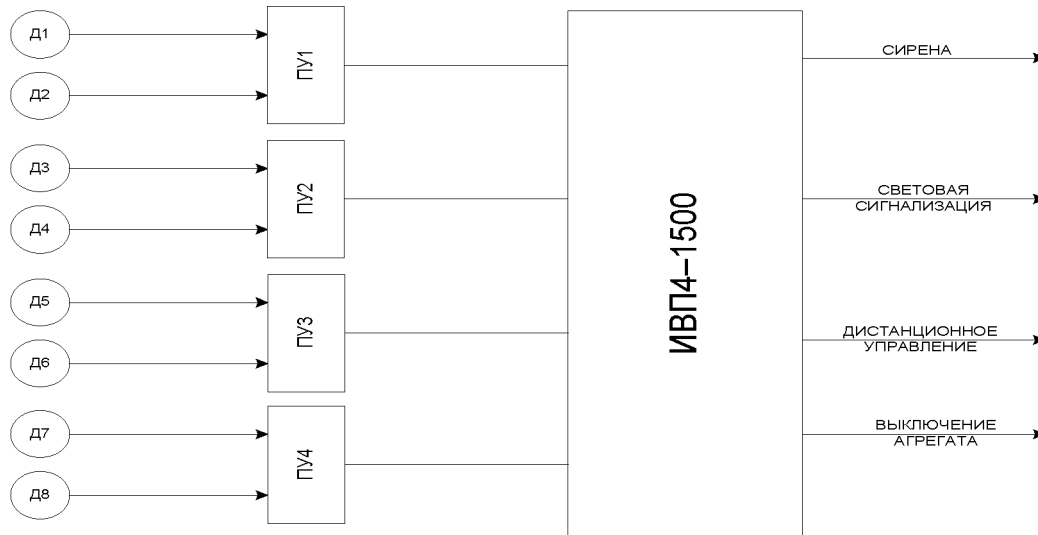
- датчик на запрессованных шпильках в массу основания – 8 кГц;
- датчик на резьбовых шпильках – 6 кГц;
- датчик, приклеенный эпоксидной смолой – 4,5 кГц;
- датчик, приклеенный двусторонней эпоксидной лентой – 2 кГц;

Наиболее предпочтительным является способ крепления датчика на резьбовых шпильках, что позволяет при хороших метрологических характеристиках измерений производить многократную разборку для регламентных и ремонтных работ. Использование капролона в качестве материала для изолятора позволяет обеспечить момент затяжки акселерометра 6 Н·м, требуемый заводом изготовителем.

В результате проведенных исследований был выбран материал и разработана конструкция изолятора. Выбран способ крепления датчика к конструкции контролируемого механизма. Проведенные последующие одновременные измерения нескольких механизмов на расстояниях 100...150 метров между собой, показали хорошие метрологические характеристики измерителя виброперемещений и независимость его

показаний от разницы потенциалов на конструкциях измеряемых механизмов, что привело к созданию четырехканального измерителя виброперемещений ИВП4-1500 модульно-крейтовой системы с пьезоэлектрическими виброизмерительными преобразователями типа АР 40.

Блок-схема измерительного прибора приведена на рис. 1.



**Рис. 1.** Блок-схема четырехканального измерителя ИВП4-1500:

Д1, Д2, ... Д8 – пьезоакселерометры типа АР-40;

ПУ1, ПУ2, ... ПУ4 – предварительные усилители

На каждый контролируемый механизм устанавливается два пьезоакселерометра (Д). Электронный сигнал с пьезодатчика поступает на вход предварительного усилителя (ПУ), где усиливается в 100 раз и преобразователем напряжение-ток преобразуется в токовый сигнал. На входе ИВП;-1500 сигнал преобразуется в напряжение и поступает на активный фильтр, настроенный на частоту вибрации контролируемого агрегата. После усиления сигнал поступает на трехуровневый компаратор (75%, 90% и 100% от максимальной амплитуды), где сравнивается с опорным сигналом. После компаратора сигнал поступает на блок индикации и сигнализации. Если амплитуда виброперемещения в течение 4...7 секунд равна либо превышает максимально допустимую величину, то срабатывает реле, отключающее контролируемый агрегат с одновременной звуковой и световой сигнализацией. Использование ПУ [3,4] позволяет проводить одновременный контроль механизмов, расположенных друг от друга на расстоянии нескольких сотен метров.

Благодаря крейтово-модульной конструкции измерителя количество одновременно контролируемых объектов практически не ограничено. Каждый модуль построен по принципу преобразования механических колебаний контролируемого объекта в пропорциональные сигналы, которые затем усиливаются и измеряются. Обработанная информация поступает с каждого канала на суммирующий модуль, который постоянно сообщает оператору информацию о состоянии всех контролируемых объектов. В случае превышения каким-либо из объектов контроля предельно допустимого уровня виброперемещений, устройство автоматически отключает данный объект при одновременной световой и звуковой индикации.

Разработана методика поверки в соответствии с нормативными документами. Предложена и опробована компьютерная система мониторинга и диагностики военного оборудования на базе многоканального измерителя виброперемещений [6]. Разработанный прибор, успешно может использоваться и эксплуатироваться при диагностике и контроле пожарно-спасательного оборудования, например, насосов ПН-40, НПЦК-40/100-4/400.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Калентьев В. А., Клинов Ф. М.* Виброметр // Проблемы лесопромышленного производства, транспорта и дорожного строительства: Сборник трудов. Екатеринбург: УГЛТА. 1997. С. 70-73.

2. *Анкудинов Д. Т., Калентьев В. А., Клинов Ф. М.* Методика поверки измерителей виброперемещений // Уральская научно-практическая конференция по метрологии: Тезисы доклада. Екатеринбург: УНИИМ. 1998. С. 73.

3. *Клинов Ф. М., Калентьев В. А.* Многоканальный измеритель виброперемещений // Виброакустические процессы в технологиях, оборудовании и сооружениях отраслей лесопромышленного комплекса: Материалы науч.-техн. семинара. Екатеринбург: УГЛТА. 1999. С. 49-50.

4. *Клинов Ф. М., Калентьев В. А.* Многоканальный измеритель виброперемещений // Вибрация. Шум. Виброакустика: Материалы межгос. научн.-техн. семинара. Екатеринбург: УГЛТА. 2000. С. 125-128.

5. *Аш Ж., Андре П., Бафор Ж.* и др. Датчики измерительных систем. М.: Мир. 1992. Кн .2. 424 с.

6. *Калентьев В. А., Клинов Ф. М.* Измеритель виброперемещений // Электромеханические и внутрикамерные процессы в энергетических установках. Струйная акустика и диагностика. Приборы и методы контроля природной среды, веществ, материалов и изделий: Сборник материалов XIX Всероссийской межвузовской научно-технической конференции. Ч.1. Казань: Издательство «Отечество». 2007. С. 42-43.

УДК 614.8.084

*М. С. Кнутов, П. С. Екимов, В. Ю. Курочкин, Е. В. Зарубина*  
ФГБОУ ВО «Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России»

#### МОДЕРНИЗАЦИЯ ПОЖАРНОГО АВТОМОБИЛЯ АЦ-2,5-40 (43362)

В данной работе затронута проблема хранения всасывающих и напорно-всасывающих рукавов на пожарном автомобиле в следствии которой, при воздействии повышенной влажности происходит снижение срока службы рукавов, предложено решение по модернизации пожарной надстройки позволяющей решить данную проблему.

**Ключевые слова:** модернизация, всасывающие и напорно-всасывающие рукава, пожарная надстройка, отсек, пожарно-техническое оборудование, эксплуатация, эффективность.

*M. S. Knytov, P. S. Ekimov, V. Yu. Kurochkin, E. V. Zarubina*

## MODERNIZATION OF THE FIRE TRUCK AC-2,5-40(43362)

In this paper, the problem of storage of suction and pressure-suction hoses on the fire truck in consequence of which, when exposed to high humidity there is a reduction of the service life of the sleeves, the proposed solution for the upgrade of the fire add-on-salaysay to solve this problem.

**Keywords:** modernization, suction and pressure-suction hoses, fire add-on compartment fire-technical equipment, operation, efficiency.

Для успешного выполнения задач по тушению пожаров и проведения аварийно-спасательных работ связанных с тушением пожара используется пожарная и аварийно-спасательная техника стоящая на вооружении пожарно-спасательных гарнизонов. Основной задачей пожарных автомобилей является доставка личного состава к месту вызова, тушение пожаров и проведения спасательных работ с помощью выводимых на них огнетушащих веществ и пожарного оборудования, а также для подачи к месту пожара огнетушащих веществ от других источников.

При эксплуатации пожарной техники могут возникать определённые сложности из-за компоновки автомобиля, что приводит к снижению эффективности использования техники и зачастую требует большого количества выполняемых операций, что увеличивает время развёртывания сил и средств, поэтому необходимо решать задачу совершенствования компоновки пожарных автомобилей и повышения эффективности работы.

Целью модернизации пожарной надстройки АЦ 2,5-40(43362) является совершенствование компоновки путем изменения места расположения всасывающих и напорно-всасывающих рукавов, перемещения их из отсеков на крышу надстройки.

Причиной модернизации послужило то, что всасывающие и напорно-всасывающие рукава после применения на пожаре укладываются в отсеки пожарного автомобиля где отсутствует какого-либо рода вентиляция, что приводит к воздействию повышенной влажности на рукава. При наличии даже мелких механических повреждений в верхнем текстильном слое всасывающих и напорно-всасывающих рукавов, который повреждается в процессе эксплуатации и механических воздействиях на рукава, влага, попадая под текстильный слой, неблагоприятно воздействует на промежуточный слой и проволочную спираль, приводя к их разрушению, снижению срока службы и выходу из строя.

До модернизации пожарного автомобиля всасывающие и напорно-всасывающие рукава располагались в отсеках пожарного автомобиля, при этом также возникали трудности при эксплуатации рукавов так как их извлечение из отсека требует осторожности из-за возможности повреждения рукавов и насосной установки (рис. 1).

Для модернизации потребовались пеналы для всасывающих и напорно-всасывающих рукавов, снятые со списанной техники. С данными пеналами была проведена работа по их восстановлению и установке роликов на концах пеналов для избегания протирания рукавов, а также повреждения пеналов. Пеналы были восстановлены, местно обработаны от ржавчины и окрашены. Были изготовлены подставки под пеналы.

На крыше надстройки было изменено расположение трехколенной лестницы и лестницы палки, а также пожарного лафетного ствола, багра и стволов ГПС-600, после чего была выполнена установка подставок под пеналы и их последующая окраска.

Крепление пеналов к подставкам осуществлялось хомутами изготовленными из металлической полосы с приваренными к ней резьбовыми шпильками.

Для предотвращения повреждения всасывающих и напорно-всасывающих рукавов при извлечении их из пеналов были изготовлены и подложены под них прокладочные ленты (рис. 2).



вид спереди



вид сбоку



вид сзади

**Рис. 1.** Вид пожарного автомобиля АЦ-2,5-40 (43362) до модернизации



вид спереди



вид сбоку



вид сзади

**Рис. 2.** Вид пожарного автомобиля АЦ-2,5-40 (43362) после модернизации

Модернизация пожарного автомобиля АЦ 2.5-40(43362) позволила достичь поставленных задач по повышению сохраняемости и долговечности всасывающих и напорно-всасывающих пожарных рукавов. Кроме того, в результате усовершенствования компоновки пожарной надстройки появилось дополнительное место для размещения пожарно-технического оборудования и аварийно-спасательного инструмента, а также появилась возможность размещения на автомобиле всасывающей рукавной линии на 8 метров (до модернизации общая длина рукавов составляла 4 метра), что повысило тактико-технические характеристики автомобиля.

Данная модернизация потребовала минимальных финансовых вложений и была проведена с соблюдением требований нормативных документов.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ Р 53328-2009 Техника пожарная. Основные пожарные автомобили. Общие технические требования. Методы испытаний
2. ГОСТ Р 51049-2008 Техника пожарная. Рукава пожарные напорные. Общие технические требования. Методы испытаний.
3. Методическое руководство по организации и порядку эксплуатации пожарных рукавов, М., 2007 г. – 44 с.
4. Приказ МЧС России № 555 от 18.09.2012 «Об организации материально-технического обеспечения системы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий».

УДК 620.17

*А. Э. Козловский, М. Ю. Колобов, Д. В. Смирнов, К. В. Потапова*  
ФГБОУ ВО «Ивановский государственный химико-технологический университет»

### **ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТОВ ПЛАСТИЧНОСТИ ПРИ НЕРАЗРУШАЮЩЕМ КОНТРОЛЕ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ**

Проведены экспериментальные исследования по определению коэффициентов пластичности в уравнении Мейера применительно к стали марки 09Г2С путём построения диаграмм вдавливания в широком диапазоне нагрузок и размеров индентора. Показана связь коэффициентов с механическими свойствами, определяемыми по диаграмме растяжения.

**Ключевые слова:** твёрдость, диаграмма вдавливания, механические свойства, коэффициент пластичности, предел текучести, предел прочности.

*A. E. Kozlovsky, M. Yu. Kolobov, D. V. Smirnov, K. V. Potapova*

### **DETERMINATION OF THE COEFFICIENT OF PLASTICITY AT NONDESTRUCTIVE TESTING OF MECHANICAL PROPERTIES**

Experimental researches by definition of factors of plasticity in the equation of Meyer with regard to steel grade 09G2S by graphing indentation in a wide range of loads and indenter sizes. Shows the relationship of coefficients with mechanical properties were determined according to the tension diagram.

**Keywords:** hardness, diagram of indentation, mechanical properties, the coefficient of plasticity, yield strength, strength limit.

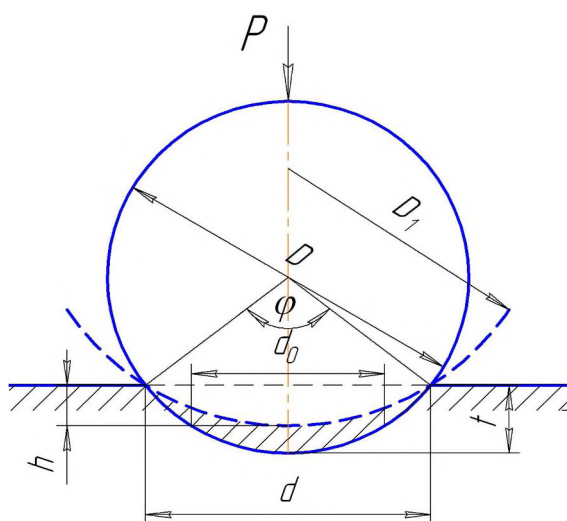
Во многих отраслях промышленности применяются сложные и ответственные конструкции, длительная эксплуатация которых, сопряжённая с тяжёлыми условиями работы, вызывает необходимость оперативно определять техническое состояние элементов конструкций и сварных швов, а также прогнозировать возможность их дальнейшего использования. Для обеспечения успешного решения этих задач широкое применение находят методы неразрушающего контроля [1].

Необходимыми параметрами для проведения комплексного анализа состояния конструкций являются данные о динамике деградации механических свойств металла в процессе эксплуатации. Однако применение традиционных методов определения механических свойств оказывается практически неприемлемым для реальных конструкций, требующих тщательного контроля.

Поведение металлов под действием внешних нагрузок характеризует диаграмма зависимости между деформацией и напряжением. Для получения механических характеристик наиболее разработана методика испытания на растяжение. Механические свойства, полученные из опытов на растяжение, принимаются за эталон. Диаграмма растяжения, устанавливающая связь между условным напряжением и относительной деформацией образца при одноосном растяжении лежит в основе всех инженерных расчётов на прочность.

Однако методика испытания на растяжение является сложной, так как требует вырезки стандартных образцов достаточно сложной формы. В этой связи было обращено внимание на метод твёрдости. Испытания на твёрдость, или на вдавливание, рассматривают как одну из разновидностей механических испытаний. Его специфика заключается в том, что нагрузка передаётся испытываемому материалу посредством вдавливания в его поверхность наконечника-индентора определённой формы. В результате постепенного увеличения нагрузки на индентор металл ведёт себя так же, как и при другом любом виде механических испытаний, и в общем случае постепенно претерпевает три стадии: упругую и пластическую деформацию и разрушение.

При построении диаграммы вдавливания наиболее целесообразно использовать индентор в форме шара, так как в этом случае по мере вдавливания увеличивается угол вдавливания, а, следовательно, и степень деформации в лунке. Схема вдавливания шарового индентора в плоскую поверхность и геометрические параметры лунки изображены на рисунке:



**Рисунок.** Схема вдавливания шара в плоскую поверхность:

$d$  — диаметр лунки;  $t$  и  $h$  — глубина соответственно невосстановленной и восстановленной лунки;  $D_1$  — средний диаметр кривизны восстановленной лунки;  $D$  — диаметр шара и кривизны невосстановленной лунки;  $d_0$  — диаметр окружности на поверхности образца, до которого производится вдавливание;  $\varphi$  — угол вдавливания

Построение диаграмм твёрдости по результатам вдавливания шара в испытываемый материал сводится к следующему. При постоянно возрастающей нагрузке на шар в поверхностном слое лунки возникают сначала упругие деформации, затем малые пластические, которые увеличиваясь, достигают предельной величины, в результате чего в лунке может наступить разрушение. Напряжения в лунке, определённые в мо-

менты, когда в ней возникают упругие деформации, пластические деформации и разрушение, будут характеризовать соответственно сопротивление материала упругому деформированию, пластическому деформированию и разрушению.

В настоящее время применяются различные способы построения диаграмм вдавливания. Наиболее типичные диаграммы строятся в координатах:  $P - t$ ,  $P - d$ ,  $\lg P - \lg t$ ,  $\lg P - \lg d$  и др.

Современная наука о свойствах металлов позволяет построить диаграмму вдавливания так же, как и при других видах нагружения, в координатах «относительная деформация – напряжение». Такая диаграмма, как и диаграмма растяжения, позволяет по определённым зависимостям рассчитывать основные механические свойства металла.

Для определения контактных напряжений в лунке используется формула Бриелля:

$$HB = \frac{P}{\pi Dt} = \frac{2P}{\pi D(D - \sqrt{D^2 - d^2})}.$$

В качестве характеристики степени относительной остаточной деформации в лунке принимается отношение  $d/D$ .

Диаграммы вдавливания в пластической области, построенные в координатах  $P - t$  и  $P - d$ , имеют криволинейный характер, что следует из уравнения Мейера:

$$P = ad^n,$$

где  $a$  и  $n$  – постоянные коэффициенты, характерные для данного материала; принято считать, что  $a$  зависит от диаметра шара;  $n$  не зависит от диаметра шара, но изменяется для одного и того же материала в зависимости от его механических свойств.

Умение определять эти коэффициенты, а также применение современных портативных твердомеров способствует качественному проведению неразрушающего контроля элементов ответственных конструкций, в том числе сварных швов.

Целью данной работы являлась разработка методики определения зависимостей для расчёта коэффициентов  $n$  и  $a$  в формуле Мейера применительно к стали марки 09Г2С.

Благодаря высокой механической прочности и лёгкой свариваемости прокат из данной марки стали используется для изготовления сложных конструкций в химической, нефтяной, строительной, судостроительной и других отраслях. Устойчивость свойств в широком температурном диапазоне позволяет применять детали из этой марки в диапазоне температур от  $-70$  до  $+450$  °С. Применяя закалку и отпуск из стали изготавливают качественную трубопроводную арматуру, имеющую высокую механическую устойчивость к низким температурам. Особые условия эксплуатации этих деталей и элементов конструкций требуют постоянного мониторинга их механических свойств.

В работе исследовался процесс пластического вдавливания шарового индентора в плоские образцы из стали марки 09Г2С со следующими механическими характеристиками: предел текучести  $\sigma_{0,2} = 295$  МПа, предел прочности  $\sigma_B = 405$  МПа, относительное остаточное удлинение  $\delta = 30\%$ , относительное остаточное сужение  $\psi = 66\%$ , твёрдость  $HB = 1250$  МПа.



В качестве инденторов применяли шары со следующими диаметрами  $D$ : **1, 588; 2, 5; 5; 7, 5; 10; 12, 7; 15, 9; 24 и 41 мм**. Материал инденторов – сталь ШХ15 с твёрдостью **HRC 62**. Значение относительной остаточной деформации в лунке изменялось в пределах:  $d/D = 0,1 \dots 0,9$ . Диаметр лунки измеряли с помощью специальной лупы с ценой деления шкалы **0,05 мм**.

Усилие вдавливания  $P$  варьировалось в широком диапазоне за счёт применения различных приборов и машин:

– прибор определения твёрдости по Роквеллу	400 – 1 500 Н;
– прибор определения твёрдости по Бринеллю	1 825 – 30 000 Н;
– ручной механический пресс Р-5	6 000 – 50 000 Н;
– гидравлическая машина сжатия ГМС-50	25 000 – 300 000 Н.

На первом этапе исследований была проведена серия экспериментов, в которых выполнялось условие  $P/D^2 = 300$ . Известно, что при соблюдении этого соотношения вне зависимости от силы вдавливания  $P$  (Н) и диаметра шара  $D$  (мм) в поверхностном слое лунки возникают одинаковые напряжения, вычисляемые по формуле Бринелля. В физическом смысле эти напряжения аналогичны максимальным напряжениям, возникающим в момент начала образования шейки при испытаниях на растяжение, т.е. пределу прочности материала. В нашем случае это напряжение составило:  **$HV = 1250 МПа$** . Причём во всех случаях относительная остаточная деформация составляла  $d/D = 0,54$ .

Расчёты показали, что при соотношении  $P/D^2 = 300$  коэффициент  $n$  можно определить из двух опытов по формуле:

$$n = \frac{\lg P_1/P_2}{\lg d_1/d_2},$$

где  $P_1$  и  $P_2$  – произвольные нагрузки в первом и втором опыте;  
 $d_1$  и  $d_2$  – диаметры лунок, соответствующие указанным нагрузкам.

Для любых условий вдавливания при соблюдении  $P/D^2 = 300$  коэффициенты оказались равны:  $n = 2$ ,  $a = P/d^2 = 1024$ .

На втором этапе исследований проведены три серии экспериментов: при одинаковых диаметрах шара  $D$ ; при одинаковых значениях силы вдавливания  $P$ ; при получении одинаковых значений диаметра лунки  $d$ .

Анализ результатов позволил получить три зависимости для определения коэффициента  $n$ :

$$\begin{aligned} \text{при } D = \text{const} \quad n &= \frac{\lg P_1/P_2}{\lg d_1/d_2} ; \\ \text{при } P = \text{const} \quad n &= \frac{2}{1 - \frac{\lg d_1/d_2}{\lg D_1/D_2}} ; \\ \text{при } d = \text{const} \quad n &= 2 - \frac{\lg P_1/P_2}{\lg D_1/D_2} , \end{aligned}$$

где  $D_1$  и  $D_2$  – диаметры шаров, соответствующие произвольным нагрузкам  $P_1$  и  $P_2$  в первом и втором опытах.

На основании этих зависимостей получены обобщённые формулы для определения коэффициентов  $n$  и  $a$  при любых геометрических условиях опыта, то есть при любых  $P$  и  $D$ :

$$n = \frac{2 \lg D_1/D_2 - \lg P_1/P_2}{\lg D_1/D_2 - \lg d_1/d_2} ; \quad a = \frac{P}{D^2} \cdot \left(\frac{D}{d}\right)^n .$$

Проведённые исследования позволили сделать следующие выводы.

При относительной остаточной деформации в лунке  $d/D = 0,54$ , что соответствует отношению  $P/D^2 = 300$  и  $n = 2$ , пластичность испытуемого материала в зоне контакта с индентором оказывается полностью «выбранной» и равна нулю, а напряжения в этой зоне соответствуют твёрдости испытуемой стали по Бринеллю и пропорциональны её пределу прочности при растяжении:  $\sigma_b = 0,325 \cdot HB$ .

При остаточной деформации  $d/D > 0,54$  соотношение  $P/D^2 > 300$ , а коэффициент  $n < 2$ . Это позволило сделать предположение, что после достижения максимальных напряжений в поверхностном слое лунки вдавливание шара в испытуемую поверхность происходит за счёт пластической деформации нижележащих слоёв.

При деформации  $0,1 < d/D < 0,54$  ( $P/D^2 < 300$ ) в контактной зоне лунки возникают напряжения, соответствующие напряжениям «ветви» диаграммы «относительная деформация – напряжение» между пределом текучести  $\sigma_{0,2}$  и пределом прочности  $\sigma_b$  деформируемого материала. В этом случае значения коэффициентов  $n$  и  $a$  характеризуют пластические свойства металла. Их значения, определённые по приведённым выше формулам, для испытуемых образцов из стали 09Г2С составили:  $n = 2,44$  и  $a = 1400$ .

Таким образом, получена математическая зависимость между параметрами вдавливания шарового индентора в плоскую поверхность опытных образцов из стали марки 09Г2С:

$$P = a \cdot \frac{d^n}{D^{n-2}} = 1400 \cdot \frac{d^{2,44}}{D^{0,44}} .$$

Между коэффициентами пластичности и свойствами, определяемыми при растяжении существует взаимозависимость. Нахождение этой зависимости позволит по значениям коэффициентов  $n$  и  $a$  определять основные механические свойства стали.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Лахтин Ю.М.* Материаловедение. 4-е изд., перераб. М.: Альянс, 2009.

УДК 62-762.649, 614.846.5

*М. А. Колбашов, В. С. Еловский, А. П. Сизов, В. А. Комельков*  
ФГБОУ ВО «Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России»

## **УПЛОТНЕНИЕ ДЛЯ ГЕРМЕТИЗАЦИИ ВРАЩАЮЩИХСЯ ВАЛОВ НАСОСОВ СИСТЕМ ПРОТИВОПОЖАРНОЙ ЗАЩИТЫ**

Представлено устройство для герметизации вращающихся валов насосов систем противопожарной защиты. При выполнении некоторых частей устройства из антикоррозионного материала, предложенное уплотнение возможно использовать для герметизации от агрессивных сред.

**Ключевые слова:** уплотнение, вал, центробежный насос, ферромагнитная жидкость.

*M. A. Kolbashov, V. S. Elovskiy, A. P. Sizov, V. A. Komelkov*

## **COMPACTION FOR SEALING THE ROTATING SHAFT PUMPS OF FIRE PROTECTION SYSTEMS**

The device for sealing the rotating shafts of pumps of fire protection systems is presented. When certain parts of the device are made of an anti-corrosive material, the proposed seal can be used to seal against aggressive media.

**Keywords:** compaction, shaft, centrifugal pump, ferromagnetic liquid.

Актуальным направлением обеспечения пожарной безопасности объектов различного функционального назначения является внедрение надежных и эффективных систем противопожарной защиты. Целью создания систем противопожарной защиты является защита людей и имущества от воздействия опасных факторов пожара и (или) ограничение его последствий. Одним из способов такой защиты является применение автоматических установок пожаротушения [1]. В большинстве случаев для защиты объектов наибольшее распространение получили установки автоматического водяного пожаротушения. Экономичность, простота конструкции, безвредность влияния воды на человека - факторы способствующие такому распространению.

Установки автоматического водяного пожаротушения включают в себя: распределительную сеть трубопроводов, на которых размещаются спринклерные оросители, узлы управления, а также автоматический и основной водопитатель, которые в большинстве случаев состоят из насосов различного исполнения.

Основным недостатком при эксплуатации насосов являются низкий уровень надежности уплотнительных устройств для герметизации вращающихся валов. Большинство уплотнений в отечественных центробежных насосах выполнены в виде сальниковой набивки. Недостатки таких уплотнений, особенно проявляются в насосах входящих в системы противопожарной защиты, которые длительное время не используется. При пуске насосов после длительного простоя, как правило, возникают течи жидкости через уплотнения (рис. 1).



**Рис. 1.** Нарушение устройства уплотнения в центробежном консольно-моноблочном насосе

Для предотвращения такого нарушения работы насосов возможно принимать следующие меры, а именно, совершенствование материала и конструкции кольцевых уплотнений для повышения их уплотнительной надежности (например, применение уплотнений на узлах с ферромагнитными жидкостями) [2].

Недостатком существующих уплотнений валов с ферромагнитными жидкостями является уменьшение компенсируемого давления при биениях вала из-за изменения величины и формы торцового зазора между подвижной и неподвижной втулками, неполное использование энергии постоянного магнита для компенсации перепада давления за счет большего значения потока рассеивания.

Целью предложенного устройства является увеличение компенсируемого перепада давления. Авторами разработано устройство, которое относится к области машиностроения и может быть использовано в уплотнительной технике для герметизации вращающихся валов различных водяных насосов в пожарной технике и системах противопожарной защиты, а также насосах перекачивающих жидкости отличающихся повышенной агрессивностью.

Указанная цель достигается тем, что в комбинированном уплотнении вала, содержащем размещенные в корпусе магнитожидкостное и торцовое уплотнения, причем первое выполнено в виде постоянного магнита с полюсными приставками и ферромагнитной жидкостью в рабочих зазорах, в зоне магнитожидкостного уплотнения установлены закрепленные на валу подвижная втулка и неподвижная втулка из пористого материала с кольцевыми канавками на внутренней поверхности и подвижная втулка поддерживается соосно относительно неподвижной втулки за счет установки внутри втулок кольца из антифрикционного магнитного материала, на внешней поверхности которого обращенной к втулкам выполнены кольцевые канавки при этом с торцом подвижной втулки создается торцовое уплотнение, а со стороны высокого давления установлен сильфон, к которому жестко и герметично прикреплена неподвижная втулка.

На рис. 2 представлена схема устройства. Вал 1 выполненный из немагнитного материала имеет подвижную втулку 2 закрепленную на нем жестко и герметично и неподвижную втулку 3 установленную на валу с зазором. Неподвижная втулка 3 своим торцом прикреплена жестко и герметично к торцу сильфона 4, который установлен герметично и жестко в корпусе 5 между стенкой корпуса и полюсной приставкой 6. Втулки 2 и 3 выполнены из магнитопроводного металлокерамического материала. В зазор между втулками введено кольцо 7 которое образует внутри проточек, в которое это кольцо установлено, неравномерный зазор за счет нарезки на поверхности кольца канавок.

Магнитожидкостное уплотнение содержит, кроме того, полюсную приставку 8 и размещенный между приставками 6 и 8 магнит 9 (рис.2). Полость 10 заполнена ферромагнитной жидкостью которая проникает в зазоры Б1; Б2; Б3 (Рис.3) за счет действия магнитных сил. Комбинированное уплотнение в корпусе 5 зафиксировано нажимной крышкой 11.

Уплотнение работает следующим образом. Перепад давления, действующий на уплотнение удерживается торцовым уплотнением созданным подвижной 2 и неподвижной втулками 3 а так же за счет взаимодействия кольца 7, с ферромагнитной жидкостью находящейся в неравномерном рабочем зазоре Б2; Б3 пронизанным магнитным потоком  $\Phi$  созданным постоянным магнитом 9. Вал уплотнения выполнен из немагнитного материала поэтому большая его часть концентрируется в зазоре между втулками 2 и 3, участвуя в компенсации перепада давления (Рис. 2).

При вращении вала 1 подвижная втулка 2 вращается вместе с ним, соприкасаясь с торцом неподвижной втулки 3 через ферромагнитную жидкость в зазоре Б1 благодаря этому обеспечивается снижение величины момента трения. За счет выполнения неподвижной втулки из пористого материала, например из металлокерамики ферромагнитная жидкость через микропоры поступает в торцовый зазор дополнительно смазывая торцовую пару трения и пару кольцо-втулки. Кольцо 7 поддерживает соосность неподвижной втулки и вала обеспечивая равномерность зазора Б1 и предотвращает его изменения по величине и форме при вращении вала. При выполнении сальфона и вала из антикоррозионного материала комбинированное уплотнение возможно использовать для герметизации от агрессивных сред.

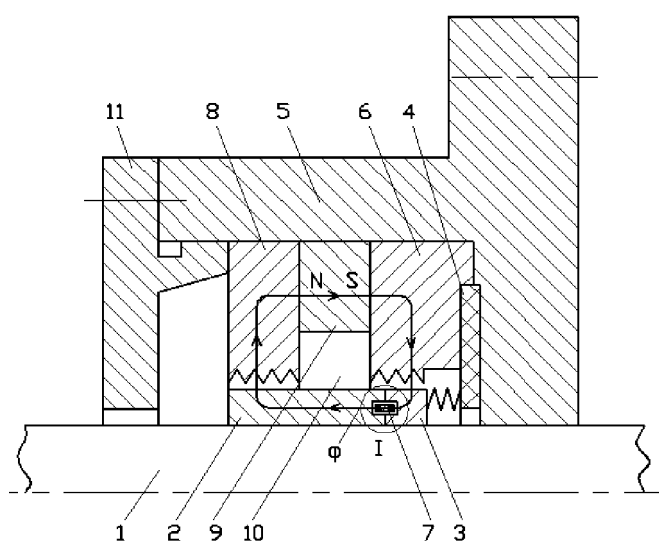


Рис. 2 Схема устройства

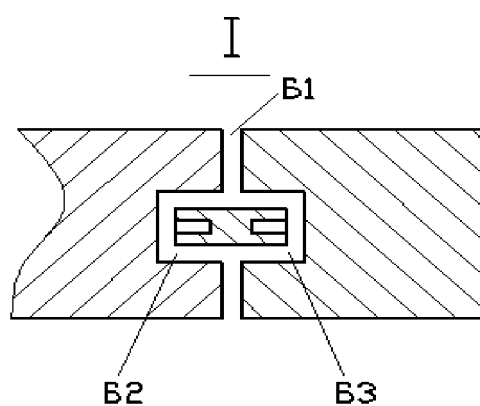


Рис. 3. Полость с ферромагнитной жидкостью I

На представленное комбинированное уплотнение вала в 2016 году получен патент на изобретение [3].

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Федеральный закон от 22.07.08 №123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности».

2. *Топоров, А.В.* Разработка комбинированных магнитожидкостных уплотнений и исследование их трибологических характеристик: автореф. дис. канд. техн. наук / Топоров Алексей Валериевич. – Иваново, 2000. –18 с.

3. Патент на изобретение № 2582718 Комбинированное уплотнение вала. Авторы Сизов А.П., Еловский В.С., Колбашов М.А. и др. Оpubл. 2016 Бюл. № 6.

4. *Колбашов М.А., Еловский В.С., Сизов А.П., Комельков В.А.* Комбинированное уплотнение вала //Пожарная безопасность: проблемы и перспективы. Сборник статей по материалам VII Всероссийской научно-практической конференции с международным участием 29-30 сентября 2016. С. 41-44.

УДК 621.771

*А. Б. Колобов, Ф. Б. Огурцов*

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

## **ВЫБОР РАЗРЕШАЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ СПЕКТРАЛЬНОГО АНАЛИЗА ВИБРАЦИИ ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ ДЕФЕКТОВ ЗУБЧАТОЙ ПЕРЕДАЧИ**

Для задач эксплуатационной диагностики предложен выбор разрешающей способности спектрального анализа, позволяющий диагностировать большинство дефектов без снижения достоверности диагноза.

**Ключевые слова:** зубчатая передача, спектральный анализ вибрации, вибрационная диагностика, дефекты, информативные частоты, гистограммы.

*A. B. Kolobov, F. B. Ogurtsov*

## **TO SELECT OF THE RESOLUTION SPECTRAL VIBRATION ANALYSIS FOR DIAGNOSIS OF THE DEFECTS GEAR TRAIN**

For problems of operational diagnostics the choice of resolution of the spectral analysis allowing to diagnose the majority of defects without decrease in reliability of the diagnosis is offered.

**Keywords:** gear run, spectral analysis of vibration, vibration diagnostics, defects, informative frequency, histogram.

Достоверность диагноза при диагностике по прямому спектру или спектру огибающей вибрации зависит от технических возможностей применяемого спектроанализатора, в частности, – от его частотного разрешения [2]. Высокое разрешение с числом линий в спектре не менее 1600 присуще анализаторам высокой ценовой категории, что существенно снижает рентабельность и доступность диагностики механизмов в ходе эксплуатации.

В данной работе предложен выбор приемлемой для задач эксплуатационной вибродиагностики зубчатой передачи разрешающей способности спектрального анализа.

Объектом диагностики является двухступенчатый горизонтальный цилиндрический редуктор с прямым приводом через упругую муфту от электродвигателя с частотой вращения  $2937 \text{ мин}^{-1}$ . Основные характеристики редуктора: мощность на тихоходном валу  $16,5 \text{ кВт}$ ; число зубьев зубчатых колес (1 ступень)  $z_{11}=35$ ;  $z_{12}=88$  и (2 ступень)  $z_{21}=43$ ;  $z_{22}=135$ .

Анализировалась вибрация на подшипниковых узлах в радиальных поперечных направлениях. Характерные частоты вибрации, присутствующие в прямых спектрах и спектрах огибающей вибрации, рассчитаны по [1, 3] и составляют:

- оборотные частоты соответственно, ведущего  $f_{o1} = 48,9 \text{ Гц}$ , промежуточного  $f_{\pi} = 19,5 \text{ Гц}$  и ведомого  $f_{o2} = 6,2 \text{ Гц}$  валов;

- зубцовые частоты, соответственно, 1 ступени  $f_{z1} = 1713,3 \text{ Гц}$  и 2 ступени  $f_{z2} = 837,2 \text{ Гц}$ .

Также определены «промежуточные» частоты, представляющие собой результат резонансных возбуждений при ударных процессах в зацеплении [1, 4], соответственно для 1 ступени:  $f_{m11} = 881,1 \text{ Гц}$  и  $f_{m12} = 866,4 \text{ Гц}$ ; 2 ступени:  $f_{m21} = 428,3 \text{ Гц}$  и  $f_{m22} = 421,7 \text{ Гц}$ .

Спектры зубчатых передач содержат как синхронные составляющие (гармоники, пропорциональные оборотным частотам), так и несинхронные, вызванные резонансными процессами, и не кратные частоте вращения. В бездефектном состоянии их амплитуды малы.

Амплитуды как синхронных компонент, так и несинхронных, в частности «промежуточных» частот, нелинейно зависят от роста нагрузки.

При эксплуатационных дефектах свойства вибросигнала (дамп и спектр вибрации, особенно спектр огибающей) значительно изменяются. В спектрах меняются соотношения между основными частотами возбуждения, появляются новые спектральные компоненты, в частности боковые полосы зубцовых и «промежуточных» частот, а также их гармоник, вызванные модуляцией оборотными частотами.

Рассчитаны частотные признаки более 20 видов дефектов зубчатой передачи, которые могут присутствовать в прямых спектрах и спектрах огибающей [1, 4]. Частотные признаки основных дефектов приведены ниже:

- бой ведущего/ведомого зубчатого колеса  $i = 1, 2$  ступени связанный, как правило, с несоосностью зубчатого колеса и вала или искривлением вала:

- вибрация на гармониках  $kf_{oi}$ ,  $kf_{\pi}$  и  $kf_{zi}$ ;
- наличие боковых составляющих гармоник зубцовых частот

$$kf_{zi} \pm f_{o1} \text{ и } kf_{zi} \pm f_{o2}, \quad kf_{zi} \pm f_{\pi};$$

- износ зубьев ведущего/ведомого зубчатого колеса  $i = 1, 2$  ступени, вызывающий увеличение зазора между профилями зубьев и приводящий к ударному режиму возбуждения вибрации:

- вибрация на гармониках  $kf_{oi}$ ,  $kf_{\pi}$  и  $kf_{zi}$ ;

- наличие «промежуточных» частот  $f_{mii}$  с боковыми составляющими  $mf_{m11} \pm nf_{o1}$  и  $mf_{m12} \pm nf_{o1}$ ;  $mf_{m21} \pm nf_{o2}$  и  $mf_{m22} \pm nf_{o2}$ ;  $mf_{mii} \pm nf_{\pi}$ ;

● трещины, излом, сколы и, схожий с ними, питтинг зубьев ведущего/ведомого зубчатого колеса  $i = 1, 2$  ступени, вызывающий:

- увеличение глубины амплитудной модуляции на комбинационных частотах

$$mf_{z1} \pm nf_{o1}, \quad mf_{z2} \pm nf_{o2}, \quad mf_{zi} \pm nf_n;$$

- рост боковых составляющих «промежуточных» частот

$$mf_{mii} \pm nf_{oi} \text{ и } mf_{mii} \pm nf_n.$$

Расчетный анализ произведен при кратностях синхронных компонент  $k=1;2;3$  (гармоники оборотных частот  $kf_{o1}$ ,  $kf_{\Pi}$  и  $kf_{o2}$ ) и  $k=0,5;2;3;4$  (гармоники зубцовых частот  $kf_{z1}$  и  $kf_{z2}$ ) и номерах гармоник и боковых полос  $m=1;2$  и  $n=1;2$  при амплитудной модуляции зубцовых и «промежуточных» частот (как синхронных, так и несинхронных компонент).

При дальнейшем анализе информативных частот не учитывались подшипниковые частоты валов редуктора. Опорами валов являлись шариковые радиальные подшипники типов 0-0208, 0-212 и 0-0408.

Общее число расчетных информативных частот дефектов зубчатой передачи составило 402. Разделив частотный диапазон на 3 полосы, рассчитаны вероятности появления в них информативных частот:

- низкочастотный, до 100 Гц (НЧ) – вероятность 0,184;
- среднечастотный от 100 до 2000 Гц (СЧ) – вероятность 0,617;
- высокочастотный, более 2000 Гц (ВЧ) – вероятность 0,199.

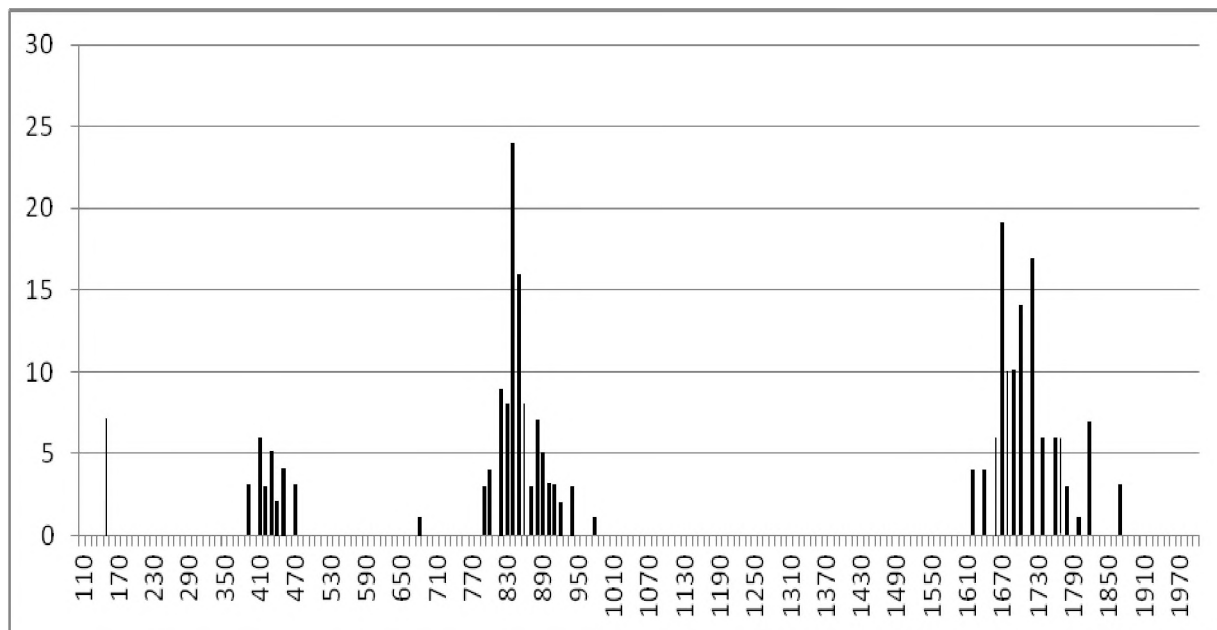
На основе анализа гистограмм распределения числа появления частотных признаков дефектов в полосах частот, соответствующих различной ширине спектральной линии, оценено влияние разрешающей способности спектра на результат диагностирования.

Поскольку вероятность появления информативных частот дефектов в СЧ диапазоне наибольшая, то гистограммы (рис. 1, рис. 2) приводятся только для этого диапазона. По оси абсцисс гистограмм отложены числа появления частот, включая и боковые составляющие спектра, соответствующие проявлению того или иного дефекта в полосах шириной 10 (рис. 1) и 5 Гц (рис. 2).

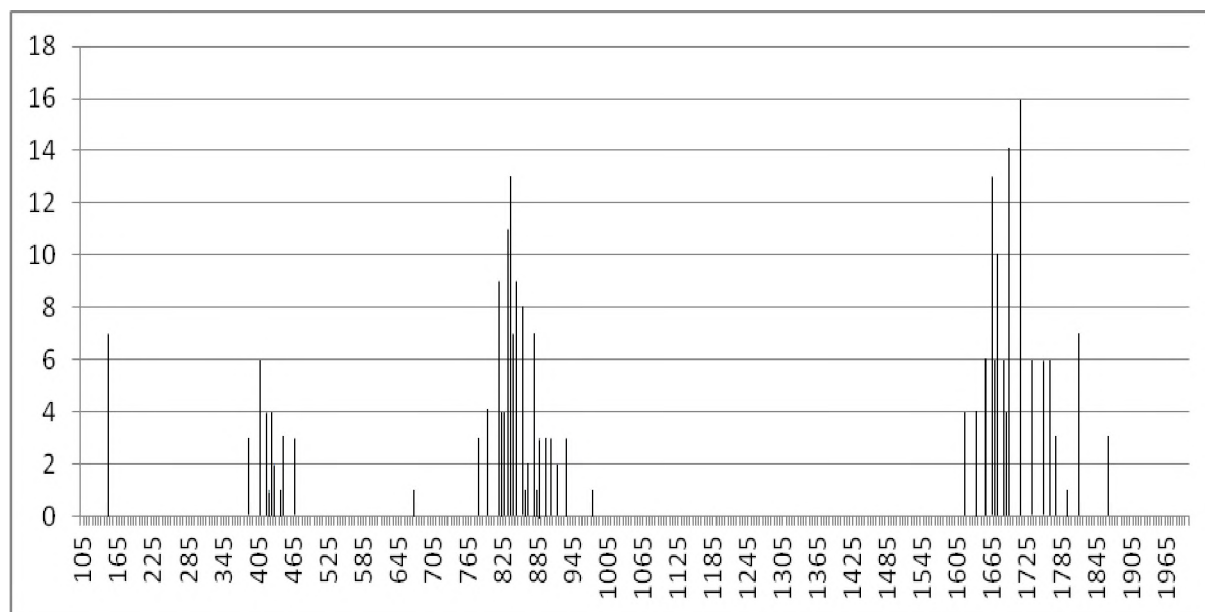
Из анализа гистограмм видно, что имеются 4 узкие группы, вызванные модуляционными компонентами (слева направо):

- гармоники оборотной частоты  $f_{o1}$  ;
- вблизи «промежуточной» частоты 2 ступени  $f_{m2}$  при модуляции оборотными частотами  $f_{\Pi}$ ,  $f_{o2}$  и их гармониками;
- вблизи зубцовой частоты 2 ступени  $f_{z2}$  и «промежуточной» частоты 1 ступени  $f_{m1}$  при модуляции оборотными частотами  $f_{o1}$ ,  $f_{\Pi}$ ,  $f_{o2}$  и их гармониками;
- вблизи зубцовой частоты 1 ступени  $f_{z1}$  при модуляции оборотными частотами  $f_{o1}$ ,  $f_{\Pi}$ ,  $f_{o2}$  и их гармониками.





**Рис. 1.** Гистограмма появления частотных признаков дефектов в спектре с шириной спектральной линии 10 Гц

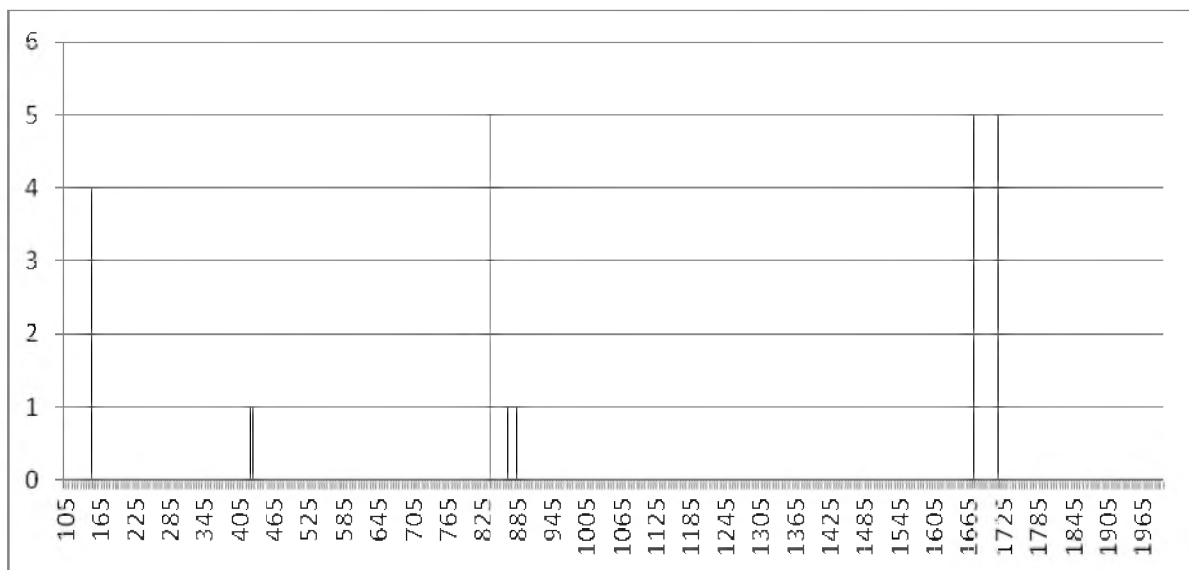


**Рис. 2.** Гистограмма появления частотных признаков дефектов в спектре с шириной спектральной линии 5 Гц

Анализ показывает, что в каждой из этих групп в одну полосу частот шириной 10 Гц могут попадать от 1 до 23 информативных частот, причем попадание нескольких частот в полосу, чаще всего, сопровождается равномерным распределением частот дефектов, что затрудняет диагностику при подобной ширине полосы. Например, в полосе 830 – 840 Гц 23 частоты соответствуют 15 возможным дефектам.

При разрешении спектра 5 Гц в каждую частотную полосу попадают существенно меньшее число информативных частот дефектов, что повышает достоверность диагностирования за счет исходно лучших условий распознавания. Если выделить «агрегированные» [2, 3] дефекты, что довольно часто практикуется при эксплуатационной диагностике, то достоверность распознавания еще более повышается (рис. 3).

Отметим, что спектры вибрации зубчатых передач содержат значительную шумовую компоненту, дисперсия которой существенно меняется как от нагрузки, так и от износа зубьев. Шумовая компонента представляет собой белый шум, наложение которого на собственные частоты деталей передачи может приводить к резонансам и появлению новых спектральных составляющих, что практически невозможно смоделировать и не учитывалось в данной работе.



**Рис. 3.** Гистограмма появления частотных признаков «агрегированных» дефектов в спектре с шириной спектральной линии 5 Гц

Таким образом, для выполнения эксплуатационной вибродиагностики зубчатых передач, при условии обеспечения достоверности и высокой экономичности, достаточно использовать спектральный анализ с шириной спектральной линии от 5 Гц и меньше.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Генкин, М.Д.* Виброакустическая диагностика машин и механизмов / М.Д.Генкин, А.Г.Соколова. – М.: Машиностроение, 1987. – 288 с.
2. *Клюев, В.В.* Неразрушающий контроль: Справочник. В 7 т. Т.7. Вибродиагностика / В.В.Клюев и [др.]. – М.: Машиностроение, 2007. – 732 с.
3. *Колобов, А.Б.* Основы теории и практики вибродиагностики: учеб. пособие / А.Б.Колобов; Федеральное агентство по образованию; ФГОУВПО «Ивановский государственный энергетический университет им. В.И.Ленина». – Иваново, 2014. – 248 с.
4. *Ширман, А.Р.* Практическая вибродиагностика и мониторинг состояния механического оборудования / А.Р.Ширман, А.Б.Соловьев. – М.: ИД «Спектр», 1996. – 276 с.

УДК 621.313

*А. Б. Колобов, Ф. Б. Огурцов*

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

**ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ВИБРОДИАГНОСТИКИ АСИНХРОННОГО ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ**

Приведены алгоритмы диагностики дефектов электромагнитной природы, предложен выбор разрешающей способности спектрального анализа, позволяющий диагностировать большинство дефектов без снижения достоверности диагноза.

**Ключевые слова:** асинхронный электродвигатель, спектральный анализ вибрации, вибрационная диагностика, дефекты, информативные частоты, гистограммы.

*A. B. Kolobov, F. B. Ogurtsov***THE MAIN PROVISIONS OF THE TECHNOLOGY OF VIBRATION DIAGNOSTICS OF INDUCTION MOTOR DURING OPERATION**

The algorithms of diagnostics of defects of electromagnetic nature, offered a choice of resolution spectral analysis, which allows to diagnose most of defects without compromising the reliability of the diagnosis.

**Keywords:** asynchronous electromotor, spectrum analysis of vibration, vibration diagnostics, defects, the informative frequencies, histograms.

Поскольку асинхронные электродвигатели (АЭД) являются приводом электро-механического агрегата, то при оценке работоспособности всего агрегата нормированию подвергаются параметры вибрации, измеренные, в том числе, на подшипниковых опорах АЭД. В случае их высоких значений должна производиться диагностика АЭД с целью определения вида дефекта или совокупности дефектов.

АЭД представляет сложный электромеханический объект, поэтому природа дефектов может быть как механическая, так и электрическая (электромагнитная), причем проявление дефекта может указывать на одну природу, а его происхождение – на другую [2, 4]. При диагностике АЭД в условиях эксплуатации в первую очередь необходимо выяснить доминирующую природу вибрацию, для чего может быть использован простой алгоритм (рис. 1).

В качестве исходной информации используются дамп  $V_e(t)$  виброскорости, СКЗ  $V_e$  виброскорости в полосе частот 10 – 1000 Гц и прямой спектр  $V_e(f_i)$  виброскорости, измеряемые на подшипниковых узлах в радиальном (Р) и тангенциальном (Т), на корпусе АЭД, направлениях.

Вибрация АЭД электромагнитного характера, в свою очередь, представляет два вида несимметрии:

- магнитной (статический и динамический эксцентриситеты воздушного зазора);
- электрической (дефекты ротора и проблемы питающей сети).

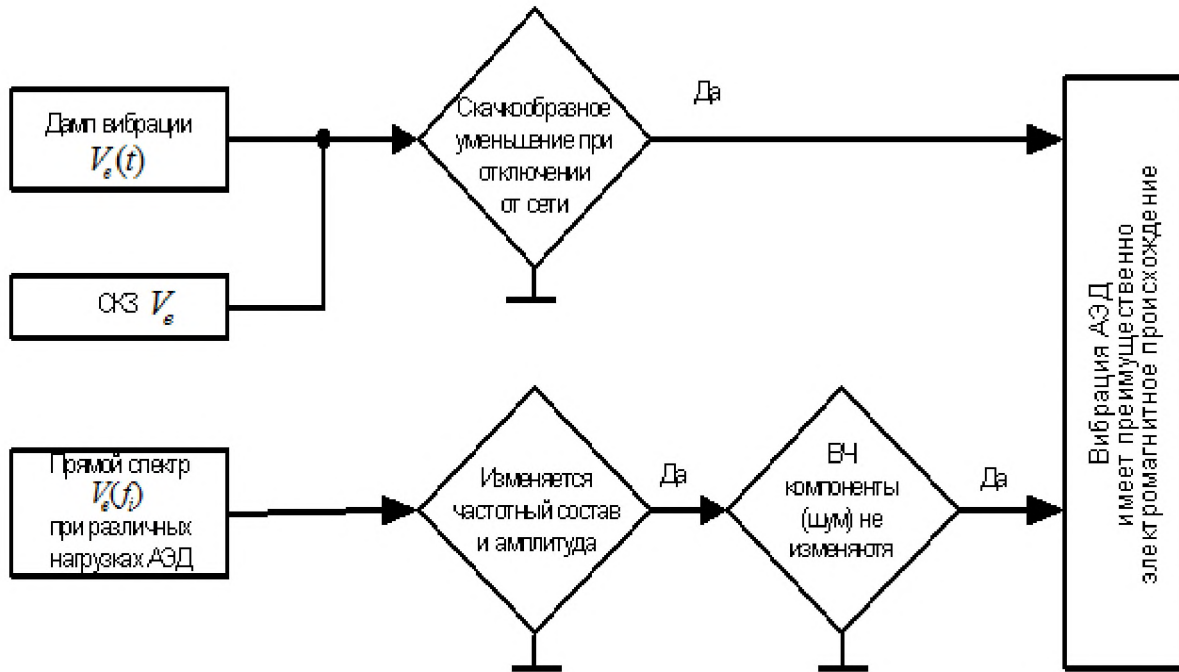


Рис. 1. Алгоритм выяснения природы вибрации АЭД

Объектом диагностики являлся АЭД типоразмера 4А160М2 мощностью 18,5 кВт, синхронной частотой вращения  $3000 \text{ мин}^{-1}$  и скольжением  $S = 0,021$ . Основные частоты спектра вибрации АЭД рассчитаны [2 – 4] и составляют:

- частота питающего напряжения  $f_u = 50 \text{ Гц}$  и оборотная частота ротора  $f_0 = 48,9 \text{ Гц}$ ;
- пазовые частоты  $f_{zc} = 1762,2 \text{ Гц}$  (число пазов статора  $z_c = 36$ ) и  $f_{zp} = 1370,6 \text{ Гц}$  (число стержней/пазов ротора  $z_p = 28$ ).

Кратности синхронных компонент – гармоник оборотной частоты  $kf_0$  и гармоник пазовых частот  $kf_{zc}$  и  $kf_{zp}$  обычно не превышают  $k = 2; 3$ , а порядковые номера боковых полос при модуляции двойной частоты питающей сети, гармоник оборотной и пазовых частот не более  $k_l = 1; 2; 3$ . Однако набор модуляционных компонент может существенно изменяться при насыщении зубцовой зоны ротора и (или) статора [1].

Анализ частотных компонент спектров позволяет выделить 2 группы диагностических признаков: низкочастотная до  $(10 - 12)f_u$  и высокочастотная, начинающаяся с области пазовых частот.

Как показывают результаты появления, а затем и рост, по ходу эксплуатации АЭД, амплитуд частотных компонент в низкочастотной области свидетельствует о появлении и развитии дефектов.

Алгоритм диагностики дефектов приведен на рис. 2.

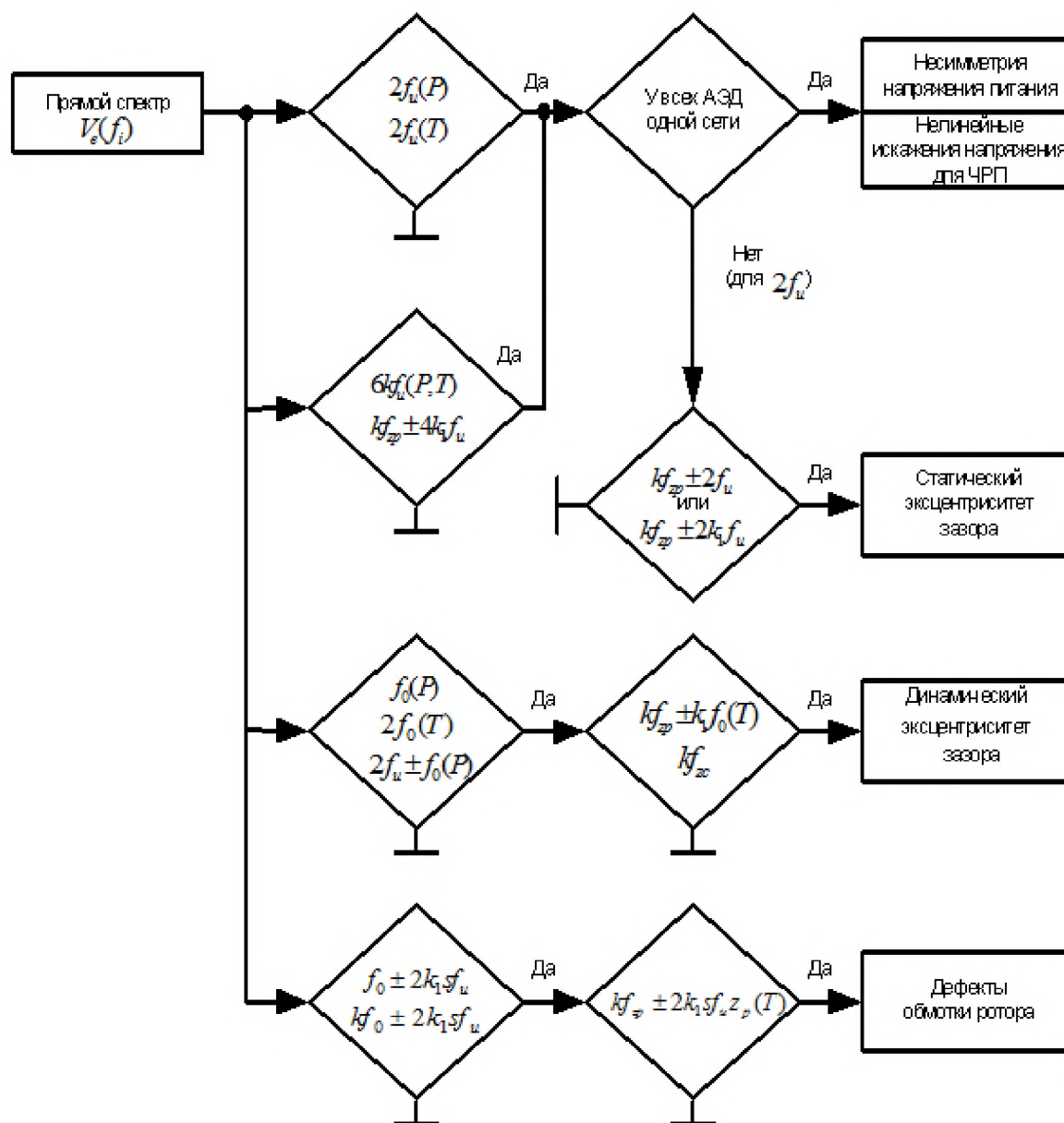
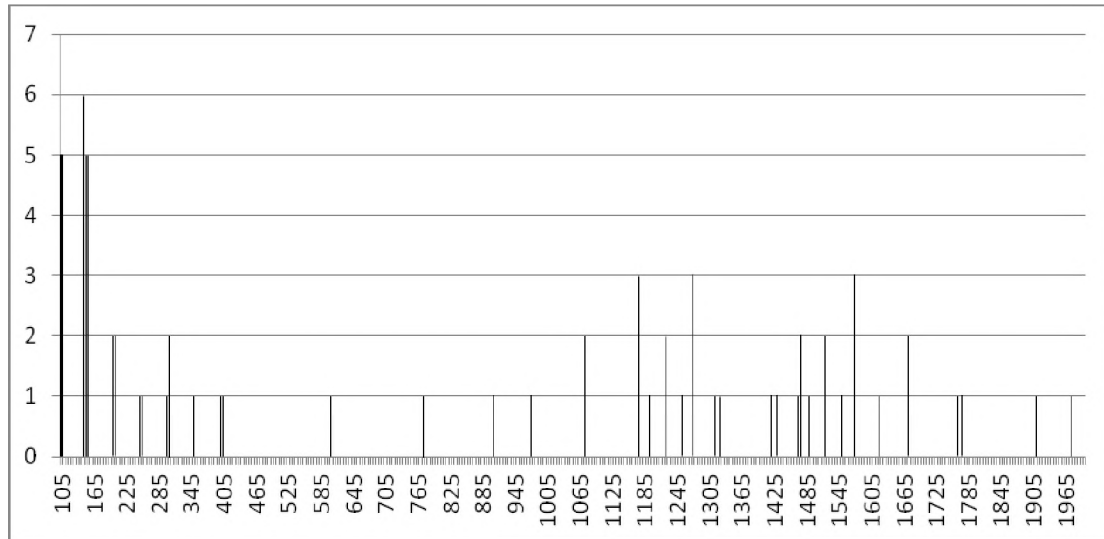


Рис. 2. Алгоритм диагностики дефектов электромагнитной природы АЭД

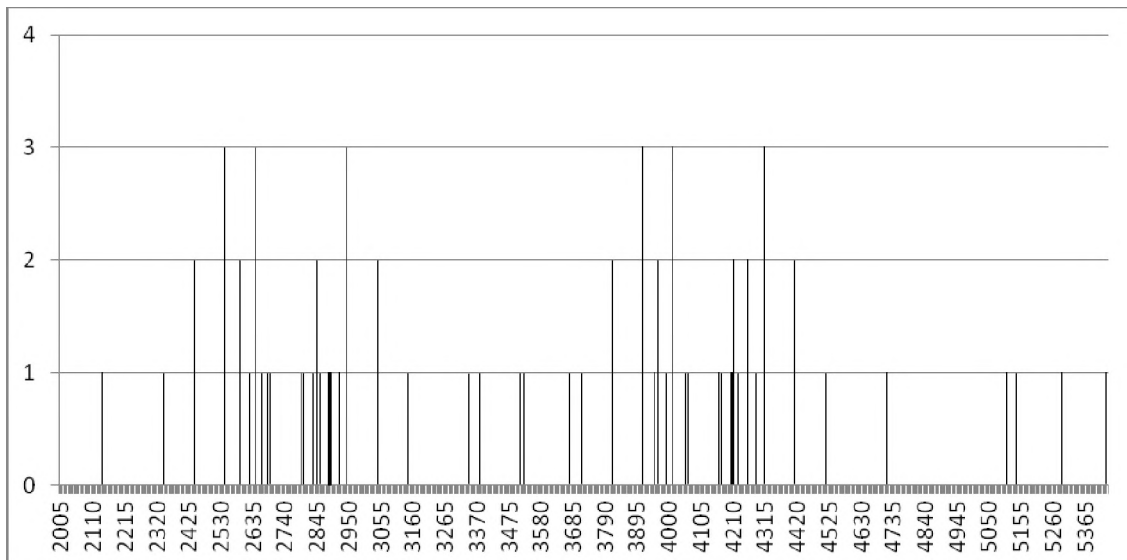
Приемлемой, для задач вибродиагностики АЭД разрешающей способностью спектрального анализа, за исключением распознавания дефектов ротора и динамического эксцентриситета зазора в условиях магнитного насыщения, (рис. 2) являются спектральные полосы шириной не более 5 Гц. Это подтверждается, приведенными на рис. 3 и рис. 4, гистограммами появления частотных признаков дефектов АЭД в области, соответственно, от 100 до 2000 Гц и выше 2000 Гц.

Как видно из гистограмм количество частотных проявлений дефектов даже при полосе разрешения 5 Гц в среднем составляет не более двух, что достаточно для эксплуатационной диагностики.

При диагностике дефектов ротора, а также в условиях магнитного насыщения зубцовых зон для выделения боковых компонент  $2k_1 S f_u$  синхронных составляющих  $f_0$  и  $kf_0$ ,  $kf_{zp}$  разрешающая способность должна быть не менее  $(0,0025 - 0,01) f_u$ , что требует применения более дорогих спектроанализаторов.



**Рис. 3.** Гистограмма появления частотных признаков дефектов в спектре с шириной спектральной линии 5 Гц в области от 100 до 2000 Гц



**Рис. 4.** Гистограмма появления частотных признаков дефектов в спектре с шириной спектральной линии 5 Гц в области выше 2000 Гц

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Геллер Б. Высшие гармоники в асинхронных машинах / Б.Геллер, В. Гамата / пер. с англ.; под ред. З.Г. Каганова. – М.: Энергия, 1981. – 352 с.
2. Клюев В.В. Неразрушающий контроль: Справочник. В 7 т. Т.7. Вибродиагностика / В.В.Клюев и [др.]. – М.: Машиностроение, 2007. – 732 с.
3. Колобов А.Б. Основы теории и практики вибродиагностики: учеб. пособие / А.Б. Колобов; Федеральное агентство по образованию; ФГОУВПО «Ивановский государственный энергетический университет им. В.И.Ленина». – Иваново, 2014. – 248 с.
4. Ширман А.Р. Практическая вибродиагностика и мониторинг состояния механического оборудования / А.Р.Ширман, А.Б.Соловьев. – М.: ИД «Спектр», 1996. – 276 с.

УДК 621.37

*М. Ю. Колобов, А. А. Мельников, Б. Р. Киселев, К. М. Мугаев, С. Е. Сахаров*  
ФГБОУ ВО «Ивановский государственный химико-технологический университет»

## **ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЦЕНТРОБЕЖНОЙ МЕЛЬНИЦЫ**

Разработана мельница центробежно-ударного действия. Применение цилиндрического стакана с отбойными плитами и плоских лопаток позволяет значительно интенсифицировать процесс измельчения и увеличить срок службы отбойных элементов в 1,5-2 раза.

**Ключевые слова:** центробежная мельница, эффективность, износ, долговечность.

*M. Yu. Kolobov, A. A. Melnikov, B. R. Kiselev, K. M. Musaev, S. E. Sakharov*

## **IMPROVING THE EFFICIENCY OF CENTRIFUGAL MILL**

Developed mill centrifugal impact action. The use of a cylindrical cup with baffle plates and flat blades allows significantly intensify the process of grinding and increase the service life of the cutting elements in 1,5-2 times.

**Keywords:** centrifugal mill, efficiency, wear, durability.

Широкое распространение в различных отраслях промышленности получили мельницы центробежно-ударного действия [1-5]. Положительными факторами применения таких мельниц являются компактность и мобильность, гибкость переналадки их, умеренные энерго- и металлозатраты на обработку, небольшие капиталовложения, возможности автоматизации процесса, непрерывность действия, возможность варьирования параметров среды, материалов роторов, введения в момент обработки функциональных добавок, использования создаваемого роторами вентиляционного потока.

Главным недостатком измельчителей центробежного действия является относительно низкий ресурс рабочих органов, что требует частой замены их или полного восстановления и повышает эксплуатационные расходы.

Одним из основных путей повышения долговечности является резервирование износостойкости, достигаемое конструктивными решениями, запасом на износ и использование сменных элементов деталей машин.

Разработана мельница центробежно-ударного действия [6].

На рис. 1 показана центробежная мельница в продольном разрезе.

Центробежная мельница содержит корпус 1, патрубок 2 для подачи исходного материала, расположенный в верхней части корпуса 1, течки 3 для вывода готового продукта, расположенные в нижней части корпуса, отбойные элементы 4, закрепленные на боковой стенке корпуса 1, ускоритель, состоящий из верхнего элемента, выполненного в виде боковой поверхности усеченного конуса 5 с центральным отверстием 6, нижнего элемента, выполненного в виде диска 7, ускорительных лопастей 8 и конусного распределителя 9, и расположенный на вертикальном валу 10, и привод ускорителя (на чертеже не показан). Нижняя часть корпуса 1 выполнена с пазом для закрепления сменных колец 11. Отбойные элементы 4 выполнены с углом наклона

рабочей грани относительно радиуса диска, составляющим 50-70<sup>0</sup>, и установлены с возможностью поворота на 180<sup>0</sup>. К верхней внутренней части корпуса 1 жестко прикреплен цилиндрический стакан 12, футерованный изнутри отбойными плитами 13. На конусном распределителе 9 закреплены плоские лопатки 14. Цилиндрический стакан 12 и конусный распределитель 9 расположены на одной оси с патрубком 2 для подачи исходного материала. Диаметр описанной окружности плоских лопаток 14 равен внутреннему диаметру патрубку 2 для подачи исходного материала.

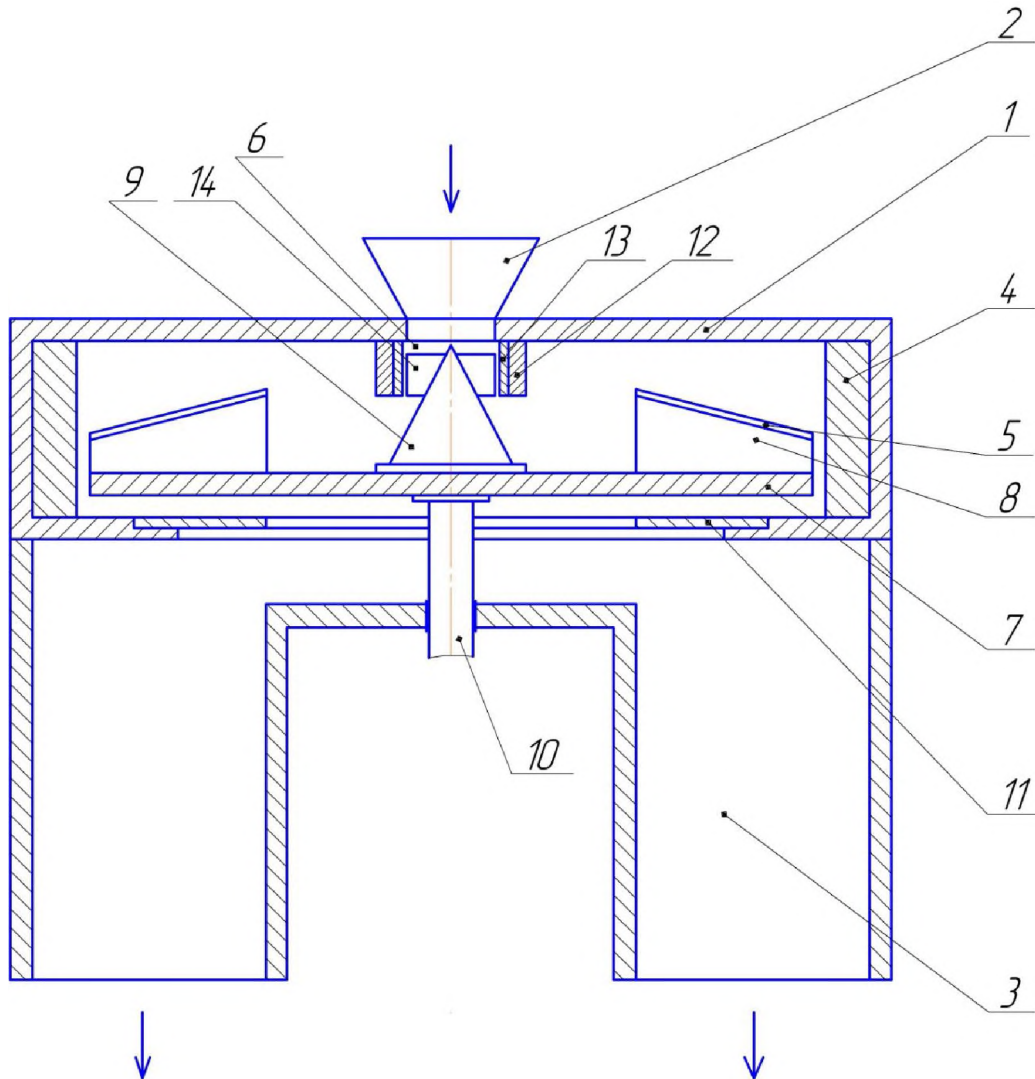


Рис. 1. Центробежная мельница

Центробежная мельница работает следующим образом.

Посредством привода ускорителю придают вращение с требуемой технологической скоростью. Посредством патрубка 2 и через отверстие 6 исходный сыпучий материал подают на конусный распределитель 9. Частицы материала под действием силы тяжести попадают на плоские лопатки 14 и направляются на отбойные плиты 13. Происходит предварительное измельчение частиц. Далее материал под действием силы тяжести попадает на конусный распределитель 9, который обеспечивает равномерное распределение материала в ускорителе. Под действием поля центробежных сил материал поступает на ускорительные лопасти 8, которые придают материалу ус-



корение. Материал ударяется об отбойные элементы 4, разрушается и через течи 3 выводится из мельницы. По мере износа отбойные элементы 4 поворачиваются на  $180^{\circ}$ , чтобы использовать вторую грань для измельчения материала. Нижняя часть корпуса 1 выполнена с пазом для закрепления сменных колец 11. Используя кольца 11 с различными диаметрами отверстий можно регулировать гранулометрический состав готового продукта. Величина зазора между нижним торцом патрубка 2 для подачи исходного материала и верхней поверхностью плоских лопаток 14 определяется из условия предотвращения возможности заклинивания измельчаемого материала.

Применение цилиндрического стакана с отбойными плитами и плоских лопаток позволяет значительно интенсифицировать процесс измельчения и увеличить срок службы отбойных элементов в 1,5-2 раза.

В результате экспериментальных исследований получены математические модели процесса измельчения дисперсных материалов в разработанной центробежной мельнице в зависимости от исследуемых факторов. Наибольшее влияние на износ ускорительных лопастей оказывает частота вращения ротора, меньшее – диаметр исходных частиц и производительность мельницы.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Латишин В.Б., Колобов М.Ю., Колобова В.В., Рязанцева А.В.* Применение дезинтегратора в различных технологиях // Известия высших учебных заведений. Химия и химическая технология. – Иваново, 2004. – Т. 47, вып. 8. – С. 71-75.
2. *Колобов М.Ю., Латишин В.Б., Сахаров С.Е., Абаляхин А.М.* Оборудование для обработки дисперсных материалов // Международная научная конференция "Теоретические основы создания, оптимизации и управления энерго- и ресурсосберегающими процессами и оборудованием". Сборник трудов. Том II. – Иваново, 2007. – С. 13-15.
3. *Колобов М.Ю., Сахаров С.Е., Сахарова С.Г.* Технология приготовления комбикормов // Современные наукоемкие технологии. Региональное приложение. – Иваново, 2013. – № 1. – С. 71-75.
4. *Колобова В.В., Колобов М.Ю.* Особенности измельчения фосфоросодержащих руд // Аграрный вестник Верхневолжья. – Иваново, 2016. – № 4 (16). – С. 77-82.
5. *Колобов М.Ю., Сахарова С.Г., Сахаров С.Е.* Измельчитель сыпучих материалов // Ремонт, восстановление, модернизация. – Москва, 2017. – № 1. – С. 9-12.
6. *Патент № 160698, МПК В 02 С 13/00.* Центробежная мельница / Колобов М.Ю., Мельников А.А., Баранов Н.М., Замятина Н.И., Киселев Б.Р.; заявитель и патентообладатель ИГХТУ. – № 2015139106/13; заявл. 14.09.2015; опублик. 27.03.2016. Бюл. № 9. – 2 с.

УДК 614.8

*В. В. Копытков, А. В. Шныпарков, Д. В. Папсуев*

Гомельский филиал Университета гражданской защиты МЧС Беларуси

## **РАСЧЕТ КРИВОЛИНЕЙНОЙ ПОВЕРХНОСТИ КЛАПАНА ИЗБЫТОЧНОГО ДАВЛЕНИЯ В РУКАВНЫХ ЛИНИЯХ**

Проанализировано изменение давлений в магистральной рукавной линии при наезде на нее автомобилем с целью возможного установления клапана для сброса избыточного давления. Предложена конструкция предохранительного клапана, с минимальными гидравлическими потерями.

**Ключевые слова:** рукавная линия, давление, клапан избыточного давления, гидравлические потери, уравнение Лапласа.

*V. V. Kopytkov, A. V. Shnyarkov, D. V. Papsuev*

## **CALCULATING SURFACE CALCULATION EXHAUST PRESSURE VALVE IN HOSE LINES**

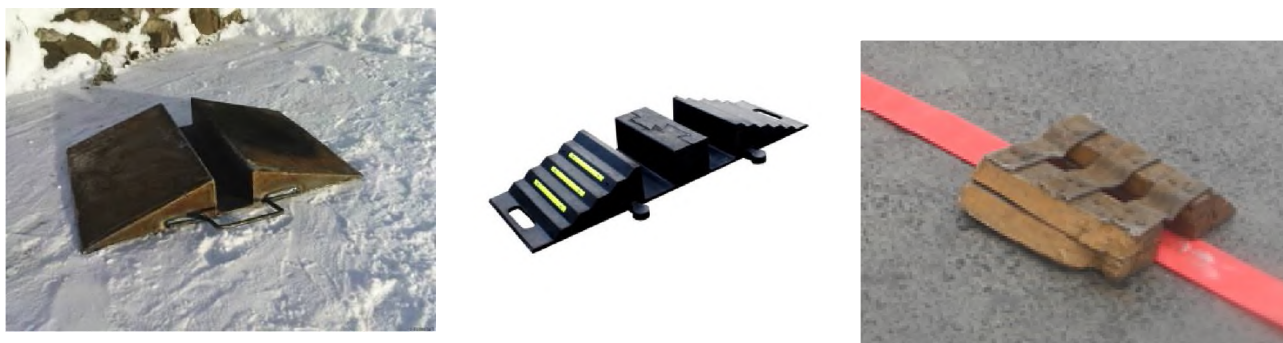
Change of pressure in the main hose line at accident of running-down her by the car for the purpose of possible establishment of the valve for dumping of an excessive pressure is analysed. The design of a pressure-relief valve, with the minimum hydraulic losses is offered.

**Keywords:** hose line, pressure, valve of excessive pressure, hydraulic losses, Laplace's equation.

На пожарах невозможно обойтись без пожарных рукавов, соединением которых образуются магистральные рукавные линии. Такие линии предназначены для подачи воды от насоса до разветвления; для соединения насосов (емкостей), работающих в перекачку; для подачи воды в лафетный ствол. При прокладке рукавных линий выбираются наиболее удобные и кратчайшие пути к позициям ствольщиков. В тоже время необходимо следить, чтобы напорные рукава не имели резких перегибов, избегать прокладки их по острым или горящим (тлеющим) предметам, а также по поверхностям, залитым горюче-смазочными материалами или химически активными веществами.

Защита рукавных линий от повреждений – комплекс мероприятий и технических средств, необходимых для предохранения пожарных рукавов от повреждений в процессе эксплуатации. Наиболее опасными участками прокладки рукавной линии к позициям ствольщиков являются дороги общего пользования, так как в результате наезда транспортного средства на рукав возможен разрыв магистральной линии, либо срыв соединительной головки с рукава вследствие гидроудара, преимущественно в месте соединения с соединительной головкой, что приведет к перебоям в подаче воды к очагу пожара.

В настоящее время в подразделениях МЧС Беларуси для исключения наездов автомобилей на рукавные линии используются рукавные мостики (рис. 1) согласно п.105.3 [1].



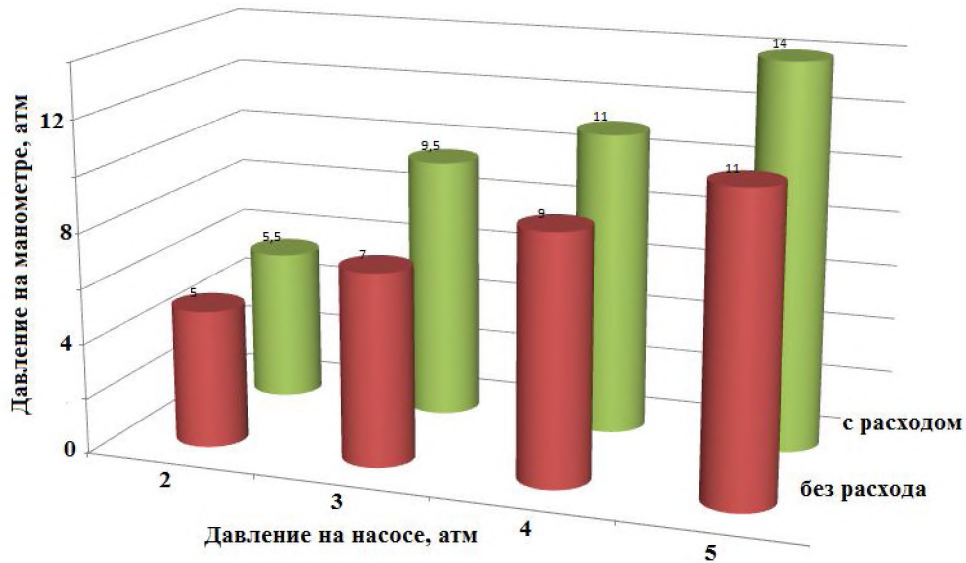
**Рис. 1.** Внешний вид рукавных мостиков

Конструктивно мостик рукавный, представляет собой металлические или деревянные пластины, либо композиционные собранные определенным образом, чтобы они могли защитить один или несколько пожарных рукавов.

Однако при практическом их использовании имеется ряд недостатков: недостаточная ширина мостика (при ограниченной видимости или недостаточного опыта водителя возможен проезд мимо мостика, а значит прямой наезд на рукавную линию); конструкция многих рукавных мостиков не обеспечивает жесткого сцепления с дорожным покрытием (при попытке наезда колесами автомобиля рукавный мостик начинает двигаться вместе с рукавной линией, к этому можно отнести и достаточно крутой угол подъема стенки мостика); высота некоторых конструкций мостиков не позволяет свободно проезжать автомобилям с низкой посадкой (клиренсом). Наряду с этими недостатками можем отметить, что у рукавных мостиков заводского исполнения достаточно высокая цена  $\approx 5000 - 7000$  российских рублей и вес одного мостика может достигать до 20 кг.

В связи с тем, что на практике при выполнении боевой задачи спасатели-пожарные подразделений МЧС не всегда успевают установить в месте прокладки магистральной рукавной линии рукавные мостики, либо происходит их сдвиг из-за наезда автотранспорта, что в результате приводит к порыву рукавов в следствие гидроудара либо срыв соединительной головки с рукава, то целью работы являлось определение изменения давлений в магистральной линии при наезде на нее автомобилем с целью возможного установления клапана для сброса избыточного давления.

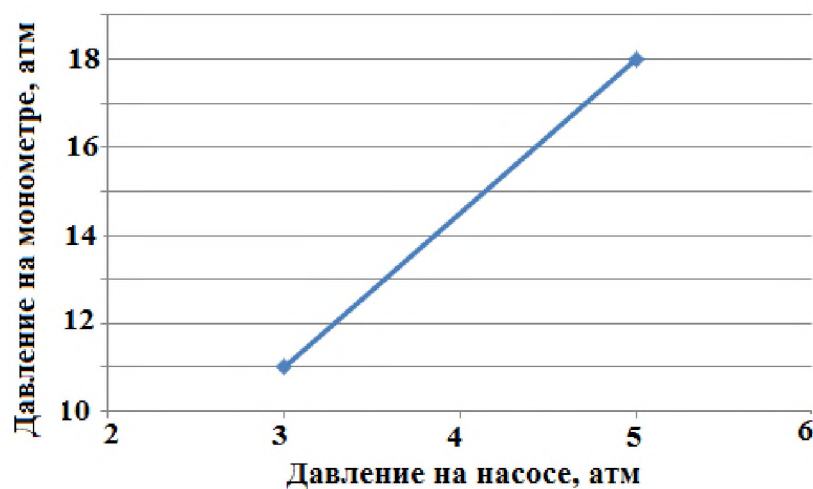
Нами было установлено, что при наезде на магистральную рукавную линию  $\varnothing 77$  мм перепад давлений в них не равномерен. Наибольшее давление в рукавной линии наблюдается между автоцистерной, установленной на водоисточник, и местом наезда (рис. 2) с постепенным уменьшением к стволу. Около ствола давление возрастает на 1 атм при скорости движения автомобиля 10 км/ч при любом значении напора насоса.



**Рис. 2.** Зависимость увеличения давления в рукавной линии при наезде на нее автомобиля, движущегося со скоростью 10 км/ч, на расстоянии в 1 м от места наезда

Из рис. 2 видно, что при наезде на рукавные линии даже на скорости 10 км/ч давление возрастает свыше испытываемого значения (1 категория – 12 атм; 2 категория – 8 атм; 3 категория – 6 атм) ([2], приложение 1 табл.3), что может привести к разрыву рукавной линии. Следует обратить внимание на то, что при истечении воды на тушение пожара в момент наезда на рукавную линию изменение давления более заметно, чем при перекрытом стволе.

Сравнительный анализ рисунков 2 и 3 свидетельствует, что увеличение скорости движения автомобиля от 10 до 30 км/ч при наезде на рукавную линию при перекрытом стволе приводит к увеличению скачка давления при одинаковом напоре на насосе более чем в 1,5 раза.



**Рис. 3.** Зависимость увеличения давления в рукавной линии при наезде на нее автомобиля, движущегося со скоростью 30 км/ч, на расстоянии в 1 м от места наезда

Таким образом, при наезде автомобиля на рукавную линию даже на скорости 10 км/ч, значение давления увеличивается свыше нормативного. Это может привести к порыву рукавов либо срыву соединительной головки с рукава. Установление клапана избыточного давления в рукавных линиях на расстоянии в несколько метров от предполагаемого места наезда (у края проезжей части) позволит снизить давление в рукавной линии до приемлемых значений.

Исходя из выше обоснованного применения клапана избыточного давления, нами предложена конструкция, задачей которой является обеспечение возможности использовать клапан для рукавных линий, и минимизировать гидравлические потери при движении жидкости через клапан.

Для расчета минимизации гидравлических потерь зададим форму криволинейной поверхности клапана, совпадающую с линиями тока. При такой форме будет отсутствовать вихреобразование, а течение жидкости можно считать потенциальным.

Далее на основании уравнения Лапласа, описывающего потенциальное течение жидкости [3]:

$$\frac{\delta^2\gamma}{\delta x^2} + \frac{\delta^2\gamma}{\delta y^2} + \frac{\delta^2\gamma}{\delta z^2} = 0, \quad (1)$$

и выражения для потенциала скоростей  $\gamma$  [3]

$$\gamma = \frac{1}{2}(Ax^2 + By^2 + Cz^2), \quad (2)$$

Обозначим  $U_x = \frac{\partial\gamma}{\partial x}$ ;  $U_y = \frac{\partial\gamma}{\partial y}$ ;  $U_z = \frac{\partial\gamma}{\partial z}$  - составляющие скорости течения.

Путем подстановки (2) в (1) при выполнении условия  $A+B+C=0$ , получим

$$\gamma = \frac{A}{2}(x^2 + y^2 - 2z^2).$$

Откуда найдем составляющие скорости течения:

$$\begin{aligned} U_x &= \frac{\partial\gamma}{\partial x} = \frac{\partial A(x^2 + y^2 - 2z^2)}{2\partial x} = Ax \\ U_y &= \frac{\partial\gamma}{\partial y} = \frac{\partial A(x^2 + y^2 - 2z^2)}{2\partial y} = Ay \\ U_z &= \frac{\partial\gamma}{\partial z} = \frac{\partial A(x^2 + y^2 - 2z^2)}{2\partial z} = -2Az \end{aligned}$$

Поток жидкости, определяемый потенциалом скоростей  $\gamma$ , симметричен относительно оси вращения, совпадающей с осью  $z$ . Линии тока в плоскости  $yz$ , где  $x=0$ , определяются уравнением

$$\frac{dz}{dy} = \frac{U_z}{U_y} = -\frac{2z}{y}.$$

Проинтегрировав, получим

$$\ln z = const - 2 \ln y$$

или

$$y^2 z = const. \quad (3)$$

Уравнение (3) это уравнение так называемой кубической параболы, ветви которой для оси  $x$  и  $y$  являются асимптотами.

Исходя из вышеизложенного, применяя обозначения  $r$ ,  $l$ ,  $b$ ,  $c$  для кривизны внутренней поверхности клапана в данной точке (текущий радиус) предполагается определять по формуле:

$$r_i = \sqrt{\frac{c}{b + l_i}}$$

где  $r_i$  - текущий радиус криволинейной части клапана, мм;  $l_i$  – текущая длина криволинейной части клапана, считаемая от середины клапана в соответствующую сторону, мм;  $b$ - толщина клапана, мм;  $c$ - параметр, зависящий от расхода огнетушащей жидкости.

Предложенная конструкция позволяет полностью исключить негативные последствия от давления, превышающие максимальные значения. К негативным последствиям, в частности, можно отнести порыв рукавной линии или срыв соединительной головки с рукава.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Приказ МЧС Республики Беларусь №1 от 03.01.2012 «Об утверждении боевого устава органов и подразделений по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь по организации тушения пожаров».
2. Приказ МЧС Республики Беларусь №192 от 25.07.2012 «Об утверждении инструкции о порядке эксплуатации пожарных рукавов в органах и подразделениях по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь».
3. *Прандтль Л.* Гидроаэромеханика. / Л. Прандтль.- Ижевск.: НИЦ: «Регулярная и хаотическая динамика», 2000. - 576 с.

УДК 620.193

*Е. Ю. Куваева, М. Ю. Колобов*

ФГБОУ ВО «Ивановский государственный химико-технологический университет»

### ЗАЩИТА ПОЖАРНЫХ АВТОМОБИЛЕЙ ОТ КОРРОЗИОННОГО РАЗРУШЕНИЯ

Коррозия автотранспорта является очень распространенным и опасным явлением. Рассмотрены процессы коррозионного разрушения пожарных автомобилей, методы предупреждения и защиты от коррозии.

**Ключевые слова:** пожарные автомобили, химическая коррозия, электрохимическая коррозия, защита материалов.

*Е. Yu. Kuvayeva, M. Yu. Kolobov*

### PROTECTION OF FIRE-FIGHTING VEHICLES FROM CORROSION DAMAGE

Corrosion of vehicles is very common and dangerous. The processes of corrosion destruction of fire trucks, methods of prevention and protection against corrosion are considered.

**Keywords:** fire trucks, chemical corrosion, electrochemical corrosion, protection materials.

Пожарные автомобили созданы на базе грузовых автомобилей общего назначения, состоящих из трех основных частей: двигателя, шасси и кузова.

На большинстве автомобилей установлены поршневые карбюраторные двигатели или дизели. Шасси объединяет несущую систему, трансмиссию, мосты, подвеску, колеса, рулевое управление и тормозные системы. Кузов грузового автомобиля, размещаемый на раме шасси, состоит из платформы под груз и кабины водителя.

Детали механизмов и систем пожарных автомобилей находятся в контакте с внешней средой, отработавшими газами двигателей, огнетушащими веществами, эксплуатационными материалами. Разрушение металлов под влиянием воздействия на них сред, с которыми они находятся в контакте, называют коррозией. В зависимости от среды, вызывающей коррозию, она может быть жидкостной, газовой, атмосферной. Однако по механизму протекания коррозионных процессов различают химическую и электрохимическую коррозию.

Коррозия автотранспорта является очень распространенным и опасным явлением.

Примером химической коррозии в газовой среде может служить разрушение поршней, клапанов и других деталей двигателей внутреннего сгорания в результате взаимодействия металлов с кислородом, сероводородом, сернистым газом и т. п. Химический характер имеет и разрушение материалов, работающих в жидкой среде, не проводящей электрический ток, но способной к химическому взаимодействию с металлом (например, в смазочных материалах).

Электрохимическая коррозия возникает в результате воздействия на материал детали электропроводящей среды – электролита. Электролитом может быть вода или водные растворы кислот и щелочей, образующиеся в результате взаимодействия воды с топливом, маслом или продуктами окисления. Большинство деталей машин в условиях эксплуатации взаимодействуют с раствором электролитов. В процессе работы при изменении температуры поверхностей деталей на них конденсируются из воздуха пленки воды. Газы, находящиеся в атмосфере, легко растворяются в воде, образуя такие кислоты, как серная, сернистая, азотная, азотистая и другие, а также щелочные соединения, являющиеся типичными электролитами.

В реальных условиях металлы неоднородны. На поверхности металлических изделий находятся кристаллические зерна различной ориентации, состав металла которых может быть различным вследствие микроликвации, сам сплав может иметь неоднородное строение. Из-за этой неизбежной неоднородности разные участки поверхности деталей характеризуются различными потенциалами. Участки с более отрицательным электродным потенциалом играют роль анодов. Они и будут разрушаться. Механические напряжения также увеличивают отрицательные потенциалы, они усиливают электрохимическую коррозию.

Интенсивность коррозии во многом определяется свойствами среды, воздействующей на металлы. Огнетушащие вещества (вода, пенообразователи) омывают поверхности элементов водопенных коммуникаций. В воде растворены различные газы, соли, поэтому она является слабым электролитом. Внутренняя поверхность цистерны выше уровня воды смачивается ее парами, и они конденсируются на ней. Коррозия может происходить и на поверхностях цистерн, заполненных жидкостью. Для ее предотвращения применяются лакокрасочные материалы, анодная защита.

Коррозионно-активными являются пенообразователи. Поэтому баки для них делают из нержавеющей стали. При эксплуатации после использования пенообразователей необходимо промывать систему пеноподачи. Капли пенообразователя, попа-

дающие в насосное отделение, вызывают сильную коррозию резьбовых соединений. Это затрудняет демонтаж насоса. Серосодержащие вещества в топливе могут вызывать коррозию топливоподающей аппаратуры, а продукты сгорания – коррозию гильз цилиндров. Газовый состав воздуха у поверхности земли сравнительно постоянен. Переменным является содержание влаги, промышленных газов, пыли.

Разнообразные состояния металлических поверхностей, состав сред, находящихся с ними в контакте, обуславливают различные механизмы протекания коррозии. Естественно, что это требует и различных методов защиты от нее.

Металлические покрытия применяются на производстве. Изделия могут никелировать, цинковать или покрывать другими металлами. Эти покрытия эффективны, пока не нарушена целостность покрывающего слоя. Нарушение его будет разрушать металл, имеющий более отрицательный потенциал. Так, в случае покрытия оловом будет разрушаться слой олова, а при оцинкованных поверхностях – слой цинка.

Неметаллические покрытия – защита маслами, смазками, красками (эмалиями). Жидкие масла стекают с вертикальных и наклонных поверхностей. Восстановление смазочного защитного слоя осуществляется включением механизма в работу или прокручиванием валов механизмов вручную.

Обработка коррозионной среды широко используется в технике. Так, в смазочные материалы вводят антиокислительные и антикоррозионные присадки. Охлаждающие жидкости также содержат различные добавки. Так, в воду для систем охлаждения двигателя добавляют по 0,05 % хромпика ( $K_2Cr_2O_7$ ), нитрита натрия ( $NaNO_2$ ) и тринатрий фосфата ( $Na_3PO_4$ ). Кроме того, они предотвращают отложение накипи в системах охлаждения двигателей.

К обработке коррозионной среды относится и такой прием, как удаление из камер сгорания двигателей остатков отработавших газов. Для этого стартером прокручивают коленчатый вал двигателя без подачи топлива в течение 3-5 с.

Консервация пожарных автомобилей осуществляется для предотвращения коррозии механизмов и систем машин, которые не будут продолжительное время эксплуатироваться.

Под консервацией понимается содержание технически исправных, полностью укомплектованных, заправленных и специально подготовленных машин и оборудования в состоянии, обеспечивающем их длительную сохранность и приведение в боевую готовность в кратчайшие сроки.

На консервацию ставят все сверхштатные пожарные автомобили или пожарные автомобили, использование которых не предполагается на период более трех месяцев, а в особых климатических условиях – более одного месяца.

Работы, выполняемые до постановки машин на место стоянки для хранения, включают:

- промывку, очистку всех баков и их высушивание, а при необходимости, и восстановление разрушенных слоев краски;
- колеса снимают с машин, шины демонтируются, очищают от коррозии, окрашиваются шины, камеры талькируют, затем шины монтируются на диски, заполняются воздухом и устанавливаются на место;
- удаление из рабочей полости насоса воды и в эту полость заливают литр моторного масла; провернув вал насоса на 5-10 оборотов, сливают масло;
- пеносмеситель снимают, разбирают, после очистки смазывают моторным маслом и устанавливают на место;



– обработку консистентной смазкой всех шарниров приводов, инструмента, листов рессор (графитной смазкой).

Работы после установки машин на стоянки для хранения включают консервацию двигателя, слив воды и горючего из двигателя.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Власов В.М., Жанказиев С.В., Круглов С.М.* Техническое обслуживание и ремонт: учебник. М: Академия, 2013.

УДК 614.846.63

*В. Ю. Курочкин, А. Д. Семенов, Д. А. Гришанов*

ФГБОУ ВО «Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России»

### **ПРИМЕНЕНИЕ СОВРЕМЕННЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ ПРИ МОДЕРНИЗАЦИИ ПОЖАРНОЙ ТЕХНИКИ**

Приведен способ модернизации специального автомобиля в пожарную автоцистерну с использованием современных композиционных материалов. Рассмотрены преимущества изделий из полиэфирных смол, дано обоснование их применения для изготовления пожарного оборудования.

**Ключевые слова:** пожарный автомобиль, стеклопластик, надёжность, цистерна, модернизация.

*V. Yu. Kurochkin, A. D. Semenov, D. A. Grishanov*

### **THE USE OF ADVANCED COMPOSITE MATERIALS IN UPGRADING OF FIRE ENGINEERING**

The above method of modernization of a special vehicle to fire tanker with the use of modern composite materials is considered. Advantages of products of the polyester resin are given. The substantiation of their use for the manufacture of fire-fighting equipment is given.

**Keywords:** fire truck, fiberglass, reliability, tank, upgrade.

Одной из причин способствующих развитию пожаров до крупных размеров является 70 %-ная изношенность парка пожарных автомобилей. Модернизация технических средств, в том числе и пожарных автомобилей, как известно, дает хороший экономический эффект. Анализ и расчеты [1] показывают, что стоимость модернизации, с проведением ремонта или заменой отдельных узлов и агрегатов базового шасси, значительно дешевле, чем приобретение нового изделия и составляет 50–70 % от стоимости нового пожарного автомобиля аналогичного класса. После модернизации тактико-технические характеристики (ТТХ) автоцистерн не только не ухудшаются, а в ряде случаев улучшаются за счет применения современных композитных материа-

лов. Минимальный срок (ресурс) эксплуатации модернизированных автомобилей, согласно НПБ 181-99 п.7.1. – 5 лет, фактический – 10 лет и более. Срок выполнения работ по модернизации в зависимости от объема – от 45 до 60 дней.

На ООО «Пожтехника Поморье» (г. Архангельск) разработана техническая документация и изготовлены опытные образцы пожарных цистерн, пенобаков и вакуумных насосов из стеклопластика.

Применение современных композиционных материалов позволяет с меньшими затратами эксплуатировать пожарную технику, повысить ее надежность. При этом предусматривается улучшить тактико-технические характеристики автомобилей за счет увеличения полезной нагрузки, создания условий для боевого развертывания малочисленным расчетом, переноса пожарного насоса в неиспользуемую кабину боевого расчета, уменьшения диаметра всасывающих рукавов и прочих изменений, не противоречащих техническому регламенту и другим нормативным документам в области пожарной безопасности. Отказ от ряда неиспользуемых систем типовых пожарных автомобилей, улучшенная компоновка пожарной надстройки автомобиля, позволяет не только улучшить тактико-технические характеристики (ТТХ), но снизить затраты на ремонт и модернизацию пожарной техники [2, 3].

В ряде случаев, при недостатке пожарных автомобилей для охраны производственных объектов учреждений, целесообразно применение «пожарных» прицепов, изготовленных по целевому назначению как боевая единица или приспособленных для целей пожаротушения. В этом случае можно снова говорить о целесообразности применения стеклопластиковых цистерн (собственная масса цистерны объемом 2,5 м<sup>3</sup> составляет 120÷150 кг, против 500 кг цистерны, изготовленной из металла). Цистерна совместно с контейнером (одним или двумя), изготовленным также из стеклопластика, составляют пожарный модуль. В контейнерах размещаются одна или две мотопомпы, пожарные рукава и оборудование. При необходимости модули могут быть доукомплектованы пожарными лестницами, защитными средствами и аварийно-спасательным инструментом. Масса вывозимой воды зависит от грузоподъемности прицепа и может составлять от 2 до 10 тонн.

Пожарные автоцистерны, емкости которых изготовлены из стеклопластика, обладают рядом эксплуатационных преимуществ. Одним из основных преимуществ стеклопластика по сравнению с алюминием и сталью, является меньшая плотность (удельная масса) и повышенная удельная прочность, что позволяет значительно уменьшить собственную массу изделия и, следовательно, (при той же полной массе автомобиля), повысить объем вывозимых огнетушащих веществ (воды, пенообразователя, порошка).

Наряду с этим пластмассы имеют высокую коррозионную стойкость, сравнительно просто ремонтируются и не требуют больших эксплуатационных расходов. Цистерны с резервуарами одинаковой вместимости из легких (алюминиевых) сплавов, нержавеющей стали и из стеклопластика дороже, чем из обычной стали соответственно в 1,45; 1,8—2,0 и 1,25 раза. При этом цистерна с пластмассовым резервуаром имеет примерно такую же массу, что и из легких сплавов, а коррозионную стойкость, как и у цистерны с резервуаром из нержавеющей стали.

Следует отметить, что при изготовлении емкостей для воды в отечественных серийных пожарных автомобилях, алюминий и нержавеющие стали практически не применяются. Ежегодное повышение цен на металл, необходимость привлечения для изготовления цистерн высококвалифицированных специалистов – сварщиков, слесарей

рей-сборщиков сделали практически одинаковой стоимость изготовления емкостей из пластмасс и металла, однако затраты при эксплуатации стеклопластиковых цистерн, значительно ниже, а прочность и долговечность их намного выше.

Композитные материалы, к которым относится и стеклопластик – материал для стеклопластиковых емкостей, представляют собой металлические и неметаллические матрицы (основы) с заданным распределением в них упрочнителей (волокон, дисперсных частиц и др.) [4]. При этом композитные материалы позволяют эффективно использовать индивидуальные свойства составляющих композиции. По характеру структуры композитные материалы подразделяются на волокнистые, упрочнённые непрерывными волокнами и нитевидными кристаллами, композитные материалы, созданные путем прессования или прокатки разнородных материалов.

Комбинируя объемное содержание компонентов, можно в зависимости от назначения, получать композитные материалы с требуемыми значениями прочности, жаропрочности, модуля упругости, абразивной стойкости. Области применения композитных материалов многочисленны. Кроме авиационно-космической, ракетной, морской и других специальных отраслей техники, композитные материалы успешно применяются в автомобильной промышленности - для деталей двигателей и кузовов автомашин. Простота изготовления, сравнительно невысокие затраты позволяют даже в условиях малых предприятий без значительных капитальных вложений при организации производства изготавливать пожарные надстройки и специальные модули для выполнения сезонных аварийно-спасательных работ при наводнениях, спасения утопающих и прочих видов работ.

Наполнителем для материала, из которого изготовлена стеклопластиковая емкость, служат стеклянные волокна в виде стекломатов, рубленых волокон, связующим - полиэфирные и эпоксидные смолы. Для стеклопластиков характерно сочетание высоких прочностных, диэлектрических свойств, сравнительно низкой плотности и теплопроводности, высокой атмосферо-, водо- и химстойкости, что ясно отвечает назначениям, которые имеет любая стеклопластиковая емкость. Механические свойства стеклопластиков определяются преимущественно характеристиками наполнителя и прочностью связи его со связующим, а температуры эксплуатации стеклопластика - связующим. Большими механическими свойствами обладают стеклопластики с неориентированным расположением волокон: гранулированные и спутанно-волокнистые пресс-материалы, материалы на основе рубленых волокон, нанесённых на форму методом напыления одновременно со связующим, и на основе холстов (матов). Стеклопластики на основе полиэфирных смол можно эксплуатировать до 60-150 °С, эпоксидных – до 80-200 °С [4].

Стеклопластики, помимо материала, из которого изготавливаются стеклопластиковые нержавеющие емкости, применяют как конструкционный и теплозащитный материал при производстве корпусов лодок, катеров, судов и ракетных двигателей, лопастей вертолётов, коррозионного стойкого оборудования и трубопроводов, небольших зданий, бассейнов для плавания.

Преимущества емкостей из стеклопластика:

- химически устойчивые нержавеющие емкости (срок эксплуатации более 30 лет);
- не требуется применение укрепляющих металлических поясов;
- диаметр крышки позволяет вести обслуживание емкостей изнутри;
- устойчивы к погодным условиям;

– при небольшом удельном весе (1,5–1,8 г/см<sup>3</sup>) обладают большой механической прочностью.

Покраска цистерны не требуется. Цвета поверхности (как, правило, красный) соответствует цвету гелькоута (специального типа смолы, используемого для поверхностных слоев) [5]. Внутренняя поверхность цистерн для предотвращения фильтрации воды покрывается лаком на основе эпоксидных смол. Для работы в Северных районах, цистерны могут быть выполнены двухслойными с прокладкой утеплителя между слоями. Срок изготовления цистерн 10-15 дней. Цена цистерны – от 55 до 70 тысяч рублей. Примеры модернизации специальных автомобилей в пожарные, а также примеры изготовленных стеклопластиковых цистерн приведены на рис. 1.



**Рис. 1.** Пример модернизации специального автомобиля на шасси ЗИЛ-131 в пожарную автоцистерну с установкой цистерны из стеклопластика

Таким образом, после модернизации силами ООО «Пожтехника Поморье», улучшения компоновки пожарной надстройки, отказа от некоторых сложных систем типовых пожарных автомобилей, применения современных насосных агрегатов, пожарно-технического вооружения и композитных материалов по такому показателю как соотношение цена/качество пожарные автомобили практически не имеют конкурентов. При этом достигается существенное снижение эксплуатационных затрат на поддержание техники в исправном состоянии, а также снижение вероятности отказа ее отдельных узлов и агрегатов.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. <http://pozhpom.ucoz.ru/>
2. ГОСТ Р-53247-2009 «Техника пожарная. Пожарные автомобили. Классификация, типы и обозначения».
3. Приказ МЧС России № 425 от 25.07.06г. «Об утверждении норм табельной положенности пожарно-технического вооружения и аварийно-спасательного оборудования для основных и специальных пожарных автомобилей, изготавливаемых с 2006 года».
4. Любин, Дж. Справочник по композиционным материалам. / Дж. Любин. Перевод с англ. А.Б. Геллер, М.М. Гельмонт. – М.: «Машиностроение». – 1988. – 447 с.
5. Приказ МЧС России № 555 от 18.09.2012 «Об организации материально-технического обеспечения системы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий».

УДК 614.846.63:62-971

*В. Ю. Курочкин, С. С. Спиридонов, В. В. Кичайкин, Е. В. Зарубина*  
ФГБОУ ВО «Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России»

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОВОГО РЕЖИМА РАБОТЫ ДВИГАТЕЛЯ ПОЖАРНОГО АВТОМОБИЛЯ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ В УСЛОВИЯХ ОТРИЦАТЕЛЬНЫХ ТЕМПЕРАТУР**

Проведены исследования теплового режима работы дизельного двигателя Cummins 6 ISBe 185, Евро 4, установленного на пожарной автоцистерне АЦ 3,2-40/4 (43253). Получены зависимости скорости остывания двигателя при различных условиях.

**Ключевые слова:** двигатель, пожарный автомобиль, тепловой режим, отрицательные температуры, тепловизор.

*V. Yu. Kurochkin, S. S. Spiridonov, V. V. Kichaikin, E. V. Zarubina*

## **INVESTIGATION OF THE THERMAL REGIME OF OPERATION OF THE ENGINE THE FIRE ENGINE WHEN OPERATING IN CONDITIONS OF NEGATIVE TEMPERATURES**

Studies of the thermal mode of operation of the diesel engine Cummins 6 ISBe 185, Euro 4, installed on a fire truck 3,2-40/4 (43253) are studied. The dependences of the cooling rate of the engine under various conditions are made.

**Keywords:** engine, fire car, the heat mode negative temperature imager.

Важнейшую роль в обеспечении пожарной безопасности населения, объектов и территорий играют основные пожарные автомобили, прежде всего автоцистерны, которые участвуют в тушении свыше 90% пожаров [1].

К холодной климатической зоне относятся 80% территории России. Климатические особенности этой зоны самым существенным образом сказываются на реализации потенциальных свойств пожарных автомобилей и входящих в их комплектацию элементов пожарного оборудования.

Влияние низкой температуры является одной из главных причин развития пожаров до крупных размеров, число которых в зимний период достигает 30% от общего их числа. Наиболее сложная оперативная обстановка в зимний период во многом объясняется отсутствием на вооружении гарнизонов пожарной техники в северном исполнении, приспособленной для эксплуатации в условиях экстремально-низких температур.

Исходя из статистических данных, число крупных пожаров в зимний период в северных регионах составляет от 60 до 70% от общего их числа в год. Соответственно, время тушения крупных пожаров на Севере зимой на 30-40% больше, чем летом. При этом установлено: чем ниже температура окружающего воздуха, тем дольше производится тушение пожар.

Существенная зависимость выходных показателей двигателя внутреннего сгорания (ДВС) от теплового состояния предопределяет повышенные требования к температурам рабочих сред основных функциональных систем. В условиях отрицательных температур, из-за пониженного теплового режима, становится весьма проблематичным не только реализация потенциальных возможностей, но даже сохранение работоспособности ДВС. Так, в условиях холодного климата появляются трудности с созданием и последующим поддержанием, при работе на привод спецагрегата, оптимального теплового режима работы двигателей пожарных автомобилей. В особенности это относится к дизельным двигателям.

В настоящей статье в качестве объекта исследования выбрана пожарная автоцистерна АЦ 3,2-40/4 на шасси КамАЗ 43253. Данная модель широко распространена в настоящее время в пожарно-спасательных частях на всей территории РФ. Автомобиль имеет дизельный двигатель Cummins 6 ISBe 185, Евро 4, максимальной мощностью 245 л.с. [2].

Методика проведения эксперимента по исследованию скорости остывания двигателя Cummins 6 ISBe 185. Для определения скорости остывания двигателя нами были проделаны серии натурных опытов при различных вариантах утепления ДВС и различных температурах окружающей среды в течение 3,5 часов (в условиях отрицательных температур окружающей среды) и 5 часов (в условиях пожарного депо) [4].

В первом варианте, исследования проводили в помещении пожарного депо, при температуре окружающей среды (ОС) +18°C, предварительно прогрев ДВС до оптимального теплового режима ( $T_{\text{ДВС}} = 85^\circ\text{C}$ ).

Во втором, третьем и четвертом вариантах, исследования проводили при температурах ОС -7°C, -12°C и -17°C, после следования пожарного автомобиля по заданному маршруту в течение 10 минут. Данное время было выбрано в соответствии с требованиями статьи 76 главы 17 Федерального закона №123 от 22.07.2008 [3].

В качестве вариантов утепления были выбраны следующие: 1 – без утепления (штатный радиатор), 2 – дополнительный экран радиатора, 3 - дополнительный экран радиатора при утеплении решетки радиатора чехлом из однослойного шинельного сукна, 4 – дополнительный экран радиатора при утеплении ДВС чехлом из теплоотражающего материала.

Измерения температуры двигателя проводили с помощью хромель-алюмелевой термопары (ТХА), с температурным диапазоном 0÷1100 °C и классом точности 1. Рабочий спай ТХА закреплялся на двигателе, измеритель устанавливался в салоне ПА. Также, для измерения температуры двигателя и определения распределения тепла в моторном отсеке в целом, использовали тепловизор Fluke Ti20. Результаты измерений представлены в табл. 1.

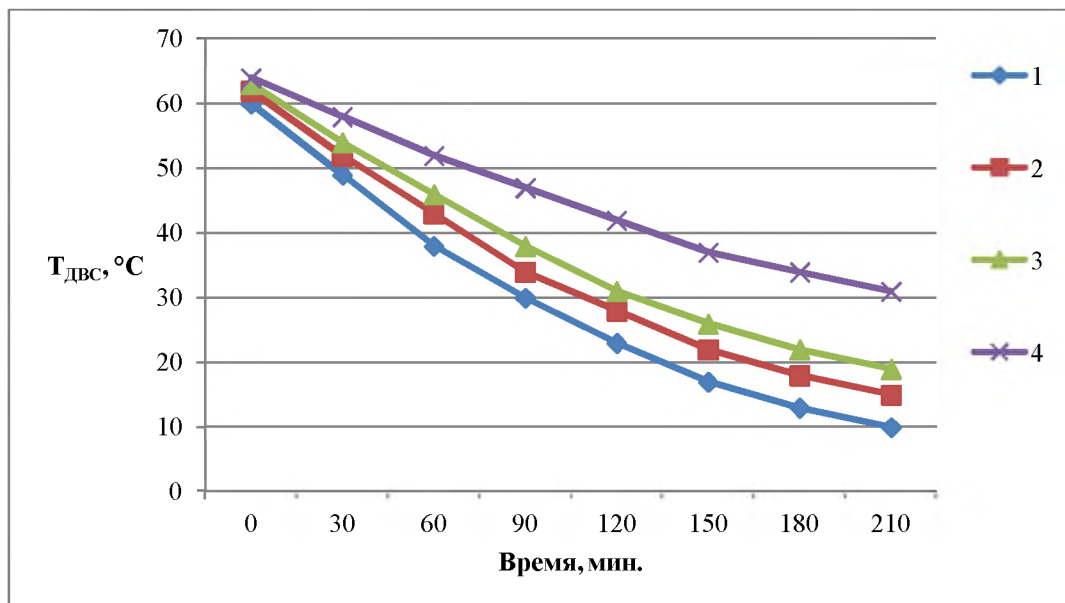
Таблица 1

<i>Тепловой режим двигателя в ходе естественного охлаждения ДВС после его останова в условиях пожарного депо</i>				
<b>Время, мин.</b>	<b>Температура двигателя, °C</b>			
		Штатный радиатор	Штатный радиатор и дополнительный экран радиатора	Штатный радиатор и дополнительный экран радиатора при утеплении решетки радиатора чехлом из

			однослойного ши- нельного сукна	жающего материала
0	85 (84*)	85 (84*)	85 (84*)	85 (84*)
30	77	78	78	80
60	70 (68*)	71 (70*)	72 (72*)	75 (74*)
90	64	65	67	71
120	58 (56*)	59 (60*)	62 (61*)	67 (66*)
150	54	55	58	63
180	51 (50*)	52 (53*)	54 (54*)	60 (61*)
210	47	49	51	57
240	44 (43*)	46 (46*)	48 (47*)	55 (56*)
270	42	44	46	53
300	40 (40*)	42 (43*)	45 (44*)	52 (53*)
<i>Тепловой режим двигателя в ходе охлаждения ДВС при T = - 7 C</i>				
0	65 (63*)	66 (64*)	66 (65*)	68 (66*)
30	54	57	59	63
60	45 (42*)	48 (47*)	52 (50*)	58 (56*)
90	39	42	45	54
120	32 (30*)	37 (36*)	39 (38*)	50 (49*)
150	27	32	34	47
180	23 (21*)	28 (28*)	31 (30*)	43 (43*)
210	20	25	28	40
<i>Тепловой режим двигателя в ходе охлаждения ДВС при T = - 12 C</i>				
0	63 (62*)	64 (63*)	64 (62*)	66 (65*)
30	52	54	56	60
60	42 (41*)	45 (45*)	49 (47*)	54 (55*)
90	34	38	42	49
120	28 (28*)	32 (31*)	37 (35*)	45 (46*)
150	22	27	32	41
180	18 (18*)	23 (22*)	28 (26*)	38 (38*)
210	15	20	25	35
<i>Тепловой режим двигателя в ходе охлаждения ДВС при T = - 17 C</i>				
0	60 (59*)	62 (61*)	63 (62*)	64 (63*)
30	49	52	54	58
60	38 (36*)	43 (41*)	46 (45*)	52 (50*)
90	30	34	38	47
120	23 (22*)	28 (27*)	31 (29*)	42 (40*)
150	17	22	26	37
180	13 (13*)	18 (17*)	22 (20*)	34 (32*)
210	10	15	19	31

\* - показания температуры двигателя по Fluke Ti20

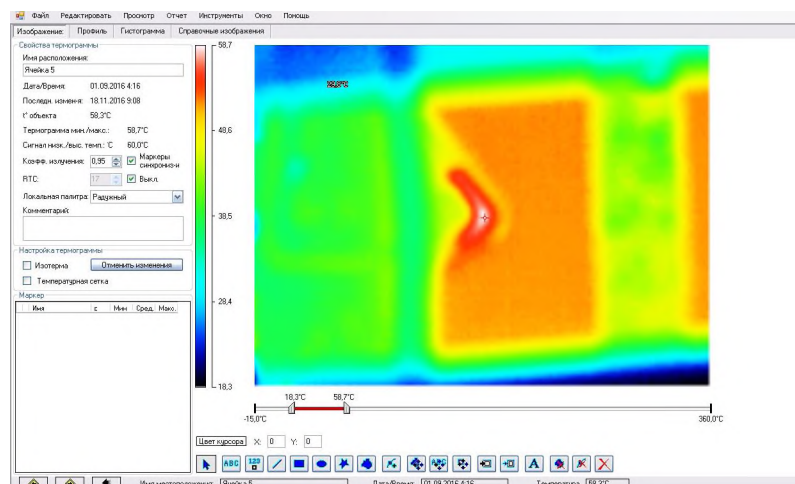
На рис. 1 представлена зависимость температуры двигателя от времени в ходе охлаждения ДВС при различных вариантах утепления при  $T_{oc} = -17^{\circ}C$ .



**Рис. 1.** Зависимость температуры двигателя от времени в ходе охлаждения ДВС при различных вариантах утепления при  $T_{OC} = -17^{\circ}C$ :

1 - штатный радиатор, 2 - штатный радиатор и дополнительный экран радиатора, 3 - штатный радиатор и дополнительный экран радиатора при утеплении решетки радиатора чехлом из однослойного шинельного сукна, 4 - штатный радиатор и дополнительный экран радиатора при утеплении ДВС чехлом из теплоотражающего материала

На рис. 2 показан снимок моторного отсека АЦ 3,2-40/4 на шасси КамАЗ 43253, сделанный с помощью Fluke Ti20 при  $T_{OC} = -17^{\circ}C$ , в начальный период времени эксперимента.



**Рис. 2.** Снимок моторного отсека АЦ 3,2-40/4 на шасси КамАЗ 43253, сделанный с помощью Fluke Ti20 при  $T_{OC} = -17^{\circ}C$

*Выводы:*

1. При следовании ПА по маршруту в течение 10 минут, двигатель Cummins 6 ISBe 185 не прогревается до рабочей температуры  $85^{\circ}C$  и составляет порядка  $65^{\circ}C$ ,  $63^{\circ}C$  и  $60^{\circ}C$  (без утепления) для температур окружающей среды  $-7^{\circ}C$ ,  $-12^{\circ}C$  и  $-17^{\circ}C$



соответственно. При различных способах утепления температура двигателя оказывается несколько выше. Так при  $T_{oc} = -17^{\circ}C$  и применении дополнительного экрана радиатора при утеплении решетки радиатора чехлом из однослойного шинельного сукна, двигатель прогревается до  $64^{\circ}C$  (без утепления  $60^{\circ}C$ ).

2. Зависимость скорости остывания двигателя для всех исследуемых систем носит экспоненциальный характер. В первый час после останова двигателя скорость падения температуры двигателя носит линейный характер. Средняя скорость остывания двигателя для наиболее холодного варианта исследования ( $T = -17^{\circ}C$ ) составила  $0,238^{\circ}C/мин$ ;  $0,224^{\circ}C/мин$ ;  $0,210^{\circ}C/мин$ ;  $0,157^{\circ}C/мин$  соответственно.

3. Установлено, что наиболее оптимальный вариант утепления ДВС – это использование комбинированного метода с привлечением как дополнительного экрана радиатора, так и утепления решетки радиатора чехлом из однослойного шинельного сукна. В данном варианте, скорость остывания ДВС наименьшая.

4. Данные, полученные с помощью тепловизора Fluke Ti20 и хромель-алюмелевой термопарой хорошо согласуются между собой для всех исследуемых систем.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пожары и пожарная безопасность. Статистический сборник. Статистика пожаров и их последствий/ Под общей редакцией В.И. Климкина. М.: ВНИИПО МЧС России, - 2012, - 137 с.
2. <http://paffst.com/ac-3-2-40-4-kamaz-43253/>
3. Федеральный закон Российской Федерации от 22 июля 2008 года № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности».
4. *Савин, М.А.* Повышение эффективности эксплуатации двигателей основных пожарных автомобилей в условиях отрицательных температур / М.А. Савин. – Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. – 1999. – 213 с.

УДК 621.317.334

*Д. Ю. Лагуткина, М. С. Сайкин*

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

#### МАГНИТОЖИДКОСТНЫЕ НАКЛОНОМЕРЫ ДЛЯ ТЕХНИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ

В статье представлены новые конструкции магнитожидкостных наклономеров с чувствительным элементом на постоянных магнитах для различных технических объектов. Даны рекомендации по выбору конструкций чувствительных элементов магнитожидкостных наклономеров и характеристик постоянных магнитов.

**Ключевые слова:** магнитожидкостный наклономер, чувствительный элемент, магнитная жидкость, постоянный магнит.

*D. Yu. Lagutkina, M. S. Saykin*

## MAGNETIC FLUID TILTMETER FOR A TECHNICAL OBJECTS

The article presents the new constructions of magnetic fluid tiltmeters with sensitive element on permanent magnets for a different technical objects. Recommendations on the selection of sensitive elements designs for magnetic fluid tiltmeter and recommendations on the selection of permanent magnets operating characteristics.

**Keywords:** magnetic fluid tiltmeter, sensitive element, magnetic fluid, permanent magnet.

Основным элементом диагностики сложной технической системы является датчик. Одним из типов датчиков неэлектрических физических величин является датчик параметров пространственной ориентации, например, датчик величины угла наклона. В этом случае он выполняет функции наклономера.

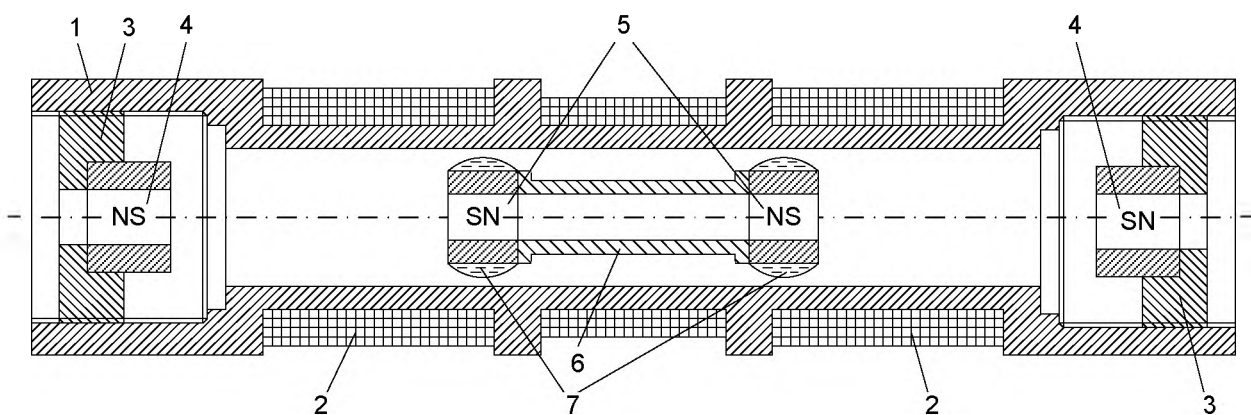
Современный этап развития измерительной техники подразумевает использование новых материалов и принципов построения устройства [1]. Исходя из этого, в новых конструкциях наклономеров предлагается использовать магнитную жидкость (МЖ). Сочетание текучести и магнитоуправляемости МЖ, которые являются её ключевыми свойствами, позволяет использовать такие её преимущества как малый коэффициент трения в контакте с твердым телом, возможность проникать в микрообъемы, смачивание практически любых поверхностей. При этом МЖ удерживается в нужном месте устройства под действием магнитного поля.

Магнитожидкостный наклономер (МЖН) по физическому принципу действия относится к электромагнитным датчикам. По виду выходной величины и необходимости внешнего источника энергии МЖН относится к генераторному типу датчика. Однако, ему требуется дополнительный источник энергии для создания опорного напряжения. По функциональному назначению МЖН может выполняться как измерительным, так и комбинированным.

Магнитожидкостные наклономеры имеют ряд существенных преимуществ по сравнению с другими типами датчиков. Они заключаются в высоком быстродействии, широком диапазоне измеряемых величин, большей точности контролируемых параметров технических объектов. Отличительной особенностью разработанных конструкций МЖН является отсутствие перепада давлений, возникающего с обеих сторон чувствительного элемента. Это достигается выполнением сквозных каналов в конструкциях чувствительного элемента, что повышает быстродействие датчиков и снижает время переходного процесса.

Конструкции разработанных наклономеров представлены на рисунках 1-4. Наиболее простая конструкция МЖН (рис.1) [2] состоит из корпуса 1, в виде полый цилиндрической трубки, изготовленной из немагнитопроводного материала, по обеим сторонам которой расположены две измерительных обмотки 2, и две торцевые крышки 3 с отверстиями, в которых установлены центрирующие кольцевые постоянные магниты 4. Внутри корпуса расположен чувствительный элемент, состоящий из двух кольцевых постоянных магнитов 5, между внутренними торцевыми поверхностями которых расположена магнитопроводная втулка 6, со сквозным отверстием, имеющая выточки.

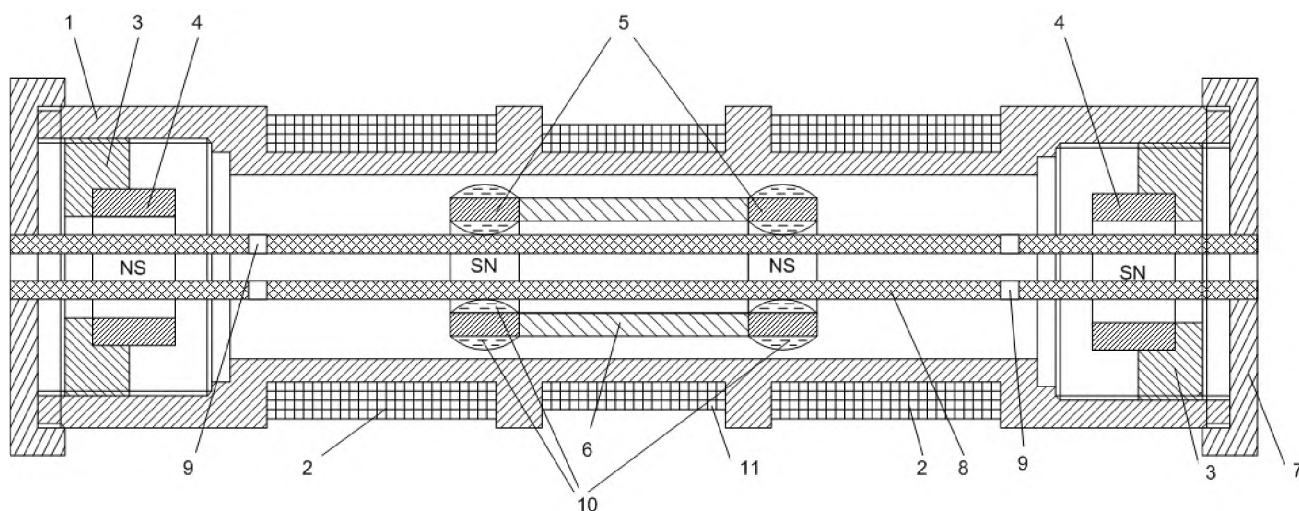
В цилиндрическом зазоре, образованном кольцевыми постоянными магнитами 5 и внутренней поверхностью корпуса 1 находится магнитная жидкость (МЖ) 7, которая удерживается в нем пондеромоторной силой.



**Рис. 1.** МЖН с выточками во втулке чувствительного элемента

Преимуществом разработанного МЖН является уменьшение массы втулки чувствительного элемента, что обеспечивает более устойчивый подвес чувствительного элемента в МЖ, по сравнению с ранее разработанными конструкциями [3]. Это позволяет уменьшить смещение чувствительного элемента относительно оси симметрии наклономера и, тем самым, повысить точность измерений.

Конструкция МЖН аналогична ранее представленной (рис. 2), но содержит дополнительный немагнитопроводный стержень 8, проходящий по всей длине корпуса наклономера [4]. Отсутствие перепада давлений внутри корпуса наклономера обеспечивается за счёт наличия в стержне как минимум двух отверстий 9. Стержень фиксируется внутри корпуса с помощью дополнительных крышек 7, которые крепятся к внешней поверхности цилиндрического корпуса 1 наклономера.



**Рис. 2.** Конструкция МЖН с дополнительным немагнитопроводным стержнем

В представленной конструкции магнитная жидкость 10 заправлена с обеих сторон чувствительного элемента. Это позволяет обеспечить повышение точности центрирования чувствительного элемента относительно оси симметрии МЖН. При этом чувствительный элемент может перемещаться вдоль поверхности корпуса при его наклоне с минимальным трением за счет свойств МЖ.

Таким образом, основное преимущество данной конструкции – повышение точности измерений и срока службы МЖН, за счёт дополнительного конструктивного элемента.

Для расширения эксплуатационных возможностей наклономера предлагается использовать дополнительный магнитопроводный элемент 5, который расположен с внутренней цилиндрической стороны центрирующих кольцевых постоянных магнитов 4, и имеет возможность перемещения по резьбе, выполненной на внутренних торцевых крышках 3 (рис.3) [5]. Его наличие позволяет осуществлять плавную настройку величины силы отталкивания магнитов 4 установленных в торцевых крышках 3 и постоянных магнитов 6 чувствительного элемента. Это достигается за счёт частичного шунтирования центрирующих кольцевых постоянных магнитов.

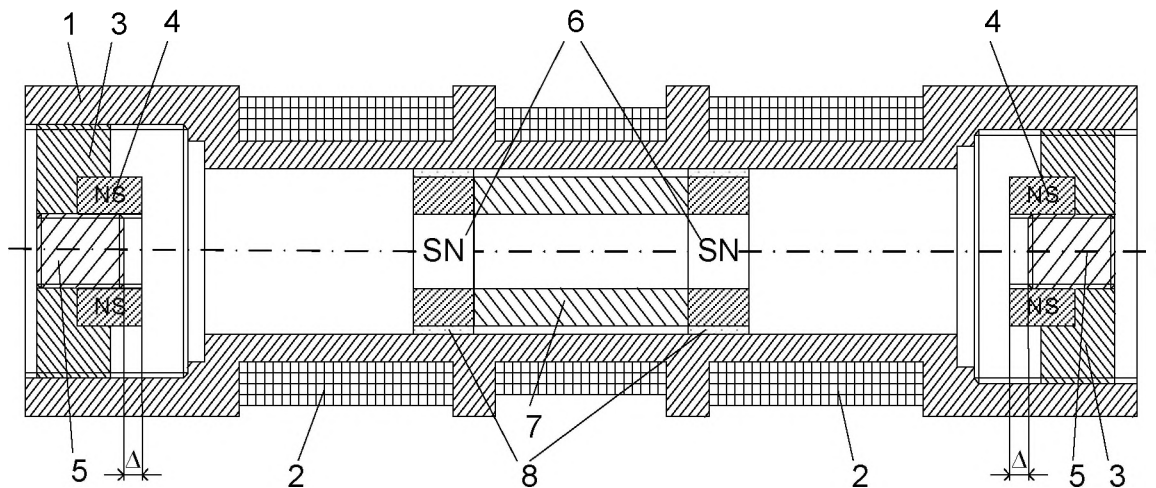


Рис. 3. Конструкция МЖН с магнитопроводным шунтом

Разработана конструкция наклономера (рис.4), которая позволяет обеспечить стабильность выходных характеристик наклономера на протяжении всего срока его эксплуатации. Это достигается за счёт того, что чувствительный элемент помещён в цилиндрическую втулку 7, изготовленную из немагнитопроводного материала, причем длина втулки больше длины чувствительного элемента [6]. В этом случае исключается нахождение МЖ в полях с высоким значением градиента магнитной индукции, что значительно уменьшает перераспределение концентрации её частиц.

Выбор конкретной конструкции магнитожидкостного наклономера определяется исходя из условий эксплуатации объекта и предъявляемыми техническими требованиями. Для решения поставленных задач проведены следующие исследования разработанных конструкций наклономеров: исследование силы взаимодействия между центрирующими постоянными магнитами и магнитами чувствительного элемента наклономера [7]; исследование силы подвеса чувствительного элемента МЖН [8].

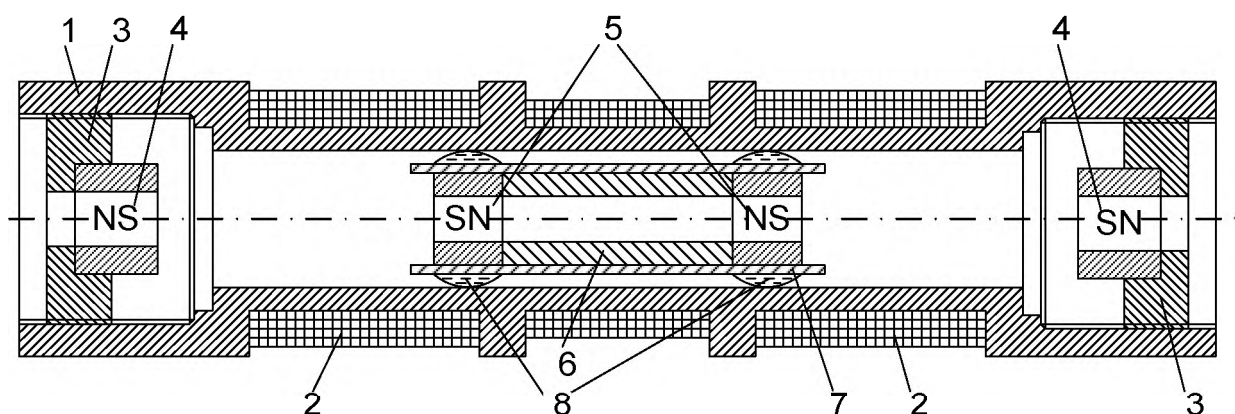


Рис. 4. Конструкция МЖН с защитной втулкой

Разработанные наклонометры имеют следующие технические характеристики:

Диапазон измеряемых углов	$\pm 20^0$
Точность, мин. угл. минут	$\pm 5$
Диапазон рабочих температур, $^0\text{C}$	$\pm 50$
Сохраняет работоспособность после воздействия механических ударов с перегрузкой, $\text{m/c}^2$	1500
Время успокоения после воздействия ударных нагрузок, с	не более 0,2
Масса, кг	не более 0,2
Гарантийный срок хранения и эксплуатации, лет	до 10

Основными областями применения МЖН являются статический контроль над угловыми отклонениями зданий, плотин, мостов, антенных опор, стартовых столов ракет, а также подъёмно-транспортная техника, где требуется высокоточный контроль углового положения объекта.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Датчики: Справочное пособие / Под общ. Ред. В.М.Шарапова, Е.С. Полищука. Москва: Техносфера, 2012. – 624 с.
2. Морозова Д.Ю., Сайкин М.С. Магнитожидкостное устройство для определения угла наклона. Патент на полезную модель, Российская Федерация №158774 U1, МПК G01C 9/00 (2006.01), Приоритет от 27.05.2015, опубл. 20.01.2016, Бюл. № 2.
3. Морозова Д.Ю., Сайкин М.С. / Разработка магнитожидкостных датчиков угла наклона с чувствительным элементом на постоянных магнитах // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – Изд-во Самарского научного центра РАН, 2014, Т.16, N 1(2), с.459-463
4. Морозова Д.Ю., Сайкин М.С. Магнитожидкостное устройство для определения угла наклона. Патент на полезную модель, Российская Федерация N 128318, МКИ G01C 9/20, Приоритет от 06.12.2012, опубл. 20.05.2013, Бюл. N 14.
5. Морозова Д.Ю., Сайкин М.С. Магнитожидкостное устройство для определения угла наклона. Патент на полезную модель, Российская Федерация №167814 U1, МПК G01C 9/20 (2006.01), Приоритет от 29.08.2016, опубл. 10.01.2017, Бюл. № 1.
6. Сайкин М.С., Морозова Д.Ю. Магнитожидкостное устройство для определения угла наклона. Патент на полезную модель, Российская Федерация N 166054 U1, МПК G01C 9/20, Приоритет от 24.05.2016, опубл. 10.11.2016, Бюл. N 31.

7. Лагуткина Д.Ю., Сайкин М.С. / Исследование силы взаимодействия кольцевых постоянных магнитов в магнитожидкостных датчиках угла наклона. / Лагуткина Д.Ю., Сайкин М.С. // 17-я Международная Плесская научная конференция по нанодисперсным магнитным жидкостям/ Сб. научн. тр., 9-сентябрь, 2016, Плес, Россия, С. 397-403.

8. Морозова Д.Ю., Сайкин М.С. / Влияние параметров чувствительного элемента магнитожидкостного датчика угла наклона на силу подвеса. / Д.Ю. Морозова, М.С. Сайкин // Датчики и системы. – Изд-во ООО «Сенсидат-Плюс», № 7, 2015. С.15-18.

УДК 629.083

*Д. С. Лопатин, С. С. Носков*

ФГБВОУ ВО «Академия гражданской защиты МЧС России»

### **ОРГАНИЗАЦИЯ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ И ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ РОБОТОТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ И ПУТИ ЕЕ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ В СВФ МЧС РОССИИ**

В статье рассматриваются планово-предупредительная система диагностирования и технического обслуживания робототехнических средств в процессе эксплуатации в СВФ МЧС России и организация диагностирования и технического обслуживания РТС в зарубежных странах, которая осуществляется специализированными фирмами-дилерами. Проводится сравнительный анализ этих систем и пути совершенствования планово-предупредительной системы.

**Ключевые слова:** диагностирование, техническое обслуживание, робототехнические средства, СВФ МЧС России, планово-предупредительная система.

*D. S. Lopatin, S. S. Noskov*

### **ORGANIZATION DIAGNOSIS AND MAINTENANCE OF ROBOTIC TOOLS AND THE WAYS OF ITS IMPROVEMENT IN THE NAVIGATION DEPARTMENT OF EMERCOM OF RUSSIA**

This article discusses the planning and warning system diagnostics and maintenance of robotic tools in SVF EMERCOM of Russia and the Organization of diagnosis and maintenance of the RTS in foreign countries, which is carried out by specialized firms-dealers. Comparative analysis of these systems and ways to improve planning and preventative systems.

**Keywords:** diagnosis, maintenance, robotic, navigation, EMERCOM of Russia, a planned maintenance system.

Эффективность применения (РТС) зависит не только от качеств, заложенных в них на этапе конструирования и изготовления, но и от способа и качества их диагностирования и технического обслуживания (ТО) в процессе эксплуатации. Если ТО РТС проводить только при периодическом устранении внезапных отказов и полностью исключить все мероприятия предупредительного характера, то параметры надежности ряда механизмов могут оказаться весьма низкими, и робототехническое

средство будет работать не эффективно [1]. Из чего следует, что при использовании РТС необходимо выбрать и обосновать наилучшее с точки зрения эксплуатационной надежности, виды, объемы и периодичность диагностирования и ТО.

Согласно ГОСТ 18322-78 «Система технического обслуживания и ремонта техники. Термины и определения», термин техническое обслуживание – это комплекс операций или операция по поддержанию работоспособности или исправности изделия при использовании по назначению, ожидании, хранении и транспортировании. профилактическое обслуживание, технический уход [2].

Согласно ГОСТ 20911-89 «Техническая диагностика. Термины и определения», термин техническая диагностика – это область знаний, охватывающая теорию, методы и средства определения технического состояния объектов. Техническое диагностирование – это определение технического состояния объекта. Так же допускается использование терминов – диагностика, диагностирование [3].

В спасательных воинских формированиях МЧС России (СВФ МЧС России) применяется плано-предупредительная система диагностирования и ТО аварийно-спасательной техники, которая предусматривает обязательное выполнение с заданной периодичностью установленного комплекса работ на всех этапах эксплуатации техники.

Своевременное и качественное диагностирование и техническое обслуживание является важнейшим элементом эксплуатации робототехнических средств и должно соответствовать требованиям инструкции завода-изготовителя. Диагностирование и ТО должно обеспечивать:

- а) постоянную готовность РТС к использованию и поддержание их надежности на заданном уровне без значительных экономических затрат;
- б) безопасность проводимых работ ТО и ремонта;
- в) устранение причин, вызывающих преждевременный износ, старение, разрушение, отказы и повреждения составных частей и механизмов РТС;
- г) значительно снизить расход запасных частей и эксплуатационных материалов;
- д) определение действительно необходимого объема работ по ТО и текущему ремонту (ТР) РТС и сокращение трудозатрат на их выполнение;
- е) безотказную работу РТС в течение установленных межремонтных ресурсов и сроков их службы до ремонта и списания;
- ж) выявление и предупреждение отказов и неисправностей РТС;
- з) минимальный расход горючего, смазочных и других эксплуатационных материалов [1].

Плано-предупредительная система основана на обязательном выполнении операций диагностирования и ТО, то есть выполнение профилактических операций принудительно в полном объеме строго по плану, а также в случаях, когда в их проведении возникает необходимость.

Диагностирование и ТО РТС в СВФ МЧС России, как правило, проводится сторонней специализированной организацией, имеющей лицензию на осуществление указанного вида деятельности. Кроме того, при наличии необходимой материально-технической базы и подготовленного персонала диагностирования и ТО может проводиться непосредственно силами личного состава учреждения.

Качество выполненного диагностирования и ТО РТС должно проверяться с использованием диагностических средств и измерительного инструмента.

Диагностирование и ТО шасси РТС совмещается с соответствующим по пробегу (времени) диагностирования и ТО (регламентом) установленных на них оборудованием и механизмов.

При несовпадении периодичности равнозначных по объему видов диагностирования и ТО, оборудования, механизмов и шасси РТС периодичность диагностирования и ТО шасси устанавливается такой же, что и для установленного на нем оборудования и механизмов. Изменение периодичности диагностирования и ТО шасси допускается только в сторону уменьшения (сокращения) периодичности.

Для проведения диагностирования и ТО шасси РТС при необходимости может привлекаться личный состав экипажа (расчета) [4].

Анализ показывает, что организация диагностирования и ТО РТС в зарубежных странах, как правило, осуществляется специализированными фирмами-дилерами. В производственном отношении они тесно связаны с фирмами, выпускающими технику, но имеют и собственные производственные мощности, со стационарными постами по ремонту и обслуживанию, а также передвижными станциями по проведению ремонтно-профилактических работ.

Специалисты фирм-дилеров проходят в фирмах-изготовителях учебу на семинарах, которые проводятся 3 раза в год.

Оперативная связь между специалистами этих предприятий обеспечивается прямыми телефонными консультациями при сложных поломках техники.

Дилеры имеют определенный комплект запасных частей, которые продаются в среднем в 2 раза дороже по сравнению со стоимостью, заложенной в новую технику. После снятия машины с производства дилер снабжается запасными частями еще семь лет.

Зарубежные фирмы обеспечивают высокий уровень обеспечения работоспособности выпускаемых машин. Это связано с чрезвычайно высокими финансовыми и престижными потерями фирмы, что может привести к потере рынка сбыта новой техники. В США 83% фирм обеспечивают запасными частями потребителей в течение суток, остальные – в течение 48 часов. Многие фирмы имеют локальные склады запасных частей в различных районах потребления техники. Эти склады обеспечиваются на 67% запасными частями, изготавливаемыми на фирмах – изготовителях техники. Запасные части изготавливаются, как правило, на тех же линиях, где производится комплектное оборудование.

Многие фирмы работу по расширению рынков сбыта своей техники проводят через подготовку кадров по ее технической эксплуатации, строительство баз по обслуживанию и ремонту и через разветвленную сеть по хранению и доставке запасных частей и сборочных единиц, а также поддержание необходимого уровня научно-конструкторских разработок [5].

Сервисные центры по обслуживанию РТС в Российской Федерации представлены в малом количестве, а именно:

1. Три сервисных центра по обслуживанию РТС Шведской фирмы «Brokk AB». Один в г. Москва, два в г. Санкт-Петербург.
2. Одна организация по сервисному обслуживанию РТС Хорватской фирмы DOK-ING Ltd., в Московской области.

В подразделениях СВФ МЧС России на вооружении в основном стоят робототехнические средства зарубежных производителей. На данный момент, не достаточное количество специализированных фирм-дилеров по диагностированию и техническому обслуживанию зарубежных моделей робототехнических средств и не доста-



точное количество подготовленных в этой области специалистов из числа личного состава спасательных воинских формирований МЧС России, а также учитывая трудности в подготовке таких специалистов, сильно затрудняет поддержание необходимого уровня технической готовности робототехнических средств этих подразделений.

Так же, не мало важным фактором, влияющим на поддержание необходимого уровня технической готовности РТС подразделений СВФ МЧС России является различие между отечественной – планово-предупредительной системой диагностирования и ТО техники и зарубежной системой диагностирования и ТО техники – основанной на тесной взаимосвязи между специализированными фирмами-дилерами и фирмами, выпускающими технику.

В связи со всем вышесказанным можно сделать вывод, что несмотря на основной недостаток планово-предупредительной системы – неоптимальность видов, объемов и периодичности для отдельных РТС – на сегодня она является единственным механизмом, позволяющим управлять технической готовностью машин, в том числе РТС, в подразделениях СВФ МЧС России. Основу такой системы составляют нормативы по режимам технического обслуживания и текущего ремонта техники [6], разработанные с использованием статистических данных, полученных несколько десятилетий назад. Совершенно очевидно, что за этот период развитие техники шагнуло далеко вперед. Появились новые виды техники, в том числе РТС, новые тенденции в проведении диагностирования и ТО всех видов техники, в числе которых можно выделить следующие.

Во-первых, увеличение надежности и, соответственно, межремонтных наработок является прогрессирующим процессом, который учитывался в нормативах. Однако за последние три десятилетия кардинально изменилась структура парков, конструкция машин, условия эксплуатации, экономические условия, которые повлияли на техническую эксплуатацию техники, в том числе РТС. Такие изменения не нашли отражения в нормативной базе, в результате чего стали преобладать субъективные подходы к технологическому проектированию организаций.

Во-вторых, виды, объемы и периодичность устанавливаются по нормативам Положения [4], которые не соответствуют показателям надежности новых марок машин, РТС в нем вообще не указаны. С другой стороны, определение момента для проведения очередного диагностирования и ТО зависит от различных факторов, зачастую противоречащих друг другу. Эта противоречивость является исходной предпосылкой для разработки методов поиска более обоснованных вариантов определения видов, объемов и периодичности диагностирования и ТО.

В-третьих, превентивные меры, составляющие основу существующей политики технической эксплуатации, сформировались в до рыночных условиях при действовавших в тот период соотношениях цен на эксплуатационные затраты. Концепция планово-предупредительной системы диагностирования и ТО была создана именно для таких условий, поэтому нормативы и регламенты, которые на сегодня применяются, не соответствуют реальным показателям надежности и часто приводят к недоиспользованию межремонтного ресурса. В современных экономических условиях требуются новые подходы к определению нормативов, видов, объемов и периодичности и, в целом, формированию стратегий диагностирования и ТО существующих РТС.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Подчинок В.М. Эксплуатация военной автомобильной техники. Министерство обороны РФ Главное автобронетанковое управление, Рязань 1995. – 626 с.
2. ГОСТ 18322-78 Система технического обслуживания и ремонта техники. Термины и определения (с Изменениями N 1, 2).
3. ГОСТ 20911-89 Техническая диагностика. Термины и определения.
4. Приказ МЧС России от 18.09.2012 № 555 «Об организации материально-технического обеспечения системы МЧС России».
5. www.stroy-technics.ru, Особенности организации ТО и ремонтов в современных условиях в России и за рубежом. Строительные машины и оборудование, Справочник, 2007-2017.
6. Положение о техническом обслуживании и ремонте подвижного состава автомобильного транспорта. Минавтотранс, РСФСР. - М.: Транспорт, 1986. - 86 с.

УДК 622.232

*Л. В. Лукиенко*

ФГБОУ ВО «Тульский государственный педагогический университет им. Л.Н. Толстого»

**УЧЁТ ОСОБЕННОСТЕЙ РАБОТЫ ТЯЖЕЛО НАГРУЖЕННЫХ ЗУБЧАТО-РЕЕЧНЫХ ПЕРЕДАЧ С РАДИУСНЫМ ПРОФИЛЕМ ПРИ ИХ ИЗГОТОВЛЕНИИ**

В работе представлены результаты изучения особенностей работы тяжело нагруженных зубчато-реечных передач с радиусным профилем зуба колеса и описана специфика их изготовления.

**Ключевые слова:** зубчато-реечные передачи, технология изготовления, реечный тяговый орган.

*L. V. Lukienko*

**ACCOUNTING OF FEATURES OF WORK OF HARD LOADED GEAR RACK-AND-PINIONS WITH THE RADIAL CROSS-SECTION AT THEIR PRODUCTION**

In work results of studying of features of operation of hard loaded gear rack-and-pinions with a radial cross-section of a wheel are presented and specifics of their production are described.

**Keywords:** gear rack-and-pinions, manufacturing techniques, rack section.

Для перемещения тяжело нагруженных ответственных технологических машин (очистные комбайны, стволотранспортные комплексы, машины для бестраншейной прокладки труб, монорельсовые дороги, механизм подъёма электровозов на уклон) находят применение крупномодульные (от 31,85 мм до 47, 746 мм) зубчатые колёса

[1]. При их изготовлении возникают немалые проблемы, связанные с недостатком оборудования для производства крупномодульных колёс [2]. На практике используют технологичный радиусный профиль зацепления (двигатели зубчато-реечных систем перемещения очистных комбайнов) и применение станков с числовым программным управлением. Для работы механизмов перемещения тяжело нагруженных технологических машин, кроме колеса необходим тяговый орган, например, рейка, жёстко закреплённая на неподвижных направляющих. Обкатываясь по рейке, колесо перемещает рабочую машину в необходимом направлении.

При проектировании реечных тяговых органов [3] проектировщикам приходится решать сложную многофакторную задачу, при решении которой вопрос технологичности изготовления [4] зачастую уходит на второй план. Между тем, именно этот вопрос играет первостепенную роль при организации производства разработанной конструкции. Поэтому, целью работы было провести качественную оценку конструктивных вариантов зубчато-реечных двигателей с точки зрения технологичности их изготовления и разработка рекомендаций по применению наиболее технологичного способа изготовления.

Рейка РКД (шаг зацепления 138 мм, угол зацепления  $8^{\circ}$ ) представляет собой полосу проката толщиной 60 мм из стали 35ХГСА, из которой плазменной резкой-формирована секция зубчатой рейки длиной 1500 мм, оснащённая по краям крепёжными отверстиями. Последовательно соединяя секции с помощью П-образных проушин, монтируют реечный став на навесном оборудовании забойного конвейера. Фиксация звеньев реечного става от осевого смещения при эксплуатации произведена посредством пальцев, оснащённых шплинтами. Таким образом, затраты на механическую обработку зубчатого звена рейки РКД минимальны.

Особенностью стали 35ХГСА [7], которая достаточно хорошо обрабатывается резанием, является повышенная чувствительность к концентраторам напряжения: детали из этих сталей работают надёжно только в том случае, если приняты все меры к уменьшению концентраторов напряжения, водородной хрупкости, устранению склонности к замедленному разрушению. Второй её особенностью является зависимость предела выносливости от предела прочности, причём, с повышением предела прочности уменьшается предел выносливости высокопрочных сталей. Изготовление реечного звена осуществляется методом плазменной резки из полосы соответствующего размера, позволяющей получить одновременным раскроем за один ход плазмоторна две заготовки звеньев, при незначительных потерях отходов, в основном, в виде расплавленного металла.

Применение плазменной резки при высокой плотности и мощности излучения позволяет обеспечить высокопроизводительную интенсивную технологию резки путём нагрева металла до точки плавления и его выдувания из зоны резания, что позволяет получать высокое качество поверхности реза. Причем ширина реза составляет порядка 2 мм, практически не зависит от рода металла и уменьшается с увеличением скорости резки. После вырезки заготовка подвергается улучшению когда структура состоит из продуктов распада мартенсита, что дает эффект сочетания высших прочностных и пластичных свойств металла рейки, а, следовательно, её высокие эксплуатационные показатели.

Рейка ЗБСП (шаг зацепления 100 мм, диаметр цевок 50 мм), состоит из двухполозной направляющей угловой конструкции специального профиля, которая при работе воспринимает силу тяжести перемещаемой технологической машины.

В вертикальных бортах этих направляющих выполнен ряд отверстий с шагом 100 мм, в которых закрепляются сваркой полуавтоматической в среде углекислого газа цилиндрические цевки рейки. Нижний пояс, рассматриваемой угловой конструкции усилен полосой металла по всей длине рейки для восприятия усилия подачи очистного комбайна закреплённой на корпусе сваркой. Кроме того, короткая полка угловой направляющей подвергается с рабочей стороны плазменной закалке на глубину 1-2 мм до HRC 40-70 при  $R_z$  320. Цилиндрические отверстия, выполненные по краям направляющей угловой конструкции, предназначены для соединения секций между собой при сборе реечного става.

Общая длина реечного става, сформированного из цевочных реек 2УКПК (шаг зацепления 100 мм, диаметр цевки 50 мм, материал цевки – сталь 40Х), предназначенных для перемещения тяжёлых очистных комбайнов, формируется из отдельных звеньев, скреплённых между собой замком специальной конструкции, который закреплён на навесном оборудовании скребкового конвейера. Звено рейки 2УКПК изготовлено из двух полос, соединённых между собой в две параллельные направляющие, расстояние между которыми и параллельность обеспечивается мерными по длине и короткими по ширине пластинами, а жесткость наружной направляющей – продольной пластиной приваренной перпендикулярно по нижнему поясу и снабженной двумя ребрами жесткости в виде треугольных косынок. Противоположная (внутренняя) направляющая усилена гнутым профилем в виде тупого уголка, одной стороной приваренного непосредственно к направляющей. Пальцы рейки закреплены в гнездах направляющих сваркой.

Для соединения звеньев в общую рейку сконструирован замок («рычаг»), снабженный двумя пальцами закрепленными в направляющих и двумя отверстиями, для связи со стыкуемыми звеньями. Внутренняя часть замка имеет пластину жесткости, снабженную четырьмя ребрами с отверстиями для центровки с отклонением от соосности не более 0.5 мм. Противоположная, наружная полка замка снабжена полосой жесткости в два раза больше толщины и имеющей сложный контур, к которой с внешней стороны приварена одна центрирующая втулка, также достаточно сложной формы и закрепляемая сваркой в строго определённом положении относительно базовой детали. Пальцы замка представляют собой ступенчатый валик с буртами для фиксации направляющих и связанных с ними сваркой.

Для реек ЗБСП и 2УКПК, где используется электродуговая сварка в защитных газах и ручная электродуговая покрытым электродом, имеет место наличие достаточно широкой зоны термического влияния сварного шва. Это способствует появлению сварочных деформаций и напряжений во время процесса производства самих работ, и, что особенно существенно, после полного остывания соединения. Кроме того, температурные поля оказывают непосредственное влияние на металлургические процессы при сварке, что сказывается на прочности. Поэтому сварку высокопрочных сталей следует сопровождать предварительным, сопутствующим и последующим подогревом свариваемых деталей для получения более надёжного соединения столь ответственной конструкции рейки.

Говоря об изготовлении сварной металлоконструкции реечной секции не следует забывать о том, что при её сборке необходимо обеспечивать симметрию и взаимные перпендикулярность и параллельность полок и стенок, прижатие деталей друг к другу и последующие закрепление прихватами, а затем контрольную операцию и только потом окончательную сварку всей конструкции.

Для фиксации заготовок при сборке сварных коробчатых конструкций приходится использовать сборочные кондукторы специального назначения.

При производстве реек ЗБСП и 2УКПК требуется изготовление нескольких специальных конструкций кондукторов и стапелей, что существенно удорожает стоимость конечного продукта и снижает его технологичность.

Как известно, показатели качества, характеризующие точность машины, обеспечиваются соответствующими показателями точности отдельных деталей, входящих в сборочные единицы. Надёжность и долговечность машин обеспечиваются такими показателями прочности отдельных деталей, как твердость рабочих поверхностей, их износостойкость, изгибная прочность, а также конструктивная форма и их размеры. Прочность детали, в первую очередь, зависит от материала, из которого она изготовлена. Все точностные и прочностные показатели качества продукции должны быть обеспечены соответствующей технологией.

Главными источниками погрешностей при изготовлении зубчатого колеса и рейки являются: неодинаковые линейные размеры и объемы различных частей деталей, что особенно важно при использовании тепловых технологических процессов; недостаточная надёжность колеса и рейки, приводящая к прогибам под действием внешних сил и термической обработки; фазовые превращения структуры при термическом воздействии – изменение удельного объёма сердечника детали; изменение удельного объёма поверхностного слоя при образовании закалочных структур; погрешности размеров и формы деталей после механической обработки; напряжённое состояние материала детали: глубина и степень механического наклёпа; полная или частичная релаксация остаточных напряжений, возникающих в ходе заготовительных операций (прокатка, ковка, штамповка).

Рассмотрим конструктивные особенности и технологию изготовления цевочного узла с вышеперечисленных позиций. Начнём со звена рейки. Конструкция предполагает использование для изготовления реечного звена стали 30 ХГСА. В качестве исходной заготовки предложим листовую материал, толщиной 60 мм, полученного в виде горячекатанного проката обычной точности в нормализованном состоянии с твёрдостью 280-321 НВ. Сталь 30ХГСА относится к улучшенным среднелегированным сталям, обладающая достаточно высокой прокаливаемостью и поэтому после изготовления рейки детали должны быть подвержены улучшению с целью получения структуры зернистого сорбита с твёрдостью порядка 280-321 НВ, что нельзя гарантировать, применяя в качестве заменителя конструкционные стали 45 и 30Г.

Наибольшая точность размеров соответствует девятому качеству. Наличие шлицевого внутреннего контура ступицы и радиусного зуба венца несколько снижает технологичность конструкций. Коэффициент использования материала составляет порядка 68-70%, что можно считать приемлемым для условий мелкосерийного производства.

Несколько снижает технологичность изготовления приводного колеса необходимость проведения цементации всей детали и последующей её термической обработки для получения твердости поверхности зуба и шлицев порядка HRC 57-63. Это несущественно влияет на изменение шероховатости исполнительных поверхностей детали и не требует последующей отделочной механической обработки.

Таким образом, сравнивая технологию изготовления реечного звена и приводного колеса с изготовлением аналогичных деталей [1] можно с удовлетворением отметить явные преимущества описанной нами технологии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Геллер Б.М., Лукиенко В.Г., Семёнов Ю.Н. Бесцепные системы подачи очистных комбайнов – М.: Недра, 1988. – 152 с.
2. Кондрахин В.П., Косарев В.В., Стадник Н.И. Электрические механизмы перемещения очистных комбайнов. – Донецк: Технопарк ДонНТУ УНИТЕХ, 2010. – 257 с.
3. Горбатов П.А. Горные машины для подземной добычи угля. Донецк: Норд Компьютер, 2006. – 669 с.
4. Мирошниченко О.А. Технологическое обеспечение элементов колёсно-речных движителей: дис. ... ДонНТУ, Донецк, 2010.
  - а. Стационарные и тормозные режимы работы бесцепных систем перемещения очистных комбайнов / В.А. Бреннер, К.А. Головин, Т.В. Ковалёва, Л.В. Лукиенко, А.Е. Пушкарёв. Тула: Изд-во ТулГУ, 2007. 220с.
5. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х томах / Под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. – 4-е изд. Перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1986.
6. Марочник сталей и сплавов / В.Г. Сорокин, А.В. Волосникова, С.А. Вяткин и др. – М.: Машиностроение, 1989 – 640 с.

УДК 62-762.89

*А. А. Ляпин, Е. А. Бушковский, А. Н. Мальцев*

ФГБОУ ВО «Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России»

**ПОВЫШЕНИЕ НАЕЖНОСТИ НАСОСОВ ПОЖАРНЫХ АВТОМОБИЛЕЙ  
МОДЕРНИЗАЦИЕЙ УПЛОТНИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ**

В данной работе предложено использование КМЖУ, применяемых в насосах пожарных автомобилей.

**Ключевые слова:** уплотнительное устройство, манжета.

*A. A. Lyapin, E. A. Buchkowski, A. N. Maltsev*

**INCREASE NEJNOSTI PUMPS FIRE-FIGHTING VEHICLES MODERNIZATION  
SEALING DEVICES**

In this paper, we propose the use of KMGU used in the pumps of fire trucks.

**Keywords:** Sealing device, cuff.

Пожарные насосы занимают особое место среди технических средств пожаротушения. Они предназначены для забора огнетушащих средств и подачи их в очаг пожара с необходимой интенсивностью. От конструктивного совершенства и технических параметров пожарных насосов во многом зависит успешное выполнение поставленных задач, связанных с тушением пожаров.

Увеличение КПД центробежных насосов достигается применением уплотнений. Принцип их действия основан на создании повышенного гидравлического сопротивления в направлениях возможных перетоков и утечек. По этому признаку уплотнения центробежных насосов разделяются на бесконтактные и контактные.

В бесконтактных уплотнениях гидравлическое сопротивление создается благодаря применению многократно чередующихся последовательно расположенных щелей и расширительных камер; при этом контакт между поверхностями подвижных и неподвижных деталей не образуется.

Двигаясь через зазоры, жидкость неоднократно меняет направление, теряет скорость в местах расширений, т.е. имеют место существенные потери давления как по длине, так и в местных сопротивлениях. Соответственно, расход перекачиваемой жидкости через уплотнение невысок. Уплотнения бесконтактного типа называются лабиринтными. В центробежных насосах лабиринтные уплотнения устанавливаются между его нагнетательной и всасывающей камерами, между соседними ступенями в многоступенчатом насосе, в разгрузочном устройстве.

Однако, как отмечалось выше они не всегда обеспечивают необходимые рабочие характеристики. Поэтому для повышения надежности, необходимо провести исследование конструкций образцов пожарной техники и выявить возможные пути ее модернизации путем замены существующих уплотнительных устройств на нетрадиционные. Следует отметить, что широкое применение магнитожидкостных уплотнений (МЖУ) в пожарной технике ограничено низким рабочим перепадом давлений при котором допускается их эксплуатация и интенсивным вымыванием магнитной жидкости из рабочего зазора при герметизации жидких сред. Поэтому, наиболее перспективным здесь является использование комбинированных магнитожидкостных уплотнений (КМЖУ). В таких уплотнениях сочетаются достоинства традиционных и магнитожидкостных уплотнений и взаимокompенсируются их недостатки.

Анализ уплотнительных устройств пожарной техники проводился исходя из предпосылки о замене их комбинированными магнитожидкостными уплотнениями. Были проанализированы конструкции ряда насосов. Для анализа конструкций использовалась документация поставляемая в комплекте с оборудованием. По выполняемым функциям уплотнения пожарных насосов можно разделить на две основных категории: 1. уплотнения рабочей среды, 2. уплотнения защищающие опорно-подшипниковые узлы.

Анализ показал, что в качестве уплотнений рабочей среды в рассмотренных агрегатах используются торцовые уплотнения. Применение торцовых уплотнений обусловлено высоким давлением и наличием в перекачиваемой воде загрязнений.

Для защиты подшипников преимущественно применяются манжеты. Такие уплотнения могут быть заменены на КМЖУ. В результате модернизации можно значи-

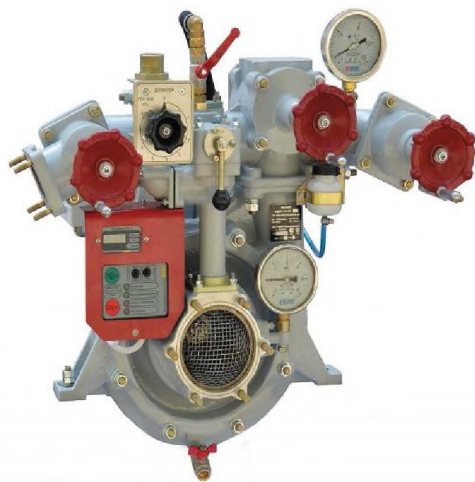


Рис. 1. Насос центробежный НЦПН-40/100М

тельно снизить количество отказов пожарных насосов за счет повышения надежности уплотнительных узлов.

При анализе конструкций уплотнений применяемых в пожарной технике установлено, что основными типами уплотнений применяемых в пожарных насосах являются торцовые уплотнения и манжетные уплотнения. Уплотнения выполняют функции герметизации рабочей среды и защиты опорно-подшипниковых узлов. Для герметизации рабочей среды (перекачиваемой воды) применяются торцовые уплотнения. Для герметизации опорно-уплотнительных узлов применяются манжетные уплотнения. В пожарных насосах возможно применение комбинированных магнито-жидкостных уплотнений. Применение КМЖУ позволит повысить работоспособность пожарной техники.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Уплотнения и уплотнительная техника : Справочник / А.А. Кондаков, А.И. Голубев, В.Б. Овандер и др.; Под общ. ред. А.И. Голубева, Л.А. Кондакова. - М.: Машиностроение, 1986- 464 с.
2. Голубев А.И., Кукин Г.М., Лазарев Г.Е., Чичинадзе А.В. Контактные уплотнения вращающихся валов. - М.: Машиностроение, 1976.- 264 с.
3. Комиссар А.Г. Уплотнительные устройства опор качения.- М.: Машиностроение, 1980 - 200 с.
4. Подшипник качения с магнитожидкостным уплотнением Топоров А.В., Топорова Е.А., Пучков П.В., Киселев В.В., Дашков Д.И. патент на полезную модель RUS 100165 23.07.2010

УДК 621.311

*Е. П. Милосердов, А. А. Кузнецов, А. А. Мукучян*

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

#### **ПОДДЕРЖКА ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПО ВЫБОРУ РЕЖИМОВ В СИСТЕМАХ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ**

В статье описаны концепции применения оперативно-диспетчерским персоналом электроэнергетических систем автоматизированных систем поддержки принятия решений. Системы предполагается применять вне контура управления для выбора наиболее рациональных режимов работы с наилучшими экономическими показателями.

**Ключевые слова:** Поддержка принятия решений, Системы электроснабжения.

*E. P. Miloserdov, A. A. Kuznetsov, A. A. Mukuchyan*

#### **SUPPORT FOR ADOPTION OF ADVICE FOR SELECTING MODES IN ELECTRICAL SUPPLY SYSTEMS**

The article describes the concepts of the application of the electric power systems of automated decision support systems by operational dispatch personnel. The systems are supposed to be



applied outside the control loop to select the most rational operating modes with the best economic indicators.

**Keywords:** Decision Support, Power Supply Systems

В соответствии с действующими в настоящее время правилами [1]: «электроэнергетический режим энергосистемы» - единый процесс производства, преобразования, передачи и потребления электрической энергии в энергосистеме и состояние объектов электроэнергетики и энергопринимающих установок потребителей электрической энергии (включая схемы электрических соединений объектов электроэнергетики). По тем же правилам «диспетчерское управление» - организация управления технологическими режимами работы и эксплуатационным состоянием объектов электроэнергетики или энергопринимающих установок потребителей электрической энергии с управляемой нагрузкой, при которой технологические режимы работы или эксплуатационное состояние указанных объектов или установок изменяются только по оперативной диспетчерской команде диспетчера соответствующего диспетчерского центра. Таким образом, управление электроэнергетическим режимом энергосистемы может осуществляться одним субъектом оперативно-диспетчерского управления или несколькими субъектами оперативно-диспетчерского управления, находящимися в соподчинении, то есть являющимися вышестоящими и нижестоящими по отношению друг к другу. На каждом из таких уровней оперативный персонал имеет разные полномочия и технические возможности по управлению электроэнергетическими режимами энергосистемы.

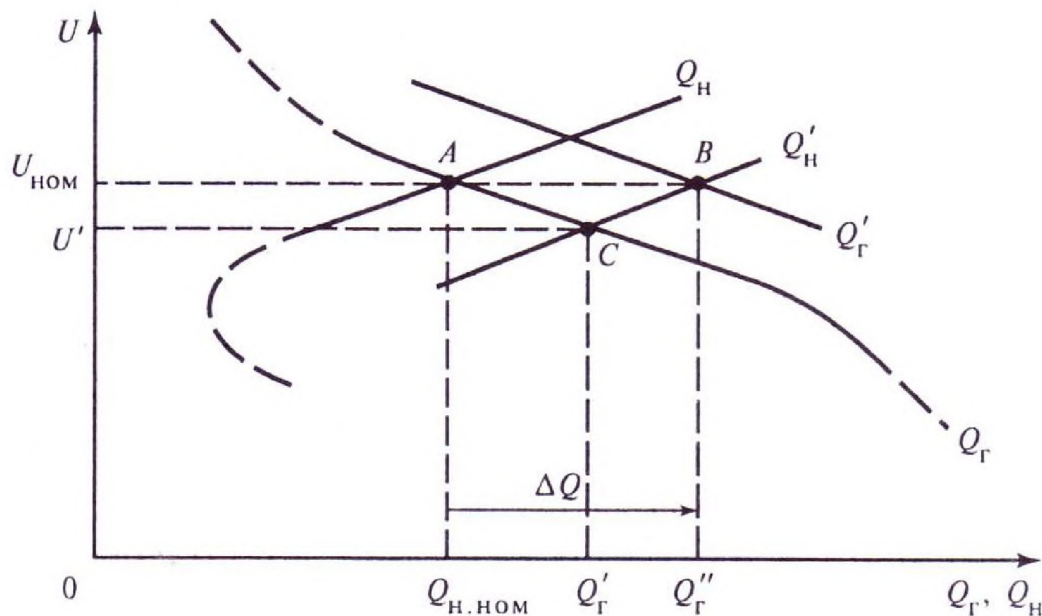
До начала 90-х годов в рамках Единой энергосистемы России существовали жесткие регламенты оперативно-диспетчерского управления, в рамках которых выбор режимов электроснабжения предусматривался на верхних уровнях управления энергосистемой, а на нижние уровни возлагались функции поддержки этих режимов. Такой подход безусловно способствовал повышению надежности электроснабжения, но был далеко не всегда экономически целесообразен как для энергосистемы в целом, и особенно для входящих в нее энергетических предприятий. В связи с реформой электроэнергетики, выделении отдельных самостоятельных энергетических предприятий, осуществляющих генерацию, передачу и распределение электрической энергии, концепции управления электроэнергетическими режимами были пересмотрены. На всех уровнях управления энергосистемой приоритетными показателями при выборе режимов стали экономические показатели, а требования по надежности стали рассматриваться как обязательные ограничения. Поскольку экономические показатели при выборе режимов не поддерживаются автоматикой управления энергосистем, оперативный персонал на разных уровнях должен самостоятельно принимать решения по выбору наиболее рациональных режимов. С этой точки зрения целесообразно разрабатывать и применять, размещаемые вне контура управления, автоматизированные системы поддержки принятия решений. [2]

На каждом уровне управления такие системы будут содержать различные компоненты. Предполагается, что при выборе режима оперативный персонал может выбирать источники мощности, регулировать уровни напряжений в узлах нагрузки (естественно оставаясь в пределах, ограниченных стандартами) изменять генерируемую и потребляемую реактивную мощность с учетом технических возможностей средств регулирования, изменять схемы электроснабжения для уменьшения потерь энергии.

Рассмотрим математические модели, позволяющие осуществлять выбор источников полной мощности в системах электроснабжения и учитывать реактивную мощ-

ность. В первую очередь оперативный персонал имеет возможность подключать или отключать источники электроснабжения. В качестве источников электроснабжения к узлам нагрузки могут подключаться через трансформаторы воздушные линии различного напряжения, кабельные линии, подключенные к шинам генераторного напряжения близкорасположенных ЭС, а также подстанции, подключенные к магистральным и распределительным сетям. Для того чтобы каждой комбинации мощностей нагрузок подобрать наиболее рациональную комбинацию источников электроснабжения предлагается общеизвестная модификация «модели рюкзака». Поскольку каждый источник электроснабжения, подключенный к узлу нагрузки имеет различную удельную стоимость электроэнергии, совокупную мощность потребления следует набирать как комбинацию источников с минимальными удельными стоимостями электроэнергии. При этом суммарная мощность источников должна быть не меньше мощности нагрузки. Существует несколько алгоритмов набора источников по таким условиям, при небольшом числе источников вполне приемлемым является алгоритм полного перебора.

Однако из практики управления режимами электроснабжения известна большая роль баланса генерируемой и потребляемой реактивной мощности [3]. Любое нарушение этого баланса неизбежно сопровождается изменением напряжения. Если в процессе изменения напряжения вновь наступит баланс, то изменение напряжения прекратится. Если же условия для нового баланса оказываются невозможными, что обычно бывает при значительных дефицитах реактивной мощности, то процесс изменения напряжения в узле приобретает лавинообразный характер, получивший название «лавина напряжения».



**Рис. 1.** Статические характеристики генерируемой  $Q_{Г}$  и потребляемой  $Q_{Н}$  реактивных мощностей в узле электрической сети

Условию баланса реактивной мощности в узле электрической сети соответствует точка А пересечения характеристик  $Q_{Г}$  и  $Q_{Н}$  (рис. 1) [3]. Предположим, что при этом напряжение имеет номинальное значение  $U_{ном}$ . При увеличении реактивной

нагрузки баланс нарушается и может быть восстановлен в точке С при меньших значениях  $U'$ ,  $Q'_н$ , и  $Q'_г$ . Восстановить номинальное напряжение возможно, если генерируемую реактивную мощность увеличить на значение  $dQг$  – баланс в точке В. Таким образом, необходимы средства управления генерируемой реактивной мощностью, распределенные в узлах нагрузки. К таким средствам, доступным оперативно-му персоналу, управляющему режимами в узлах нагрузки, относятся:

Синхронные двигатели – они могут генерировать реактивную мощность при повышении тока возбуждения выше номинального.

Синхронные компенсаторы – специальные синхронные двигатели без механической нагрузки.

Статические компенсирующие устройства (например батареи конденсаторов).

Трансформаторы с устройством регулирования напряжения под нагрузкой.

Если к узлу нагрузки примыкает одна или несколько линий электропередач высокого напряжения -220, 330, 500 кВ то они могут рассматриваться как генераторы реактивной мощности (зарядная мощность) и их предпочтительно использовать как источники электроснабжения.

Повышение экономичности электроснабжения достигается также уменьшением потерь в трансформаторах и линиях электропередач при изменении схем электроснабжения. Для каждого пункта управления системами электроснабжения при создании систем поддержки принятия решений необходимо предварительно просчитать возможные режимы и отобрать в порядке предпочтительности по экономическим критериям с учетом технических ограничений.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ПРАВИЛА оперативно-диспетчерского управления в электроэнергетике. (В редакции постановлений Правительства Российской Федерации от 06.05.2006 г. N 273; от 31.08.2006 г. N 530; от 16.02.2008 г. N 86; от 03.03.2010 г. N 117)

2. Управление режимами энергосистемы в рыночных условиях. Опыт ОАО «СО-ЦДУ ЕЭС» Б. И. Аюев, Москва 19 сентября 2007

3. *Коротков В. Ф.* Автоматическое регулирование в электроэнергетических системах: Издательский дом МЭИ, 2013 г.

УДК 66.047.7

*С. В. Натарева, В. Е. Иванов\*, С. В. Беляев\**

ФГБОУ ВО «Ивановский государственный химико-технологический университет»

\*ФГБОУ ВО «Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России»

#### СУШКА СЫПУЧЕГО МАТЕРИАЛА В АППАРАТЕ КИПЯЩЕГО СЛОЯ

Исследован процесс сушки кварцевого песка в сушилке кипящего слоя. Установлено влияние количества секций на процесс сушки сыпучего материала. Многосекционные сушилки кипящего слоя более эффективны по сравнению с односекционными сушилками.

**Ключевые слова:** сушка, кипящий слой.

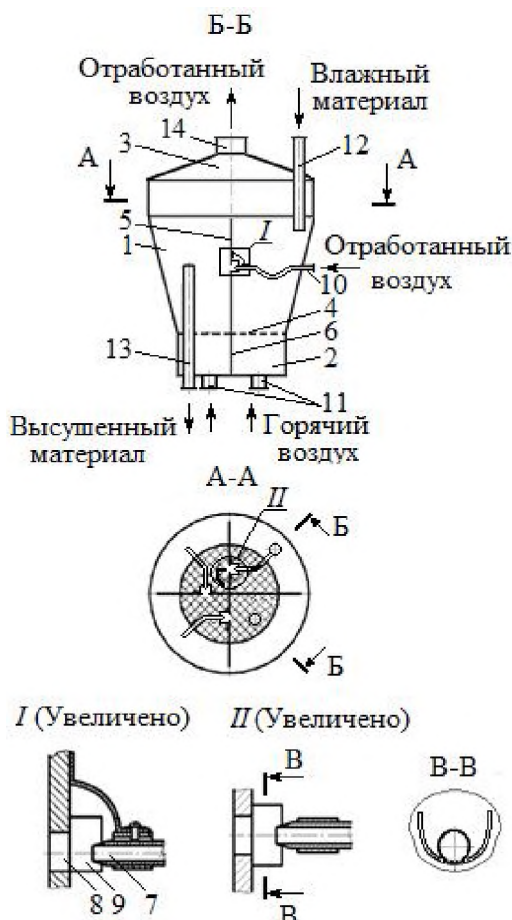
S. V. Natareev, V. E. Ivanov, S. V. Belyaev

## DRYING OF GRANULAR MATERIAL IN DEVICE OF FLUID-BED

In process of drying of quartz sand in the device of fluid bed has been investigated. The influence of sections quantity of the device on the process of drying of granular material was established. Multisection device of fluid-bed are more efficient than single-section device.

**Keywords:** drying, fluid bed.

При сушке сыпучих материалов получили широкое применение сушилки кипящего слоя, неоспоримыми преимуществами которых по сравнению с другими сушилками являются развитая поверхность контакта между частицами и сушильным агентом и интенсивное испарение влаги из материала. Кроме того сыпучий материал способен качественно псевдооживаться, а именно без пузырей, каналообразования, отложений на газораспределительной решетке и чрезмерного пылеуноса [1, 2]. К недостатку сушилок кипящего слоя следует отнести значительную неравномерность сушки, обусловленную тем, что при интенсивном перемешивании в слое время пребывания отдельных частиц существенно отличается от его среднего значения. Этот недостаток можно предотвратить путем организации направления движения слоя материала и разделения сушильной камеры на зоны. Целью данной работы является исследование влияния количества секций, образованных вертикальными перегородками, в аппарате кипящего слоя на процесс сушки сыпучего материала. Конструкция такой сушилки приведена на рис. 1.



**Рис. 1.** Четырехсекционный аппарат кипящего слоя: 1 - камера для кипящего дисперсного материала, 2 - камера для ввода горячего воздуха, 3 - камера для разделения твердой и газовой фаз, 4 - газораспределительная решетка, 5, 6 - вертикальные перегородки, 7 - инжектирующая трубка, 8 - переточное отверстие, 9 - карман, 10 - штуцер для ввода отработанного воздуха, 11 - штуцер для ввода сушильного агента, 12 - штуцер для ввода влажного материала, 13 - штуцер для вывода высушенного материала, 14 - штуцер для вывода отработанного воздуха

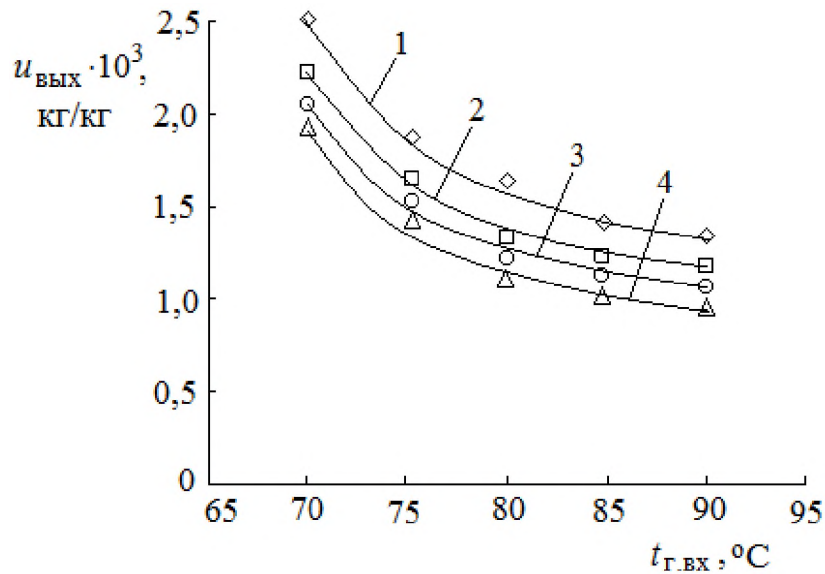
Аппарат работает следующим образом. В первую секцию по ходу движения материала камеры для кипящего дисперсного материала 1 с помощью штуцера 12 подается влажный материал. Горячий воздух подается в нижнюю часть сушилки во все секции аппарата через штуцера 11, проходит через отверстия газораспределительной решетки 4 и поддерживает над ней материал в кипящем состоянии. Частично высушенный материал в первой секции попадает в переточный карман 9 и переходит во вторую секцию через переточное отверстие 8 с помощью инжектирующей трубки 7, в которую подается часть отработанного воздуха. Аналогичным образом работают переточные устройства во второй и третьей секциях. Высушенный материал удаляется из последней секции камеры для кипящего дисперсного материала 1 через штуцер 13. В верхней части аппарата через штуцер 14 удаляется отработанный воздух, часть которого возвращается обратно в аппарат через штуцера 10.

Сушилка была изготовлена из металла, теплоизолирована листовым асбестом толщиной 10 мм и имела следующие размеры: высота аппарата – 0,6 м; диаметр газораспределительной решетки – 0,08 м; конусность корпуса –  $14^{\circ}$ . При установке определенного количества вертикальных перегородок аппарат мог иметь две, три или четыре секции. Без вертикальных перегородок аппарат представлял собой односекционную сушилку.

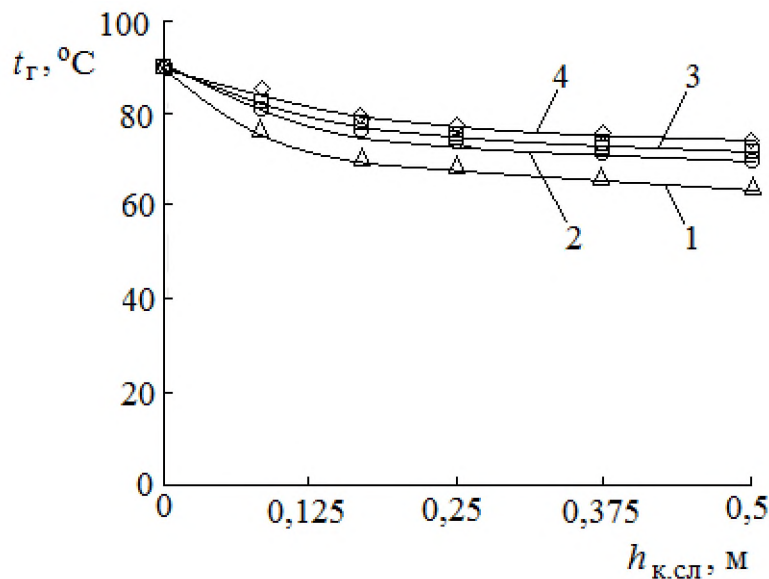
В качестве объекта исследования был выбран кварцевый песок. Средний размер частиц кварцевого песка составлял  $1 \cdot 10^{-3}$  м. Эксперименты проводили с различным количеством вертикальных перегородок и без них при следующих условиях: производительность сушилки по абсолютно сухому материалу  $G_{с.м}$  принималась  $7 \cdot 10^{-4}$  кг/с, производительность сушилки по воздуху  $L$  – 0,015 м<sup>3</sup>/с, влагосодержание песка на входе в аппарат  $u_{вх}$  – 0,14 кг/кг, температура песка на входе в аппарат  $\theta_{вх}$  – 18 °С, влагосодержание воздуха на входе в аппарат  $x_{вх}$  – 0,0092 кг/кг, высота кипящего слоя  $h_{к.сл}$  – 0,05 м, порозность кипящего слоя над газораспределительной решеткой  $\varepsilon$  – 0,6, температура теплоносителя на входе в аппарат  $t_{г.вх}$  составляла 70, 75, 80, 85 и 90 °С.

При проведении опытов в местах выхода материала из секции отбирали навески золы и определяли её влагосодержание на основании данных измерения масс влажного и высушенного материала с помощью аналитических весов. Также измеряли температуру воздуха по высоте кипящего слоя в каждой секции аппарата. Контроль температуры воздуха проводили с помощью хромель-копелевых термопар, подключенных к электронному автоматическому потенциометру КСП-4 [3]. Все измерения проводили после выхода аппарата на стационарный режим, который устанавливался, как правило, через 2 часа. Результаты экспериментальных исследований показаны на рис. 2 и 3.

На рис. 2 представлены зависимости изменения влагосодержания кварцевого песка, выходящего из аппарата, от температуры воздуха, поступающего на сушку, при различном количестве секций. Из рисунка видно, что с повышением температуры воздуха от 70 до 90 °С влагосодержание высушенного материала уменьшается в среднем в 1,8 раза. Увеличение количества секций в аппарате приводит к снижению конечной влажности материала. Например, при подаче на сушку горячего воздуха с температурой 90 °С конечное влагосодержание песка в четырехсекционном аппарате в 1,4 раза меньше, чем в односекционном аппарате. При этом 60 % влаги удаляется из материала в первой секции аппарата, а в последней секции не более 5 %.



**Рис. 2.** Зависимости изменения конечного влагосодержания кварцевого песка от температуры воздуха на входе в аппарат при различном количестве секций: 1, 2, 3, 4 – одно-, двух-, трех- и четырехсекционный аппарат соответственно



**Рис. 3.** Кривые распределения температуры воздуха по высоте секций четырехсекционного аппарата: 1 – секция 1, 2 – секция 2, 3 – секция 3, 4 – секция 4

На рис. 3 показаны кривые распределения температуры воздуха по высоте каждой секции четырехсекционного аппарата при температуре воздуха на входе в аппарат 90 °C. Из данных рисунков видно, что температура сушильного агента уменьшается по высоте аппарата. Анализ зависимостей  $t_{\text{Г}} = f(h_{\text{К.СЛ}})$ , показывает, что температура выходящего из первой секции воздуха значительно меньше, чем в остальных секциях аппарата. Это также указывает на то, что влага в основном удаляется из материала в первой секции.

Таким образом, в многосекционной сушилке температура отработанного воздуха увеличивается, а его влагосодержание уменьшается от одной секции к другой секции по ходу движения материала. При этом многосекционный аппарат является более эффективным по сравнению с односекционным аппаратом. Применение секционирования кипящего слоя вертикальными перегородками позволяет повысить равномерность сушки материала и уменьшить его конечную влажность. При этом отработанный сушильный агент из последних секций четырехсекционного аппарата, объемный расход которого составляет 25 % от общего расхода сушильного агента, рекомендуется направить обратно для проведения процесса сушки.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Натареев С.В.* Сушка дисперсных материалов в многосекционном аппарате кипящего слоя / С.В. Натареев, В.Е. Иванов, Е.Н. Венкин // Известия высших учебных заведений. Серия: Химия и химическая технология. Иваново. 2010. Т. 53. № 1. С. 129-130.
2. *Акулич П.В.* Расчеты сушильных и теплообменных установок. Минск: Беларус. навука, 2010. 443 с.
3. *Натареев О.С.* Теплоперенос в процессе конвективной сушки влажного материала / О.С. Натареев, Н.Р. Кокина, С.В. Натареев // Известия высших учебных заведений. Серия: Химия и химическая технология. Иваново. 2015. Т. 58. № 2. С. 67-72.

УДК 531.58

*М. А. Ноздрин, Н. А. Сабанеев, П. В. Суркова*

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

#### МОДЕЛИРОВАНИЕ УДАРА ТЕЛА ПО КОМПОЗИТНОМУ СЛОЮ

Рассматривается проникновение конусообразного тела в композитный слой при высокоскоростном ударе. Формируется конечно-элементная модель деформирования слоя, позволяющая получить характеристики напряженно-деформированного состояния.

**Ключевые слова:** композитный материал, высокоскоростной удар, пластическая деформация, метод конечных элементов.

*M. A. Nozdrin, N. A. Sabaneev, P. V. Surkova*

#### MODELING THE IMPACT OF THE BODY ON THE COMPOSITE LAYER

A penetration of a cone-shaped body into a composite layer under high-speed impact is considered. A finite-element model of the deformed stratum is formed, it makes possible to receive the characteristics of the stress-strain state.

**Keywords:** composite material, high-speed impact, plastic deformation, finite element method.

Одной из актуальных прикладных задач механики деформируемого тела является моделирование процесса взаимодействия твердого тела и слоя из композитного материала при динамическом взаимодействии (ударе).

Экспериментальное исследование помогает выявить основные факторы, определяющие пробивание слоя, однако баллистическое соударение определяется большим набором параметров, что в конечном итоге создает много сложностей. Эти сложности возрастают в случае композитного материала вследствие его анизотропии и множества возможных механизмов разрушения. Слой из композитных материалов обычно состоит из комбинации жестких и эластичных материалов, поэтому проектирование конкретных изделий требует большого количества сложных экспериментов.

Перспективным подходом в проектировании является комбинирование экспериментов и численного моделирования. Такой подход позволяет сократить стоимость разработки и увеличить ее продуктивность, например, с использованием ANSYS – программного комплекса нелинейного динамического анализа, который хорошо зарекомендовал себя в задачах баллистического нагружения композитов [1]. Моделирование проводится с учетом нелинейного характера ударно-волнового растяжения-сжатия, а также анизотропного разрушения с прогрессирующим разупрочнением.

Баллистическую стойкость материала характеризует кинетическая энергия тела или максимальная скорость, при которой материал еще не разрушается. Баллистический предел определяют как скорость тела, при которой вероятность полного пробития равна 50 %. Из экспериментов известно, что прочность при растяжении – самая важная характеристикой волокон, определяющая баллистическую стойкость композита. Несмотря на динамический характер нагружения, основным каналом поглощения энергии при столкновении является энергия упругого растяжения волокон.

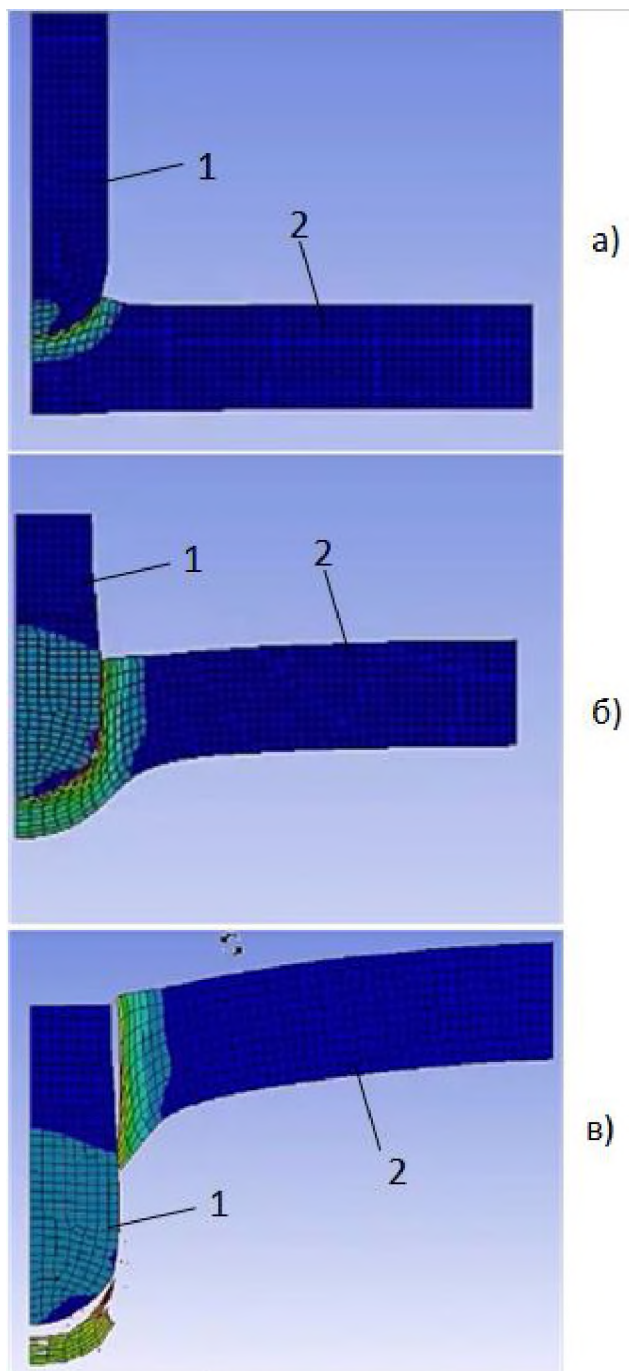
Решается задача ударного взаимодействия конусообразного тела со слоем из композитного материала. На начальной стадии моделирования основными операциями являются определение узлов сетки, введение характеристик материала и выбор граничных условий. Данный подход соответствует требованиям, предъявляемым к методам исследования процессов разрушения в конечно-элементных системах при инженерных расчетах.

Рассматриваются три стадии внедрения тела в композит (рис. 1).

Первая стадия – вдавливание. Как и в случае металлической пластины, вдавливание вызвано сжимающей силой, с которой действует тело. Эта стадия заканчивается, когда начинается разрушение волокон. Вторая стадия – перфорация: дальнейшее внедрение увеличивает поверхность контакта, что повышает сопротивление, но, с другой стороны, разрушение волокон уменьшает сопротивление материала. Разрушение волокон является доминирующим процессом [3]. Заключительная стадия - выход тела из слоя. На третьей стадии столкновения трение является единственной силой, противодействующей движению тела.

Исследуются слои различной толщины и тела различной формы и размеров. Если тело имеет тупой наконечник, то энергия рассеивается слоем гораздо быстрее, чем в случае заостренного тела. Тела, покрытые твердой металлической оболочкой, лучше сохраняют свою форму и проникают глубже, чем тела из мягких металлов [2].





**Рис. 1.** Стадии внедрения тела в композит: 1 – твердое тело; 2 – композит;  
 а – вдавливание; б – перфорация;  
 в – выход тела

Для модели слоя из композитного материала результаты вычислений полезны, если корректно учитывать ограничения и принцип работы программы ANSYS. Они дают детальное описание физических процессов и могут использоваться для выполнения расчетов, которые гораздо дешевле и быстрее лабораторных экспериментов. Особое место занимает вопрос о надежности результатов компьютерных расчетов.

Основными результатами численного расчета в программном комплексе ANSYS являются предельные значения толщины слоя в зависимости от конфигурации и материала тела, которые используются для оптимизации параметров расчета взаимодействия тела и композитного слоя.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бруйка, В.А. Инженерный анализ в ANSYSWorkbench: учеб. пособ. / В А. Бруйка. – Самара: СамГТУ, 2010. – 271 с.
2. Лёгкие баллистические материалы/ под ред. А. Бхатнагара. – М.: Техносфера, 2011. – 392 с.
3. Работнов, Ю.Н. Введение в механику разрушения / Ю.Н. Работнов М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1987. – 80 с.

УДК 624.971.4

*М. А. Ноздрин, А. В. Круглов, В. А. Лопырев*

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

## **РАСЧЕТ НА ПРОЧНОСТЬ И УСТОЙЧИВОСТЬ ЭЛЕМЕНТОВ КОНСТРУКЦИИ ТЕЛЕМАЧТЫ А330**

Рассматривается задача проверки прочности и устойчивости элементов конструкции телемачты А-330 в экстремальных ситуациях с применением программного продукта ANSYS.

**Ключевые слова:** телемачта, прочность, устойчивость, ANSYS.

*M. A. Nozdrin, A. V. Kruglov, V. A. Lopyrev*

## **CALCULATION OF STRENGTH AND STABILITY OF STRUCTURAL ELEMENTS OF THE TELECOMMUNICATION MAST A330**

The problem of strength and stability of the elements of the A-330 telecommunication mast in extreme situations with the use of the software product ANSYS.

**Keywords:** telecommunication mast, strength, sustainability, ANSYS.

В работе проводится исследование напряженно-деформированного состояния и устойчивости элементов конструкции телекоммуникационной мачты при действии ветровой нагрузки. Целью является расчет устойчивости телемачты в экстремальных ситуациях, например, в отсутствии двух смежных тросов на нижней растяжке.

Программный продукт ANSYS в области механики деформируемого твердого тела позволяет выполнять как общие расчеты, так и глубокий детализированный анализ. Инструменты моделирования ANSYS широко применяются в разных отраслях, в том числе и в строительстве. Они включают полный набор линейных и нелинейных элементов, моделей поведения материалов от металла до резины и доступ к наиболее полному набору решателей.

Телемачта под г. Галич (Костромская область) построена в 1984 году и является самой высокой неиспользуемой телемачтой на территории России (рис. 1). Высота – 360 м, для сравнения: высота МГУ им. Ломоносова со шпилем – 240 м; высота самой высокой башни «Восток» из делового комплекса небоскрёбов «Сити» в Москве – 354/360 метров. Телемачта состоит из 6 пролетов, соединенных 1000 ступеней, между которыми каждые 50 метров находятся 6 платформ. К каждой платформе крепятся три пары растяжек по четырём углам.

Производство металлоконструкций играет значимую роль в строительной индустрии. Уникальные технические свойства металла: способность противостоять длительным разнонаправленным механическим нагрузкам, устойчивость к кислотно-щелочным воздействиям – предопределили активное его использование в создании металлоконструкций различной сложности.

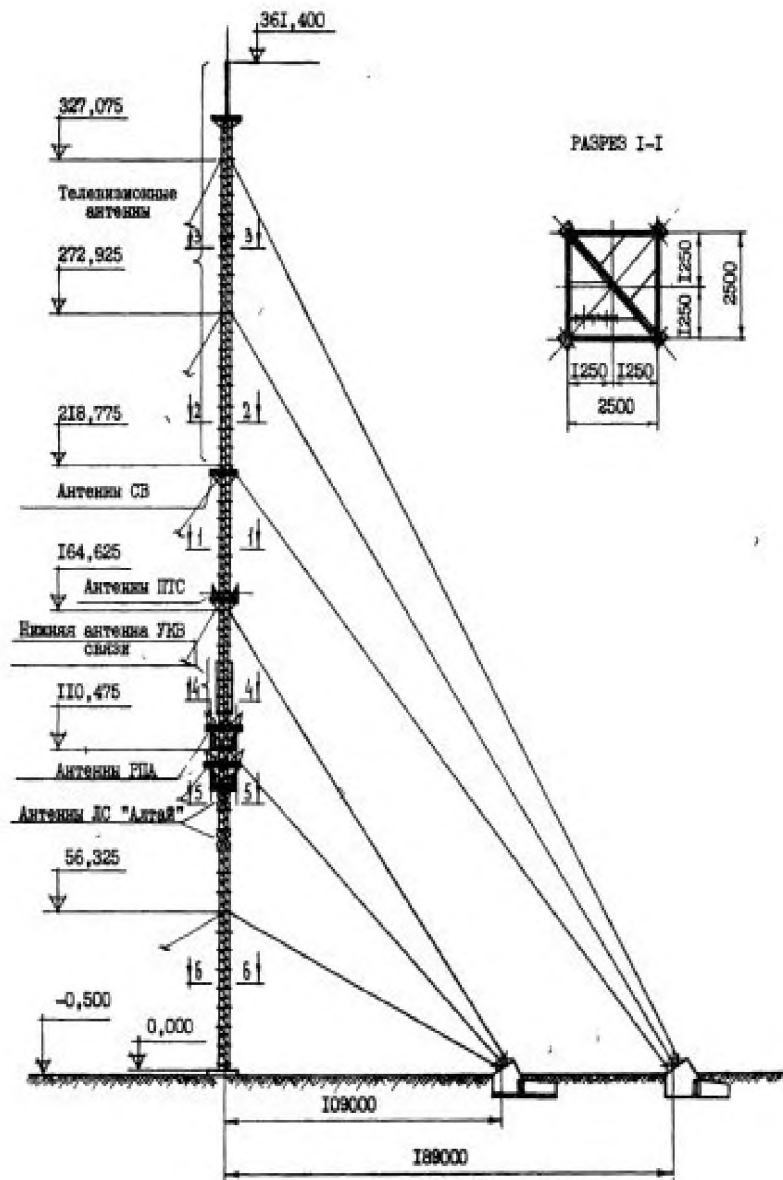


Рис. 1. Общий вид ствола мачты

Все инженерно-технические металлоконструкции: трансформируемые, сборно-разборные или стационарные, такие как мачты связи, проходят тщательный контроль на соответствие стандартам. Разработанный метод расчета может использоваться для поиска оптимальной конструкции аналогичных сооружений.

Несущая способность мачт и башен определяется не столько статической составляющей от собственного веса и веса полезной нагрузки в виде антенного оборудования, сколько влиянием этих весов на расчетную схему сооружения, его инерционные характеристики. Вес конструкции на основе конечно-элементной модели всегда оказывается несколько меньше веса реальной конструкции из-за невозможности учесть все ее геометрические особенности – вес сварных швов, болтовых соединений и т.д. [3].

Моделью телемачты является пространственная фермовая конструкция, состоящая из шести одинаковых секций (рис. 2). Элементы конструкции – трубы и швеллеры. В качестве материала конструкции была принята сталь марки С245 (одна из самых часто применяемых при изготовлении проката) [2]. Коэффициент надежности по нагрузке от собственного веса принят 1,05. Ветровая нагрузка вычисляется по СНиП 2.01.07-85\*. Для расчета принимается первый ветровой район с нормативным значением ветрового давления  $23 \text{ кг/м}^2$ , тип местности В – городские территории, лесные массивы и другие местности, равномерно покрытые препятствиями высотой более 10 м.

Постпроцессор ANSYS позволяет визуализировать результаты расчета в удобном виде [1]. Для этого применяется система непрерывных цветовых полей распределения найденных физических параметров модели. При учете особенностей построенной модели контролируются величины нормальных напряжений в поперечных сечениях стержневых элементов фермовой конструкции и эквивалентные напряжения, которые используются для оценки устойчивости и нахождения коэффициентов запаса в случае сложного напряженного состояния.

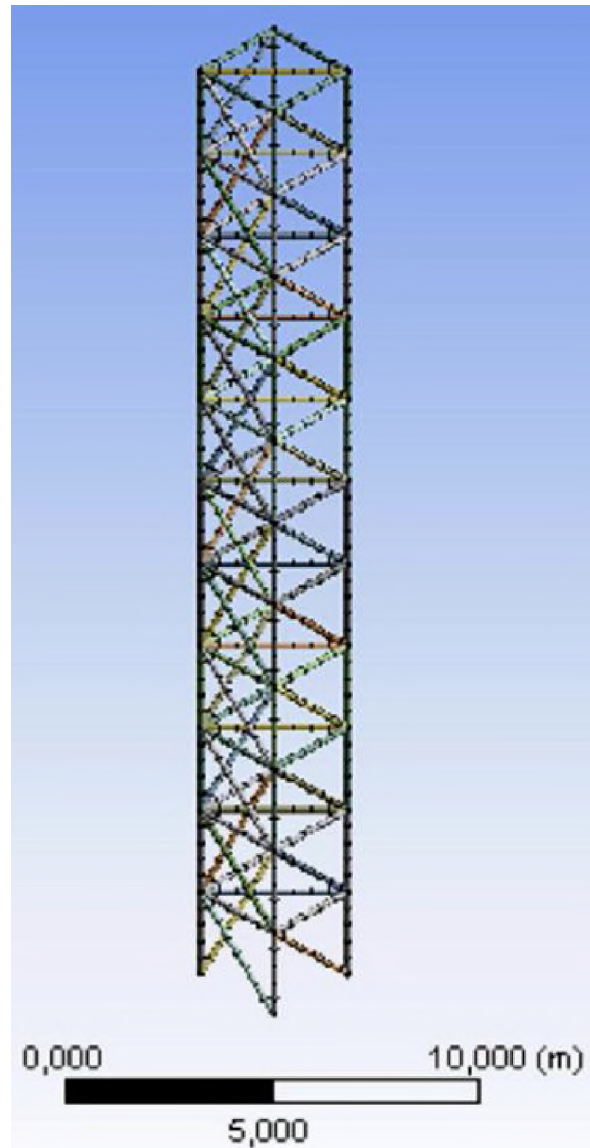


Рис. 2. Модель секции телемачты в ANSYS

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Балакирев, А.А. Конечно-элементная модель конструкции мачтового подъемника ПМФ-200 / А.А. Балакирев. – Пермский государственный технический университет. Пермь, 2010. – С. 103-109.
2. Сорокин, В.Г. Марочник сталей и сплавов / В.Г. Сорокин [и др.]. – М. Машиностроение. 1989. – 640 с.
3. Центр компьютерного инжиниринга (CompMechLab®) СПбПУ [Электронный ресурс] // <http://fea.ru/article/cae-centre-spbpu>.

УДК 621.928

*В. А. Огурцов, А. П. Алешина, Ал. В. Огурцов, Ан. В. Огурцов\**

ФГБОУ ВО «Ивановский государственный политехнический университет»

\*ФГБОУ ВО «Ивановский государственный энергетический университет»

## К РАСЧЕТУ СКОРОСТИ ДВИЖЕНИЯ СЫПУЧЕГО МАТЕРИАЛА ПО ВИБРИРУЮЩЕЙ ПОВЕРХНОСТИ ГРОХОТА

Процесс движения ансамбля частиц по вибрирующей поверхности грохота является определяющим для кинетики грохочения. Достоверное определение скорости перемещения частиц по грохоту позволяет рассчитать точное время пребывания сыпучего материала на просеивающей поверхности, степень извлечения мелких частиц из исходного материала и производительность аппарата.

**Ключевые слова:** ансамбль частиц, вибрационный грохот, скорость транспортирования, кинетика классификации, время пребывания.

*V. A. Ogurtzov, A. P. Aleshina, Al. V. Ogurtzov, An. V. Ogurtzov*

## ON CALCULATION OF VELOCITY OF BULK MATERIAL MOTION ALONG A VIBRATING SURFACE OF SCREEN

The process of motion of an ensemble of particles along the vibrating surface of the screen is decisive process for the kinetics of screening. A reliable determination of the velocity of particles moving along the screen makes it possible to calculate the exact residence time of the bulk material on the screening surface, the degree of extraction of fine particles from the initial material, and the productivity of the apparatus.

**Keywords:** particulate ensemble, vibration screen, transport velocity, kinetics of classification, residence time.

Процесс разделения сыпучего материала на крупную и мелкую фракции на вибрирующей перфорированной поверхности (грохочение) является важной составной частью технологических процессов по переработке сыпучих материалов в строительной, энергетической, химической и других отраслях промышленности. Качество этого процесса определяется степенью извлечения мелкой фракции из сыпучего сырья [1,2]. Поиск наилучших условий для достижения высокой степени извлечения нельзя вести без накладываемых ограничений на время пребывания сыпучего материала на просеивающей поверхности грохота. Время пребывания ансамбля частиц на сите грохота определяет производительность аппарата и качество продуктов отсева. Оно неразрывно связано с процессом движения сыпучего материала по вибрирующему сити.

В работе предлагается моделировать процесс движения ансамбля частиц по грохоту с помощью программы Autodesk 3ds Max, дающую возможность визуализации этого процесса. Программа позволяет численно решать дифференциальные уравнения движения частиц методом дискретных элементов и определять кинематические характеристики каждой отдельной частицы [3].

Виртуальный процесс движения частиц по грохоту показан на рис. 1. Компьютерный эксперимент проводился при следующих условиях: угол наклона сита –  $10^\circ$ , амплитуда колебаний – 5 мм, частота –  $104,7 \text{ с}^{-1}$ , что соответствует режиму работы промышленного грохота. Определялось количество частиц, сошедших с сита, за интервал времени  $\Delta t=0,2 \text{ с}$ .

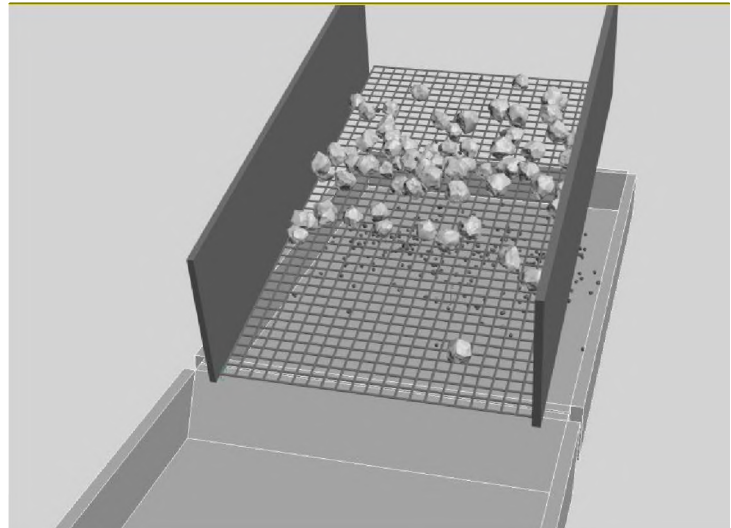


Рис. 1. Виртуальное движение сыпучего материала по вибрационному грохоту

На рис.2 построена кумулятивная кривая, которая описывает заполнение поддона, расположенного за разгрузочной частью сита, крупными частицами за время движения их по вибрирующей просеивающей поверхности.

По оси ординат отложено отношение количества крупных частиц, покинувших сито к определенному моменту времени, к общему числу крупных частиц, подаваемых на сито грохота.

По кумулятивной кривой строилась гистограмма распределения времени пребывания частиц на сите грохота (рис. 3).

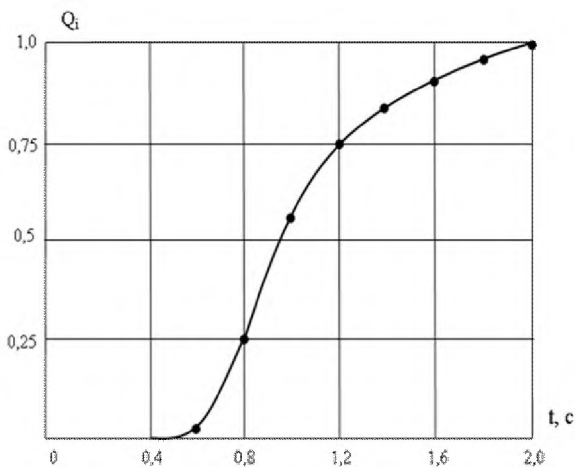


Рис. 2. Кумулятивная кривая распределения времени пребывания частиц на сите

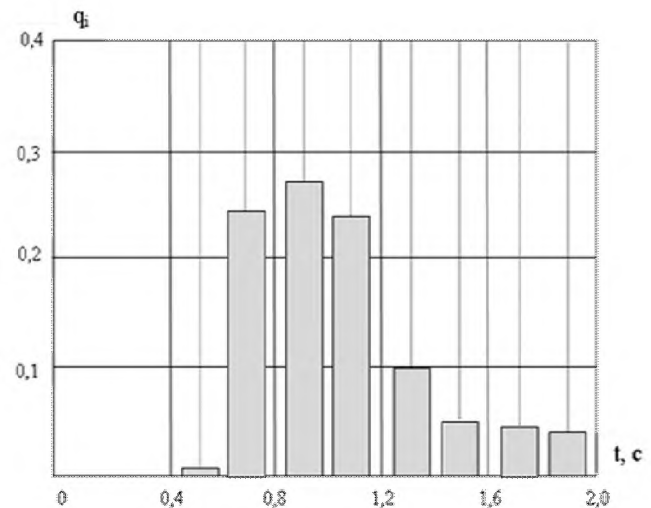


Рис. 3. Гистограмма распределения времени пребывания частиц на сите

Среднее время пребывания частиц на грохоте определялось как

$$\langle t \rangle = \sum q_i t_i, \quad (1)$$

где  $q_i$  – нормированный выход крупных частиц с поверхности сита в момент времени  $t_i$  за интервал времени  $\Delta t=0,2 \text{ с}$ . В рассматриваемом опыте среднее время пребывания частиц на виртуальном грохоте составило 1,046 с.

Средняя скорость транспортирования частиц по сити определялась как

$$v_{mp} = \frac{l}{\langle t \rangle}, \quad (2)$$

где  $l = 24$  см – длина виртуального грохота. Скорость транспортирования составила 22,9 см/с.

Найденное значение средней скорости движения сыпучего материала по сити грохота можно использовать для расчета показателей работы реального аппарата, работающего в том же режиме, что и виртуальный грохот.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Вайсберг, Л.А.* Просеивающие поверхности грохотов. Конструкции, материалы, опыт применения / Л.А. Вайсберг, А.Н. Картавый, А.Н. Коровников / под ред. Л.А. Вайсберга. – СПб.: ВСЕГЕИ, 2005. – 252 с.
2. *Мизонов, В.Е.* Процессы сепарации частиц в виброожигенном слое: моделирование, оптимизация, расчет / В.Е. Мизонов, В.А. Огурцов, С.В. Федосов, А.В. Огурцов. – Иваново: ИГЭУ, ИГАСУ, 2010. – 192 с.
3. *Zhao, L., Zhao, Y., Liu, C., Li, J., Dong, H.* Simulation of screening process on a circularly vibrating screen using 3D-DEM // Mining Science and Technology, V. 21, Issue 5, 2011, pp. 677-680.

УДК 621.833

**Ф. Б. Огурцов, А. Б. Колобов, А. В. Швед**

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

#### **АНАЛИЗ ВИБРАЦИИ ПОДШИПНИКОВ КАЧЕНИЯ НА БАЗЕ РАЗЛОЖЕНИЯ ПО ОРТОГОНАЛЬНЫМ ПОЛИНОМАМ**

Предложен алгоритм выделения огибающей вибрации с использованием ортогональных полиномов Лежандра. Разработана программа, выделяющая локальные максимумы вибрации, и реализующая поинтервальную аппроксимацию полиномами огибающей сигнала вибрации.

**Ключевые слова:** подшипник качения, временной сигнал вибрации, диагностика, массив локальных минимумов, аппроксимация, полиномы.

**F. B. Ogurtsov, A. B. Kolobov, A. V. Shved**

#### **VIBRATION ANALYSIS ROLLING BEARINGS BASED EXPANSIONS IN ORTHOGONAL POLYNOMIALS**

The algorithm of the envelope of vibration isolation using orthogonal Legendre polynomials. The program, which distinguishes the local maxima of vibration and realizing interval standardized approximation polynomials vibration signal envelope.

**Keywords:** rolling bearings, time vibration signal, diagnostics, an array of local minima, approximation, polynomials.

В настоящее время получили практическое применение методы диагностики подшипников качения основанные на анализе высокочастотной вибрации, возникающей в процессе работы подшипника, измеренной на корпусе подшипникового узла, в частности, – метод ударных импульсов [1, 2]. Однако результаты анализа во многом зависят от способа выделения огибающей вибрационного сигнала и технических характеристик используемой аппаратуры, и в общем случае оказываются несопоставимыми для различной аппаратуры.

В данной работе исследуется возможность использования общего подхода к выявлению периодических зависимостей в вибрационном сигнале подшипника, основанном на разложении сигнала огибающей по ортогональным полиномам. При этом диагностика подшипника включает в себя три этапа:

- формирование массива локальных максимумов временного сигнала;
- сплайн-аппроксимация этого массива ортогональными полиномами;
- анализ состояния подшипника по изменению значений весовых коэффициентов базисных полиномов.

Исходной информацией для анализа является сигнал виброускорения на корпусе подшипникового узла, выделенный в узкой полосе частот с помощью полосового фильтра. Конкретный вид такого сигнала существенно зависит от параметров измерительной аппаратуры [3]. Значительно более стабильна величина всплесков амплитуды сигнала (далее – локальных максимумов) и время их появления. Физически появление локального максимума соответствует моменту выделения энергии в результате изменения условий контакта между телами качения и беговыми дорожками подшипника. В связи с этим, на первом этапе диагностики предлагается из временного дампа сформировать массив локальных максимумов. Принцип формирования массива поясняет рис. 1.

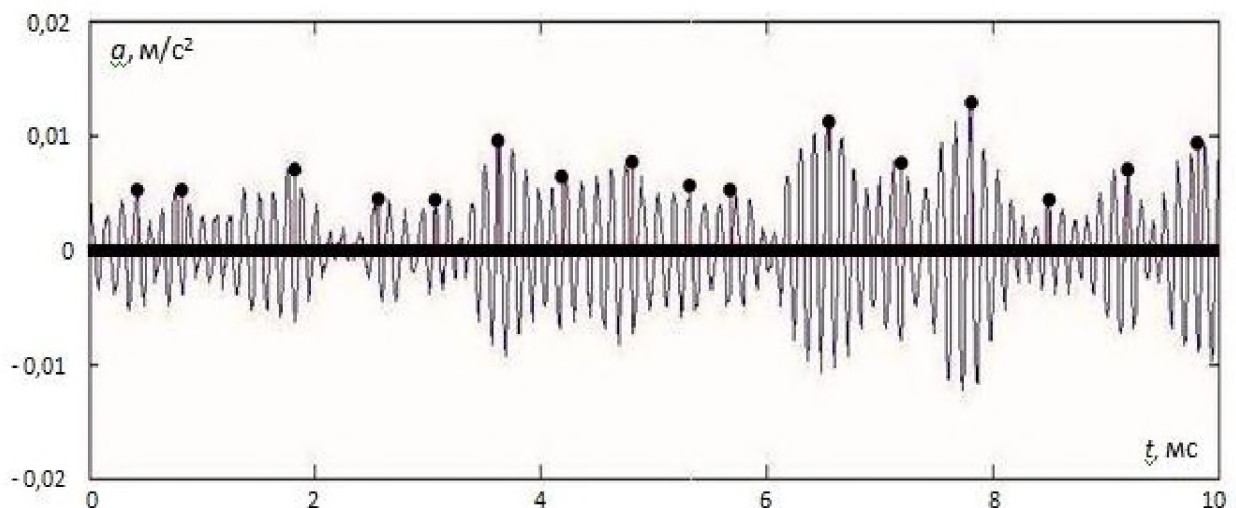


Рис. 1. Выделение локальных максимумов из временного дампа

Полученный двумерный массив данных (амплитуда максимума и время его появления) обладает аппаратурной независимостью с точностью до постоянного множителя, однако его дальнейший анализ в плане выявления периодических зависимостей затруднен, поскольку применить классический спектральный анализ в этом слу-



чае невозможно. Поэтому в качестве альтернативы предлагается производить сплайн-интерполяцию дискретного массива системой гладких функций. При этом исследовалась возможность использования для интерполяции полиномов Лежандра.

Алгоритм интерполяции предполагает разбиение массива данных на интервалы аппроксимации. На данном этапе работы использовались интервалы с переменной длиной, причем размер каждого интервала аппроксимации определялся по условию попадания в него  $N$  значений исходного массива. Каждый последующий интервал формировался аналогично предыдущему со смещением по времени на один элемент массива.

Поскольку полином Лежандра задается на интервале  $[-1..1]$ , реальные значения времени  $t$  появления локального максимума в процессе аппроксимации приводились к безразмерным  $\tau$  для данного интервала интерполяции

$$\tau_j = \frac{2(t_{j+i} - t_{i+(N-1)/2})}{t_{i+N-1} - t_i}, \quad (1)$$

где  $i$  – номер интервала интерполяции;  $j = 0, \dots, N-1$  – смещение номера локального максимума относительно номера интервала.

В результате предварительного исследования было установлено, что при вычислении коэффициентов полиномов путем формальной замены интегралов на суммы условие ортогональности в общем случае перестает выполняться, поскольку временной интервал между локальными максимумами является случайной величиной, и применение стандартных приемов ортогонализации крайне затруднительно. Кроме того, при отсутствии граничных условий не обеспечивается удовлетворительная стыковка на границах интервалов. Как следствие, сходимость полученного ряда отсутствует, а вариация коэффициентов полиномов по времени приобретает характер белого шума.

Существенно повысить устойчивость результатов аппроксимации удалось за счет введения дополнительных взвешивающих функций. При этом весовые коэффициенты полиномов на данном интервале  $i$  определялись

$$a_{i,n} = \frac{\sum_{j=0}^{N-1} (x_{i+j} \cdot L_n(\tau_j) W_{1,j} W_{2,j})}{\sum_{j=0}^{N-1} (L_n(\tau_j) W_{1,j} W_{2,j})^2}, \quad (2)$$

где  $n$  – порядок полинома;  $L_n$  – полином Лежандра порядка  $n$ ;  $x_{i+j}$  – амплитуда  $(i+j)$ -го локального максимума;  $W_{1,j}$ ,  $W_{2,j}$  – взвешивающие функции.

Проблема вариации времени интервала частично решается за счет введения функции  $W_1$ , которая придает меньший вес близко расположенным отсчетам. Значение весовой функции  $W_1$  в  $j$ -х точках определяется формулой:

$$W_{1,j} = \frac{t_{j+1} - t_j}{T_{cp}}, \quad (3)$$

где  $T_{cp}$  – средний период появления локальных максимумов.

Было установлено, что для обеспечения стыковки рассматриваемых интервалов между собой, целесообразно применение весовой функции  $W_2$ .

В качестве такой функции было выбрано расширенное окно Хэмминга, отличающееся наличием плоского участка в середине интервала. Вид весовой функции  $W_2$  для интервала длиной  $N = 15$  представлен на рис. 2.

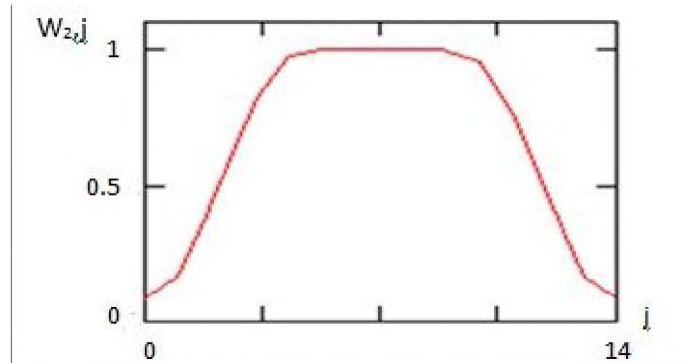


Рис. 2. График весовой функции  $W_2$

Полученная по формуле (2) зависимость значения коэффициентов аппроксимирующих полиномов Лежандра от времени (номера интервала) и номера коэффициента может быть представлена поверхностным графиком.

На рис. 3 представлен результат обработки дампа виброускорения для подшипника типоразмера 302.

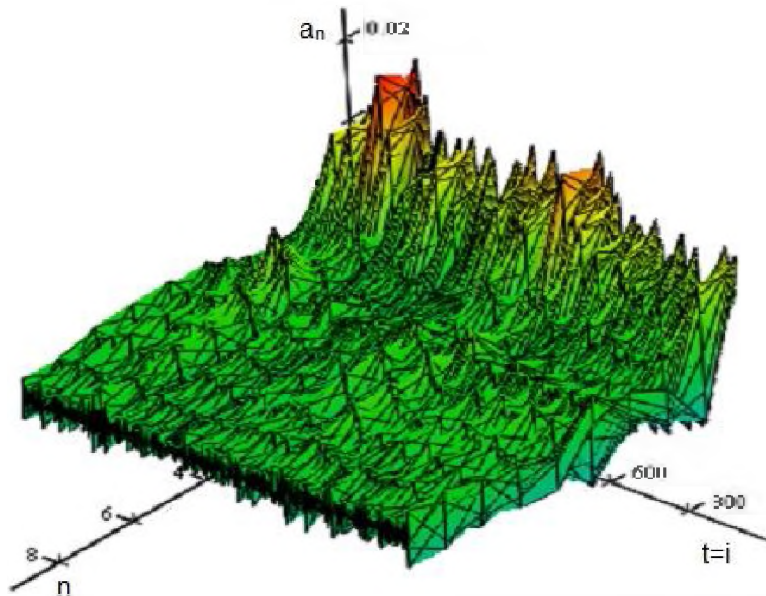


Рис. 3. График изменения коэффициентов полиномов Лежандра

На третьем этапе в рамках данного подхода такой способ формализации вибрационного сигнала потенциально позволяет осуществлять оценку состояния подшипника на основе анализа динамики коэффициентов полиномов. При этом возможно исследование зависимостей  $a(t)$  и  $a(n)$ .

Как видно из рис. 3, в результате расчета обеспечена вполне удовлетворительная сходимость ряда. При этом просматривается определенная низкочастотная периодичность как самих коэффициентов, так и закона их убывания при увеличении порядка полинома, т.е. высокочастотная шумовая составляющая вариации на границах интервала достаточно эффективно подавляется.

Поскольку при достаточно большом значении  $N$  длительность интервала аппроксимации стремится к константе, далее для исследования периодичности можно использовать обычный спектральный анализ.

Вопрос о практической применимости метода для целей технической диагностики требует дополнительных исследований.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Барков, А.В. Мониторинг и диагностика роторных машин по вибрации / А.В.Барков, Н.А.Баркова, А.Ю.Азовцев. – СПб.: Изд. центр СПбГМТУ, 2000.–159 с.
2. Клюев, В.В. Неразрушающий контроль: Справочник. В 7 т. Т.7. Вибродиагностика / В.В.Клюев и [др.]. – М.: Машиностроение, 2007. – 732 с.
3. Колобов, А.Б. Основы теории и практики вибродиагностики: учеб. пособие / А.Б.Колобов; ФГОУВПО «Ивановский государственный энергетический университет им. В.И.Ленина». – Иваново, 2014. – 248 с.

УДК 62-1

*К. С. Паршина*

ФГБОУ ВО «Алтайский государственный университет»

#### ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ МЕХАНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

В статье представлены основные принципы моделирования механических систем. Описаны шаги математического моделирования, указаны особенности исполнения. Приведен перечень основных программных продуктов которое используется при моделировании сложных механических систем.

**Ключевые слова:** механические системы, математическое моделирование, этапы моделирования, выбор вида модели.

*K. S. Parshina*

#### THE BASIC PRINCIPLES OF MODELING OF MECHANICAL SYSTEMS

The article presents the basic principles of modeling of mechanical systems. The steps of mathematical modeling, features of performance. A list of the basic software products used for modeling of complex mechanical systems.

**Keywords:** mechanical system, mathematical modeling, stages of modeling, the choice of the model.

В настоящее время в современном мире существует множество прикладных задач. Для их решения необходимо применение, а также развитие существующей техники и технологий. Для решения этой задачи необходим системный анализ, а также использование средств математического моделирования. Математические методы являются неотъемлемой частью многих исследований [5].

В общем смысле математическое моделирование это средство изучения реального объекта, процесса или системы путем их замены математической моделью, более удобной для экспериментального исследования с помощью ЭВМ. Математические модели в количественной форме, с помощью логико-математических конструкций, описывают основные свойства объекта, процесса или системы, его параметры, внутренние и внешние связи [1]. Моделирование позволяет изучать нужные свойства объекта с заданной точностью. Обычно при моделировании упрощаются или опускаются те свойства объекта, которые не изучаются в рамках поставленной задачи. В связи с этим, построение математической модели не может производить человек обладающий только качественными математическими знаниями или человек обладающий только качественными знаниями в изучаемой области, а только при совмещении этих свойств или при совместной работе таких людей. Это связано с тем, что при построении математической модели математиком будут качественно выявлены взаимосвязи между свойствами итд, но возможно будут приняты недопустимые приближения, а при составлении модели профессионалом в выбранной теме может быть неверно применен математический аппарат.

Что касается построения самой модели то первым этапом построения модели является постановка задачи, т.е определение перечня свойств, которые будут изучаться, диапазона их изменения, и типов влияния на конечный результат. Этот этап обычно производится человеком-профессионалом в выбранной области, поскольку не существует точных критериев и правил отбора таких свойств, и процесс уникален в каждой прикладной задаче.

Следующим этапом является выбор модели. Под выбором модели понимается не просто подбор из известного заранее множества, а именно синтез и составление общей модели из элементарных моделей тех наук, с помощью которых будет исследоваться явление. Важным аспектом в приведенном этапе является обеспечение согласованности элементов разных наук. При моделировании механических систем используются основы технических наук [3]. Этап должен проводиться под контролем человека, имеющего качественные и глубокие знания в области математики.

Следующим шагом является проверка адекватности модели, которая заключается в оценке соответствия полученных с помощью модели результатов с реальными. В ходе оценки адекватности принимается решение об использовании модели для решения поставленной прикладной задачи, а также производится корректировка полученной модели. Кроме того может меняться общий подход к восприятию ситуации [3]. Сама же оценка проводится в соответствии с известными математическими законами.

Сутью решения практических прикладных задач является прогноз поведения объекта в различных ситуациях [3].

Для формирования качественной модели, пригодной для прогнозирования свойств или определения выходных параметров в зависимости от входных необходимо выполнение каждого этапа.

В сфере математического моделирования механических систем основными задачами обычно выступают анализ динамики, прочности и долговечности. В основе моделирования динамики механических систем лежит их представление системой связанных абсолютно твердых или упругих тел. Со стороны математики при моделировании механических систем используются следующие виды функций: вектор-функции, неявные функции, обыкновенные дифференциальные уравнения, дифференциальные уравнения с частными производными.

Наиболее универсальным способом описания положения и возможных движений пары тел, одним из которых может быть неподвижная система координат, является использование понятия шарнира. Первая модель обычно представляет собой эскизный проект. Он должен отражать в себе геометрические, инерционные и остальные свойства системы [2].

Далее строится ее динамическая модель, с помощью которой, например, выполняется параметрическая оптимизация и определяются динамические показатели системы. Однако в сфере механических систем и технических наук в принципе обязательным условием является соблюдение действующих стандартов: ГОСТов, СНиПов и других. С помощью динамической модели определяются усилия взаимодействия между элементами конструкции в шарнирах, сочленениях, опорах, силовых (пружинах, рессорах, демпферах) и крепежных элементах на штатных и экстремальных режимах работы [2]. Оценка адекватности происходит по стандартной схеме: производят сравнение модельных и полученных результатов. В случае совпадения результатов на заданном уровне модель может быть использована для анализа или определения заданных параметров.

В настоящее время в целях помощи при моделировании разработан ряд программных продуктов. Наиболее распространенными являются: SolidWorks, КОМПАС, Autodesk Inventor, Matlab/Simulink. Также существуют программы, разработанные в России, например программный комплекс «Универсальный механизм», разработанный в лаборатории вычислительной механики Брянского государственного технического университета [2]. Однако для многих прикладных задач в области моделирования механических систем наиболее используемой продолжает оставаться SimMechanics (отдельная библиотека пакета Simulink среды Matlab), которая предназначена для моделирования механического движения твердых тел [4].

Анализ механических систем задача, которая стоит в настоящее время перед многими исследователями. И для более качественного выполнения поставленных задач необходимо использование и развитие средств математического моделирования, знание основных его принципов и применение современных программных средств.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Интуит национальный открытый институт [Электронный ресурс] URL:<http://www.intuit.ru/studies/courses/2260/156/lecture/27233>(дата обращения 05.03.2017)
2. Ковалев Р.В., Даниленко Д.В. Введение в моделирование динамики механических систем [Электронный ресурс ]: САПР и графика. URL: <http://sapr.ru/article/18949> (дата обращения 01.03.2017)
3. Кубланов М.С. Математическое моделирование. Методология и методы разработки математических моделей механических систем и процессов. Часть I. Моделирование систем и процессов. Издание третье, переработанное и дополненное: Учебное пособие.– М.: МГТУ ГА, 2004. – 108 с.: ил. 42, табл. 5.

4. Моделирование и визуализация движений механических систем в MATLAB: Учебное пособие /В.С. Щербаков, М.С. Корытов, А.А. Руппель, В.А. Глушец, С.А. Милюшенко.– Омск: Изд-во СиБАДИ, 2007. –84с.

5. Печатнова Е.В., Паршина К.С. Применение коэффициента Кендала при анализе дорожной аварийности // Достижения и приложения современной информатики, математики и физики: материалы III Всероссийской научно-практической заочной конференции (г. Нефтекамск, 16 ноября 2016 г.). – Уфа: РИЦ БашГУ, 2016. – с.56-59

УДК 621. 629.3; 669.54. 793

*А. А. Печурин, А. И. Преснов, С. В. Воронин*

ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России»

## **ИНТЕНСИФИКАЦИЯ МОЕЧНО-ОЧИСТНЫХ ПРОЦЕССОВ ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ**

Рассмотрен процесс взаимодействия очищаемой поверхности со струями воды высокого давления. Приведены результаты исследований процессов очистки пожарной, аварийно-спасательной техники от эксплуатационных загрязнений. Показаны направления по интенсификации моечно-очистных процессов высокого давления.

**Ключевые слова:** Очистка, техническое обслуживание, интенсификация.

*A. A. Pechurin, A. I. Presnov, S. V. Voronin*

## **THE INTENSIFICATION OF WASHING AND TREATMENT PROCESSES HIGH PRESSURE**

The process of interaction of the surface with jets of high pressure water. The results of studies of the process of purification of fire, emergency and rescue equipment from operational pollution. The directions for the intensification of washing and treatment processes of high pressure.

**Keywords:** Cleaning, maintenance work, intensification.

В процессе эксплуатации пожарной, аварийно-спасательной техники агрегаты, детали подвергаются значительным загрязнениям, которые ухудшают внешний вид машин, влияют на процессы обеспечения тепловых режимов работы двигателя, агрегатов трансмиссии и других систем техники, снижают эффективность ее применения и надежность.

Некачественно организованные моечно-очистные процессы снижают культуру производства работ, препятствуют качественному выполнению работ по техническому обслуживанию и ремонту, что прямо влияет на ресурс работы техники, увеличивает в целом затраты на эксплуатацию пожарной, аварийно-спасательной техники.

Постановка необходимой системы технического обслуживания и ремонта техники предопределяет ресурс работы пожарной, аварийно-спасательной техники. Важным звеном в системе технического обслуживания и ремонта являются моечно-

очистные процессы на всех стадиях технологических процессов обслуживания и ремонта. Анализ затрат по эксплуатации автотранспорта (затраты автотранспортных организаций по эксплуатации парка машин без стоимости топлива) показывает, что затраты на моечно-очистные процессы составляют до 10...15 % всех средств, идущих на выполнение работ по техническому обслуживанию машин. Высокий процент затрат и необходимость качественного проведения моечно-очистных работ обосновывает актуальность проведения исследований по анализу и интенсификации моечно-очистных процессов, повышению эффективности их проведения - повышения качества и минимизации затрат.

В настоящее время в практике технического обслуживания машин широкое распространение получил метод струйной очистки под высоким давлением - гидродинамическая очистка. Реализация струйной очистки машин под высоким давлением стала возможна с производством и реализации на рынке аппаратов высокого давления (АВД), в настоящее время как импортного, так и отечественного производства. Главный узел любого аппарата высокого давления - помпа высокого давления, где и происходит нагнетание воды. Вода поступает в помпу через входные клапаны, и через выходные под давлением поступает в шланг высокого давления и пистолет с наконечником.

В зависимости от предназначения наконечник (насадка) выпускаются предприятиями-изготовителями следующих конструкций:

- с регулировкой угла распыления воды (чаще всего на бытовых аппаратах);
- с форсункой высокого давления с определенным постоянным углом распыла и точно откалиброванным отверстием (на профессиональном и полупрофессиональном оборудовании)
- насадки, закручивающие струю воды (могут называться «грязевая фреза», «вращающееся сопло» «Rotojet», «Rotomax», «киллер грязи» и др.)

Механизм удаления загрязнений с помощью высоконапорной струи заключается в механическом разрушении слоя загрязнений, его адгезионных связей с очищаемой поверхностью за счет нормальных и касательных напряжений, возникающих при ударе движущейся жидкости (вода, раствор) о загрязненную поверхность. Загрязнения удаляются в том случае, если сила удара струи о поверхность (ударный импульс) превышает хотя бы одну из прочностных адгезионно-когезионных характеристик загрязнений, таких как прочность на сжатие, изгиб, сдвиг, сила адгезии и др.

Достигнув очищаемой поверхности, вода проникает в пограничный слой между поверхностью и загрязнением. Возникающие в данных условиях силы отделяют загрязнения. В зависимости от соотношения предела прочности загрязнения и предела его адгезии с очищаемой поверхностью превалирует способы очистки:

- способ очистки «сверлением», когда  $F_n > F_v$ ,
- где:  $F_n$  – сила взаимодействия частиц загрязнений с очищаемой поверхностью,  $F_v$  – сила взаимодействия между частицами загрязнений,
- способ очистки «отрыванием», когда  $F_v > F_n$ .

Процесс проведения очистных работ характеризуется следующими основными показателями:

- динамическим давлением струи воды (сила удара);
- расходом воды;
- температурой воды;
- применяемыми моющими средствами.

Динамическое давление струи воды (сила удара) является одним из важнейших показателей процессов гидродинамической очистки поверхности. На повышение силы удара решающее влияние оказывают:

- форма струи;
- расход воды;
- установленное оператором моечного комплекса давление воды, создаваемое насосом АД;
- расстояние от насадки до очищаемой поверхности;
- скорость потока воды.

Силу удара струи о поверхность при гидродинамической очистке можно определить по формуле:

$$F_x = m \cdot V_x \cdot \sin \alpha = \rho_x \cdot OJ_x \cdot V_x \cdot \sin \alpha, \quad H, \quad (1)$$

где:  $m$  – секундная масса жидкости, кг/с;  $V_x$  – средняя скорость жидкости при встрече с поверхностью, м/с;  $\alpha$  – угол встречи струи с очищаемой поверхностью, рад;  $\rho_x$  – плотность жидкости в струе на расстоянии  $x$  от насадки, кг/м<sup>3</sup>;  $OJ_x$  – сечение набегающей струи, м<sup>2</sup>.

Начальная скорость потока  $V_H$  в струе может быть определена по уравнению Бернулли:

$$V_H = \phi \cdot \frac{\sqrt{2P}}{\rho}, \quad (2)$$

где:  $P$  – давление перед насадкой, Н/м<sup>2</sup>;  $\rho$  – плотность жидкости, кг/м<sup>3</sup>;  $\phi$  – коэффициент скорости, изменяется в пределах 0,475...0,98, зависит от формы отверстия и типа насадки (рис. 1).

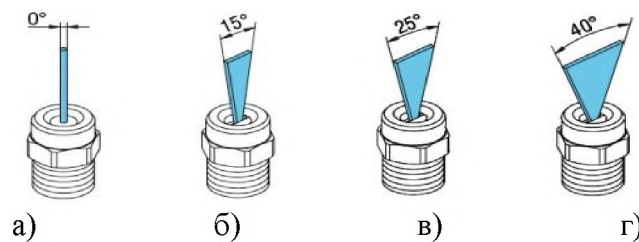


Рис. 1. Формы отверстий насадок, образующие веерные (б-г) углы истечения жидкости

Сила удара струи зависит от давления перед насадкой (давления развиваемым насосом АД и регулируемым оператором моечного комплекса). Создаваемое давление АД определяет начальную скорость потока, тесно связанную с расходом жидкости соотношением:

$$Q = \rho \cdot \mu \cdot \omega \cdot V_H, \quad (3)$$

где:  $\mu$  – коэффициент расхода (0,97...0,99);  $\omega_H$  – средняя скорость жидкости, м/с;  $V_H$  – площадь свободного сечения насадки, м<sup>2</sup>.

Из анализа формул (1), (2), (3) следует, что увеличить скорость течения воды и тем самым повысить силу удара струи при неизменном расходе жидкости можно путем уменьшения диаметра насадки. Номенклатура используемых насадок для различ-



ных марок машин отличается большим разнообразием как конфигурации (эллипс, круг, кольцо и др.), так и по размеру следа струи (рис.1).

Зависимости между основными гидродинамическими показателями процесса очистки для наиболее распространенных видов насадок показаны на рисунках 2, 3. Их анализ показал, что изменение величины ударного импульса происходит в широком диапазоне. Так, например, ударный импульс турбонасадки в 6...10 раз выше, чем пистолета-распылителя.

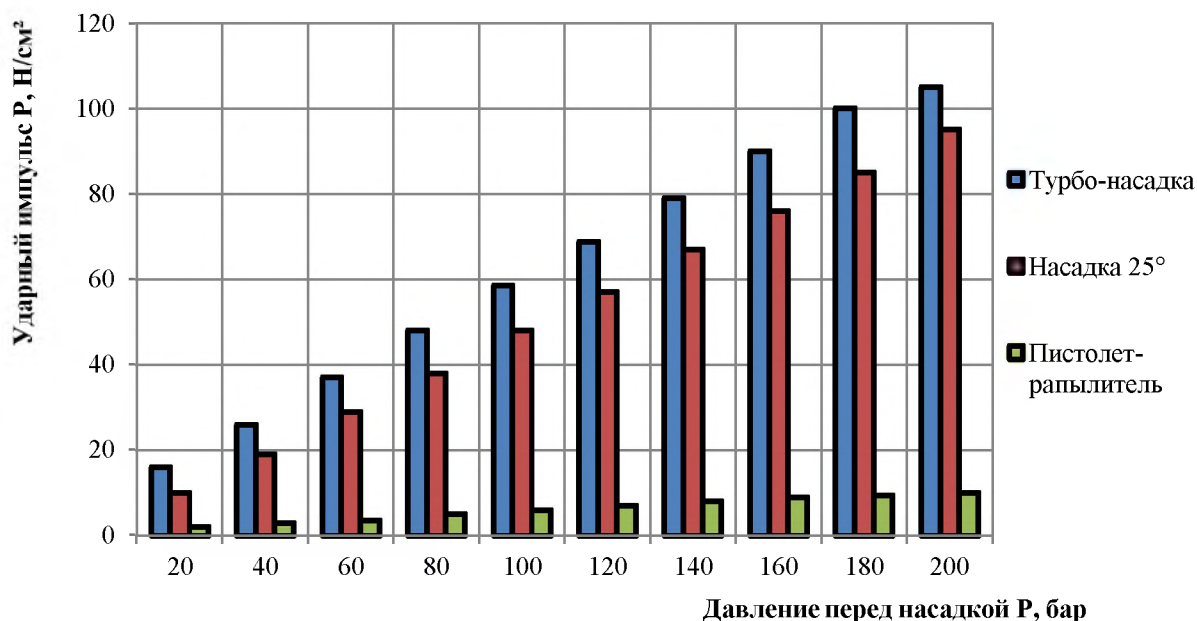


Рис. 2. Влияние давления истечения струи на величину ударного импульса ( $L = 25 \dots 30$  см)

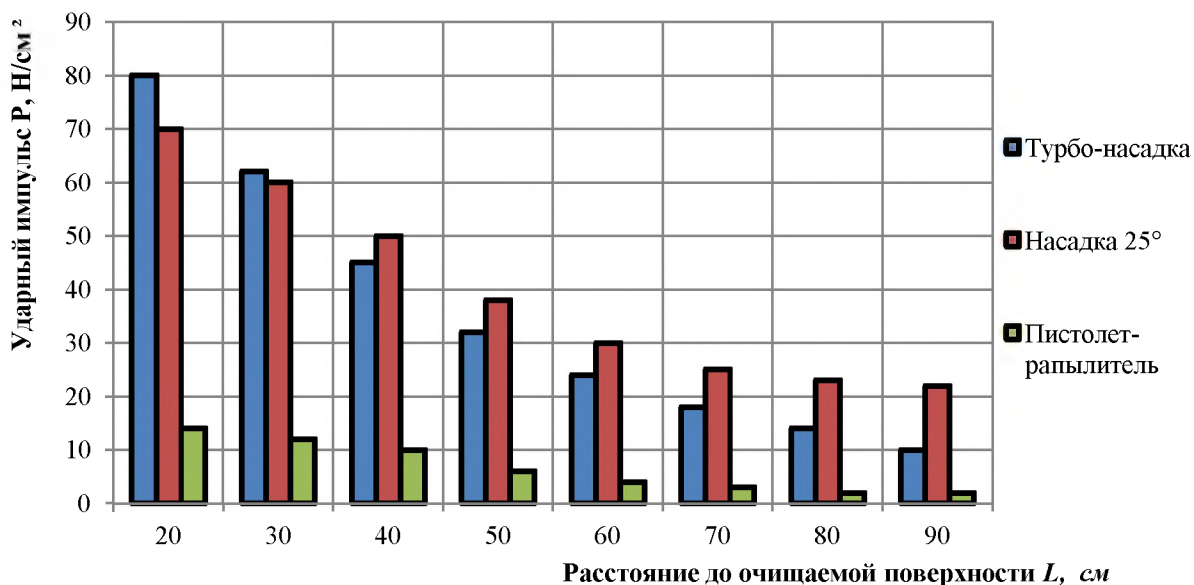


Рис. 3. Влияние расстояния и типа насадки на величину ударного импульса

Повышение эффективности моечно-очистных процессов высокого давления с применением специально сконструированных насадок объясняется следующими выводами из проведенных исследований:

- насадки высокого давления обеспечивают требуемую форму и площадь следа струи на очищаемой поверхности;
- турбонасадки создают вращающиеся с частотой до 4000 мин<sup>-1</sup> струи, создают большую скорость удара, обладают повышенной разрушающей способностью по загрязнениям и повышенной производительностью очистки;
- по сравнению с обычными насадками применение турбонасадок дает возможность снизить расход воды при одинаковом давлении в системе;
- насадки «турболазеры» образуют более крупные (до 10 раз) капли воды, чем обычная насадка, и повышенная скорость истечения воды (около 500...600 км/час) определяют достаточно высокий ударный импульс, что вызывает интенсивное разрушение прочных загрязнений.

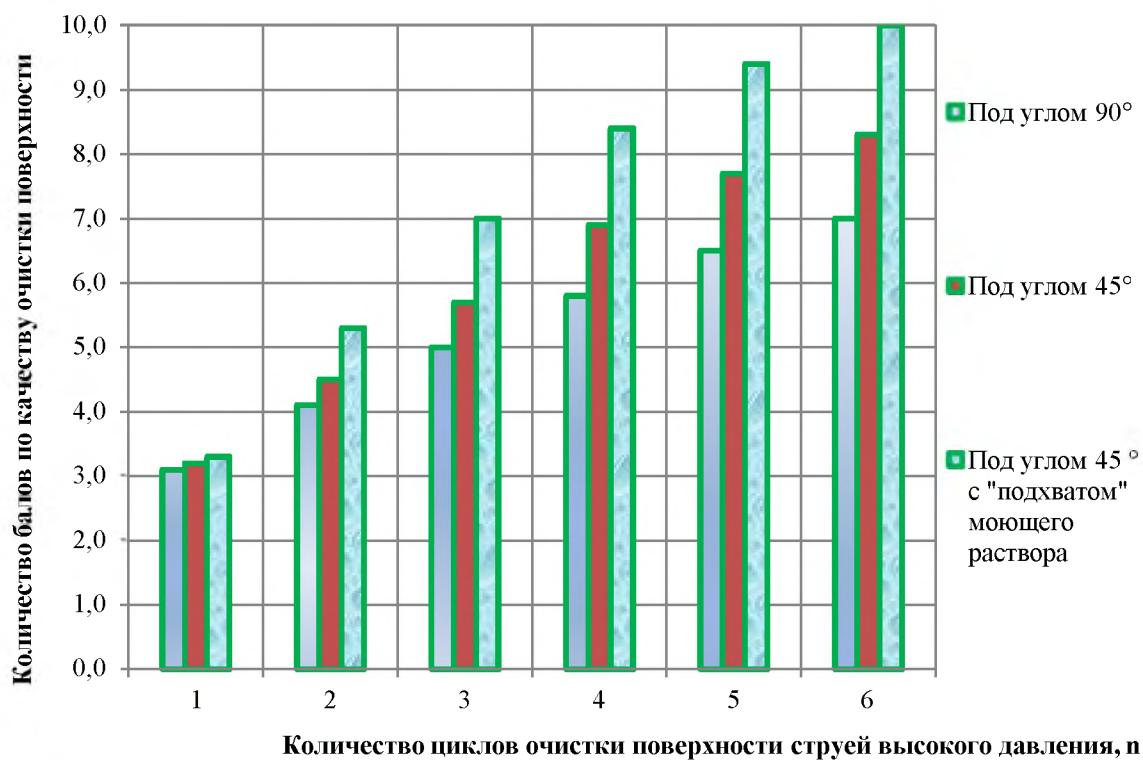
При исследовании направлений интенсификации моечно-очистных процессов по технологии применения моющих средств и технологии производства работ применялись:

- многоцелевое моющее средство AUTOGLYM Powermax 3 Multiwash TFR;
- распылитель моющего средства, позволяющий с точной дозировкой равномерно наносить моющее средство на вертикальную поверхность (одинаково загрязненные вертикальные элементы легковых автомобилей);
- аппарат высокого давления Karcher HDS 698 C Eco;
- метод балльной оценки чистоты поверхности (по аналогии с методом балльной оценки чистоты поверхности, разработанный в ГОСНИТИ);
- технологии смыва загрязнений: 1 - направленной струей под прямым углом к очищаемой поверхности, мойка элемента с низу в верх; 2 - под углом 45°; 3 - под углом 45° с «подхватом» вертикально стекающего моющего раствора.

На рис. 4 показано влияние угла струи высокого давления и участие моющего раствора, «подхватывающего» струей, на качество очищаемой поверхности. Анализ проведенных исследований показывает существенное повышение качества моечных работ, сокращение до 10...12 % количества циклов и времени очистки поверхности.

Как показали проводимые исследования, направлениями по интенсификации моечно-очистных процессов высокого давления, применяемых при техническом обслуживании пожарной и аварийно-спасательной являются :

- повышение и оптимизация создаваемого давления струи воды;
- применение форсунок с веерным распылом;
- расчет и применение оптимального расстояния от очищаемой поверхности и угла наклона форсунки к поверхности (угла атаки струи);
- применение эффективных моющих средств;
- совершенствование технологии применения моющих средств и ведения моечного процесса струей высокого давления с активным использованием нанесенного моющего раствора.



**Рис. 4.** Влияние угла струи высокого давления и использования моющего раствора на качество очистки поверхности ( $L = 30 + 5$  см, насадка  $30^\circ$ )

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Завьялов С.Н. Мойка автомобилей: технология и оборудование. 3-е изд. перераб. и доп. – М.: Транспорт, 1994. - 176 с
2. Пантелеев Ю.Г., Садовский А.П., Мирошниченко А.И. Способы интенсификации процесса очистки внутренних полостей нестационарными потоками моющих жидкостей. //Тр. ГОСНИТИ. – 1984. – Т.70. – С. 55-59
3. Черноиванов В.И., Лосев В.Н., Быстрицкая А.П. Очистка и мойка машин и оборудования. - М.: ГОСНИТИ, 1998. - 99 с.
4. Ресурсосбережение при технической эксплуатации сельскохозяйственной техники. - М.: ГОСНИТИ - ФГНУ «Росинформагротех». - Ч. I, II. - 2002. - 780 с
5. Пучин Е.А. Методические основы разработки и внедрение ресурсосберегающих технологий технического обслуживания сельскохозяйственной техники: Дис. д-ра техн. наук. - М., 1998. - 453 с

УДК 62.23

*А. А. Покровский, В. А. Кураков*

ФГБОУ ВО «Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России»

## РАЗРАБОТКА ТРЕХМЕРНОЙ МОДЕЛИ ГРУЗОВОЙ ЛЕБЕДКИ

Рассмотрены этапы и результаты расчетов и проектирования привода грузовой лебедки оснащенной электромеханическим приводом. Выполнена трехмерная модель данного устройства.

**Ключевые слова:** лебедка, привод, зубчатая передача, электродвигатель.

*A. A. Pokrovskiy, V. A. Kurakov*

## DEVELOPMENT OF THE THREE-DIMENSIONAL MODEL OF CARGO WINCH

The stages and results of calculations and design of the drive of a freight winch equipped with an electromechanical drive are considered. A three-dimensional model of this device is executed.

**Keywords:** winch, drive, gear, electric motor.

Повышение эксплуатационной надежности автотранспорта может обеспечиваться с одной стороны за счет выпуска промышленностью более надежных автомобилей, с другой - совершенствованием методов их технической эксплуатации. Это требует создания необходимой производственной базы для поддержания подвижного состава в исправном состоянии, широкого применения прогрессивных и ресурсосберегающих технологических процессов технического обслуживания и ремонта, эффективных средств механизации, роботизации и автоматизации производственных процессов.

Ремонт представляет собой комплекс конкретных операций по восстановлению работоспособного состояния деталей и узлов пожарных автомобилей. Он может выполняться по потребности или после определенного пробега. Ремонт, связанный с разборкой или заменой агрегатов и узлов выполняется по результатам предварительного диагностирования.

В соответствии с назначением и характером выполняемых работ ремонт пожарных автомобилей подразделяется на следующие виды: для автомобилей - текущий, средний, капитальный; для агрегатов - текущий, капитальный [1].

Текущий ремонт выполняется для обеспечения работоспособного состояния изделия путем восстановления или замены отдельных агрегатов, узлов и деталей, а также проведения необходимых регулировочных, крепежных, сварочных, и других ремонтных работ [1]. Текущий ремонт агрегата заключается в частичной разборке, замене или ремонте отдельных механизмов, деталей и проведении необходимых регулировочных, крепежных и других ремонтных работ [1]. Текущий ремонт пожарного автомобиля или отдельного агрегата проводится по потребности, выявленной во время его эксплуатации или при контрольных осмотрах.

Средний ремонт пожарного автомобиля проводится в целях восстановления его работоспособного состояния путем выполнения более сложных и трудоемких операций. При этом предусматривается, как правило, замена двигателя, требующего капитального ремонта, ремонт или замена отдельных агрегатов, покраска кузова и проведение других ремонтных работ.

Капитальный ремонт пожарного автомобиля заключается в его полной разборке, замене или капитальном ремонте большинства агрегатов, механизмов, приборов и изношенных деталей, сборке и испытании указанного автомобиля в соответствии с техническими условиями на производство капитального ремонта. Капитальный ремонт пожарного автомобиля проводится в том случае, если: кузов, кабина, цистерна, пожарный насос и не менее двух основных агрегатов базового шасси требуют капитального ремонта; его техническое состояние по результатам диагностирования признано неудовлетворительным [1]. Агрегат направляется на капитальный ремонт, если: базовая и основные детали требуют ремонта с полной разборкой агрегата; работоспособность агрегата не может быть восстановлена, или его восстановление экономически нецелесообразно при текущем ремонте.

Одним из видов оборудования для выполнения технического обслуживания и ремонта тяжелых частей и агрегатов пожарных автомобилей является грузовая лебедка, при помощи которой возможно проведение технического обслуживания и текущего ремонта пожарной техники силами личного состава подразделений. Лебедки широко применяют для подъема или перемещения различных грузов при производстве монтажных и погрузочных работ. Их используют и как самостоятельные механизмы, и как составные части более сложных подъемных машин (крана, подъемника) [2, 3].

Целью данной работы является разработка трехмерной модели грузовой лебедки и расчет ее основных параметров. Разработанная трехмерная модель грузовой лебедки показана на рис. 1. Лебедка состоит из основания (рамы) 1, барабана 2, электродвигателя 3 и закрытой зубчатой передачи 4. Основание лебедки выполнено в виде рамы из швеллера. Редуктор и электродвигатель крепят болтами к раме. Барабан лебедки выполнен сварным из стали и имеет гладкую рабочую поверхность, рассчитанную на многослойную навивку троса.

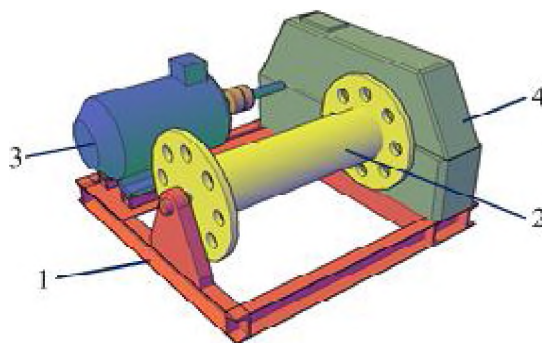


Рис. 1. Трехмерная модель грузовой лебедки

Барабан в концевых сечениях снабжен ребрами, высота которых превышает последний слой навивки не менее, чем на два диаметра наматываемого троса. В целях недопустимости возникновения больших напряжений от изгиба, возникающих в тросе при навивке, диаметр барабана принят не менее пятнадцати диаметров троса.

Длину троса, наматываемого на барабан, определим по формуле [4]:

$$W = 0,001zn\pi(D + dn) - 0,001 \cdot 2\pi D \text{ (м)},$$

где  $Z$  - число витков троса, укладываемого по всей рабочей длине барабана,  $z = L/t$ ;  $L$  - рабочая длина барабана, мм;  $t$  - шаг навивки троса, мм (для гладкого барабана  $t \approx 1,1d$ );  $n$  - число слоев навивки троса, мм;  $D$  - диаметр барабана, мм.

Зададимся диаметром барабана  $D = 150$  (мм); диаметр троса  $d = 7,7$  (мм); шаг навивки  $t \approx 1,1 \cdot 7,7 \approx 8,47$  (мм); число витков троса  $z = 200 / 8,47 = 23,6$  [4].

$$W = 0,001 \cdot 23,6 \cdot 2 \cdot 3,14 (150 + 7,7 \cdot 2) - 0,001 \cdot 2 \cdot 3,14 \cdot 150 = 23 \text{ (м)}$$

Стенки барабана при навивке троса испытывают совместное действие сжатия, кручения и изгиба, но при длине барабана менее трех диаметров напряжения изгиба и кручения не превышают 15% напряжения сжатия и поэтому их в расчете можно не учитывать. Напряжение сжатия в стенке барабана определим по формуле [4]:

$$\sigma_{сж} = S / \delta t,$$

где  $S$  - тяговое усилие в тросе, Н;  $\delta$  - толщина стенки барабана, мм;  $t$  - шаг навивки троса, мм.

$$\sigma_{сж} = 5000 / 4 \cdot 8,47 = 147,5 \text{ (МПа)}$$

Коэффициент запаса прочности для материала стенки барабана принимается не менее двух. Конструкция предусматривает жесткое неразъемное соединение барабана с приводом. Передача крутящего момента от электродвигателя к барабану лебедки осуществляется через закрытую двухступенчатую зубчатую передачу с цилиндрическими косозубыми зубчатыми колесами. Применение косозубых колес, установка всех валов на подшипники качения сокращают размеры и массу конструкции, увеличивают их долговечность, повышают коэффициент полезного действия передачи и сокращают потребляемую мощность электродвигателя. Редуктор с электродвигателем соединен при помощи зубчатой муфты, так как данные муфты отличаются своей долговечностью [4].

Основные технические характеристики грузовой лебедки: тяговое усилие 5 кН; диаметр троса 7,7 мм; длина навивки троса 23 м; число слоев навивки троса 2; скорость навивки троса 0,56 м/с; диаметр барабана; 150 мм; длина барабана 200 мм.

Таким образом, на основе разработанной трехмерной модели грузовой лебедки возможно проведение мероприятий по ее расчету и конструированию для дальнейшего использования в пожарно-спасательных частях для подъема и перемещения различных тяжелых грузов и узлов пожарных автомобилей.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Приказ МЧС России от 18.09.2012 года № 555 «Об организации материально-технического обеспечения системы МЧС России».
2. Покровский А.А. Мероприятия по улучшению эксплуатационных свойств деталей машин. // Сборник материалов VII Всероссийской научно-практической конференции «Надежность и долговечность машин и механизмов». – 2016. – С. 143 – 145.
3. Покровский А.А., Трубахин В.Н., Сулов Д.С., Сукончиков А.А. Модернизация устройства для ремонта двигателей пожарных автомобилей // Сборник материалов XI Международной научно-практической конференции «Пожарная и аварийная безопасность», Иваново 2016. - с. 286-288.
4. Соколова, А.Д. Подъемно-транспортное и такелажное оборудование для монтажа строительных конструкций. Учеб. для техникумов / А.Д. Соколова, В.С. Визильтер. – М.-Стройиздат, 1987. – 332 с.

УДК 62.22

*А. А. Покровский*

ФГБОУ ВО «Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России»

## **УЛУЧШЕНИЕ ТЕХНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК КАНТОВАТЕЛЯ ДВИГАТЕЛЯ**

Рассмотрены мероприятия по улучшению технических характеристик кантователя двигателя предназначенного для ремонта двигателей внутреннего сгорания пожарных автомобилей. Приведены основные достоинства усовершенствованной конструкции.

**Ключевые слова:** кантователь, планшайба, двигатель внутреннего сгорания.

*A. A. Pokrovskiy*

## **IMPROVING TECHNICAL CHARACTERISTICS OF THE ENGINE CAN**

The measures to improve the technical characteristics of the engine cantilever intended for the repair of internal combustion engines of fire trucks are considered. The main advantages of the improved design are given.

**Keywords:** tilter, faceplate, the internal combustion engine.

Ремонт и техническое обслуживание пожарной техники стоящей на вооружении в пожарно-спасательных формированиях Российской Федерации осуществляется в соответствии с приказом МЧС России от 18.09.2012 г. № 555 «Об организации материально-технического обеспечения системы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий».

В соответствии с данным приказом техническое обслуживание организует должностное лицо, ответственное за материально-техническое обеспечение территориального органа, учреждения. Техническое обслуживание и ремонт могут проводиться как имеющимися в штатах Главных управлений МЧС по субъектам РФ производственно-технических центрах, так и в сторонних специализированных организациях, имеющих лицензию на осуществление данных видов деятельности. Кроме того, при наличии необходимой материально-технической базы и подготовленного персонала техническое обслуживание может проводиться непосредственно силами личного состава учреждений.

Учреждения, осуществляющие техническое обслуживание и ремонт техники, должны быть обеспечены соответствующим оборудованием и инструментом. Как правило, в структуру данных производств входят: моторный цех; агрегатный цех; электроцех; токарный участок; малярный участок; жестяной участок; участок легковых автомобилей; зона технического обслуживания и ремонта пожарных автомобилей; пост диагностики.

Практически в каждом цехе должны быть кран-балки или тельферы. Для производства жестяных работ используются гильотинные ножницы, листогибочный станок, углекислотная сварка, электроножницы. Для обработки металла применяются токарный, токарно-винторезный, расточной, сверлильный, рейсмусовый, фрезерный станки.

Для покраски отремонтированных автомобилей – малярное отделение, оборудованное приточно-вытяжной вентиляцией.

Все виды ремонтных работ проводятся в специально предназначенных для этих целей помещениях с использованием исправного и соответствующего своему назначению оборудования и инструмента.

Одним из устройств, входящих в перечень обязательного оборудования для специализированных предприятий и станций технического обслуживания пожарных автомобилей, является кантователь двигателя.

Кантователь выполняет следующие функции:

- перемещение двигателей, узлов и агрегатов транспортных средств;
- фиксация двигателя при проведении переборки;
- закрепление двигателя для осуществления ремонтных работ.

Конструкция типового кантователя для двигателя представляет собой основу, выполненную из прочного металлического профиля. Металл покрыт специальным защитным составом, предотвращающим коррозию и придающим устойчивость к агрессивной внешней среде. Верхний слой покрытия – стойкая краска (рис 1).

По краям основы располагаются колесики, при помощи которых осуществляется перемещение объемных, тяжелых узлов.

От основы вверх расположена планшайба с несколькими креплениями (рис.2). Система креплений позволяет прочно зафиксировать двигатель или другой агрегат автомобиля отечественных или иностранных производителей.



Рис. 1. Кантователь двигателя



Рис. 2. Планшайба с креплениями

Достоинствами данного кантователя для двигателей внутреннего сгорания можно считать следующие качества:

- конструкция обладает сбалансированным центром тяжести, что позволяет гарантировать защиту от падения закрепленного груза;
- универсальные крепления с обширным диапазоном регулирования надежно фиксируют самые разнообразные двигатели, узлы и механизмы;



– узел закрепления способен вращаться на 360 градусов и фиксировать нужное положение, благодаря чему облегчается работа мастера, проводящего переборку или ремонт агрегата.

Перед установкой двигателя на стенд для разборки-сборки необходимо тщательно осмотреть шпильки, места их крепления и резьбовые отверстия на картере сцепления. Если в местах крепления трещины, сколы, забоины или другие дефекты, а также количество шпилек не соответствует штатному, установка двигателя на стенд запрещена. Перед началом работы тщательно проверить надежность крепления двигателя или редуктора к планшайбе стенда.

Большая часть существующих в настоящее время в пожарно-спасательных частях кантователей предназначена для разборки-сборки двигателей ЗИЛ-130, ГАЗ -53, КамАЗ, УРАЛ. Данные устройства полностью отвечают первым двум качествам представленным выше, но поворот закрепленного двигателя на 360 градусов осуществляется вручную без дополнительных механических передач, что представляет достаточно трудоемкий процесс. Так как для поворота и фиксации закрепленного на планшайбе двигателя в нужном положении требуется участие не менее двух человек обслуживающего персонала, нами были предложены меры по модернизации данного устройства путем установки на него и последующего расчета электромеханического привода [2]. Электромеханический привод включает в себя электродвигатель и червячный редуктор.

К достоинствам червячных передач можно отнести возможность получения большого передаточного числа в одной ступени; плавность и малошумность работы; возможность самоторможения.

Недостатками червячных передач являются низкий коэффициент полезного действия; необходимость изготовления зубьев колеса из дорогих антифрикционных материалов; повышенные требования к точности сборки, необходимость регулировки; необходимость специальных мер по интенсификации теплоотвода.

В процессе проектирования привода кантователя рассчитаны его основные геометрические параметры, произведены расчеты на прочность по контактным напряжениям и напряжениям изгиба, а также тепловой расчет.

В результате мероприятий по модернизации существующей конструкции кантователя двигателя можно сделать следующие выводы:

- модернизирован кантователь двигателя посредством замены ручного привода электромеханическим;
- определены основные силовые и геометрические параметры привода модернизированного кантователя;
- выполнены проверочные расчеты привода на прочность по контактным напряжениям и напряжениям изгиба, а также тепловой расчет.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Приказ МЧС России от 18.09.2012 года № 555 «Об организации материально-технического обеспечения системы МЧС России».
2. *Покровский А.А.* Мероприятия по улучшению эксплуатационных свойств деталей машин. // Сборник материалов VII Всероссийской научно-практической конференции «Надежность и долговечность машин и механизмов». – 2016. – С. 143 – 145.

УДК 614.843

*И. В. Сараев, А. Г. Бубнов, Ю. Н. Моисеев, М. С. Кнутов*

ФГБОУ ВО «Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России»

## **РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫБОРУ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО АВАРИЙНО-СПАСАТЕЛЬНОГО ИНСТРУМЕНТА ДЛЯ ЛИКВИДАЦИИ АВАРИЙ НА ТРАНСПОРТЕ НА ПРИМЕРЕ ПОЖАРНО-СПАСАТЕЛЬНЫХ ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ МЧС РОССИИ РЕСПУБЛИКИ МОРДОВИЯ**

Приведены основные результаты применения разработанной авторами методики, основанной на концепции «польза-вред». На примере пожарно-спасательных подразделений МЧС России по Республике Мордовия показана возможность выбора гидравлического аварийно-спасательного инструмента для ликвидации чрезвычайных ситуаций на автомобильном транспорте.

**Ключевые слова:** общая польза, надёжность, гидравлический аварийно-спасательный инструмент, выбор.

*I. V. Saraev, A. G. Bubnov, YU. N. Moiseev, M. S. Knutov*

## **RECOMMENDATIONS FOR CHOICE OF HYDRAULIC RESCUE TOOL FOR LIQUIDATION OF ACCIDENTS IN TRANSPORT ON THE EXAMPLE OF FIRE-RESCUE DEPARTMENTS OF EMERCOM OF RUSSIA IN THE REPUBLIC OF MORDOVIA**

The main results of the application the methodology developed by the authors of this article and based on the concept of «benefit-harm» are presented. The possibility of choosing a hydraulic rescue tool for the liquidation of emergencies on motor transport is shown on the example of fire and rescue departments of EMERCOM of Russia in the Republic of Mordovia.

**Keywords:** total benefit, reliability, hydraulic rescue tool, choice.

Республика Мордовия (РМ) – это субъект Российской Федерации (РФ) в Приволжском федеральном округе и территориально расположенный в междуречье Оки и Суры со столицей в г. Саранск. На начало 2015 года численности населения РМ составило 807,4 тыс. человек с валовым региональным продуктом на душу населения 210 858,7 рублей [1].

Несмотря на относительную немногочисленность населения на территории РМ в 2015 году ежедневно происходило до 10 дорожно-транспортных происшествий (ДТП) с 5-10 пострадавшими и погибшими, так только за декабрь 2015 года произошло 94 ДТП с 113 пострадавшими [2].

Для ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций (ЧС) на транспорте пожарно-спасательными подразделениями (ПСП) МЧС России используется широкий перечень аварийно-спасательных средств, одним из которых является гидравлический аварийно-спасательный инструмент (ГАСИ), предназначенный для выполнения опе-

раций по фиксации, перемещению, резанию и пережиманию конструкций с целью высвобождения пострадавших из автомобилей, попавших в ДТП [3].

Исходя из сложившейся ситуации с техногенными ЧС на территории России принята Федеральная целевая программа (ФЦП) «Снижение рисков и смягчение последствий ЧС природного и техногенного характера в Российской Федерации до 2015 года» [4], основными целями которой является «снижение риска ЧС природного и техногенного характера; сокращение количества погибших и пострадавших в ЧС; предотвращение экономического ущерба от ЧС».

В рамках реализации ФЦП нами была разработана методика обоснования выбора и совершенствования технического оснащения подразделений МЧС России при ликвидации ЧС на транспорте, основывающуюся на концепции «польза – вред» («оправданность деятельности»), учитывающая особенности субъекта РФ на территории которого расположено ПСП.

Объектом исследования в данной работе стал ГАСИ, используемый ПСП МЧС России по Республике Мордовия для ликвидации последствий аварий на транспорте.

Суть методики заключается в использовании комплексного показателя «относительная общая польза» ( $W$ ) как основного критерия эффективности применения (использования) комплектов ГАСИ в нашем случае на территории РМ. Показатель ( $W$ ) рассчитывается как отношение математического ожидания ущерба от внезапного прекращения работы (отказа) инструмента к сумме величины уровня техногенного риска в стоимостном выражении и затрат на снижение уровня техногенного риска эксплуатации ГАСИ [5].

$$W = \frac{V}{G + B}, \quad (1)$$

где:  $V$  – величина предотвращённого ущерба от выхода из строя (отказа) ГАСИ при выполнении аварийно-спасательных и других неотложных работ, руб.;  $G$  – затраты на предотвращение и снижение уровня техногенного риска, руб. В случае с ГАСИ, это стоимость проведения регламентных работ по техническому обслуживанию и ремонту (эксплуатационные затраты);  $B$  – уровень техногенного риска, представленный в стоимостном выражении как произведение вероятности отказа и величины ущерба.

$$B = Q \cdot V, \quad (2)$$

где  $Q$  – вероятность отказа исследуемого ГАСИ.

В случае с ГАСИ величина предотвращённого ущерба может приниматься равной статистической стоимости жизни (ССЖ) так как за ущерб принимается потеря здоровья или гибель пострадавшего, в том числе и спасателя, вследствие несвоевременного оказания медицинской помощи.

$$V = ССЖ = ВРП \cdot \frac{T_{cp}}{N}, \quad (3)$$

где  $ВРП$  – валовый региональный продукт субъекта (или Федерального округа) России (в нашем случае  $ВРП$  РМ);  $T_{cp}$  – средняя продолжительность жизни населения в регионе, лет (в нашем случае – по Мордовии);  $N$  – численность населения в регионе.

Кроме того, за величину предотвращённого ущерба ( $V$ ), на территории России, можно использовать данные, получаемые крупными страховыми компаниями, например, РОСГОССТРАХОМ (по исследованиям стоимости страхования жизни в крупных и средних городах России).

Так как вероятность отказа  $Q(t)$  может быть рассчитана из величины вероятности безотказной работы (ВБР), первоначально необходимо найти значения последней. По имеющейся статистике эксплуатации ГАСИ, ВБР можно рассчитать по формуле:

$$P(t) = \frac{N_0 - n(t)}{N_0}, \quad (4)$$

где:  $N_0$  – количество работоспособного ГАСИ в начале рассматриваемого отрезка времени;  $n(t)$  – количество отказавшего ГАСИ за время  $t$ .

$$Q(t) = 1 - P(t), \quad (5)$$

где  $P(t)$  – вероятность безотказной работы ГАСИ.

Исходными данными для проведения необходимых расчётов являются статистическая информация, наиболее полно отражающая условия и характер эксплуатации ГАСИ, а также статистика его отказов на территории РМ.

Преследуя цель получение данных, указанных выше, нами было сформировано и отправлено письмо в ГУ МЧС России по Республике Мордовия с просьбой о предоставлении интересующей информации. Ниже представлена круговая диаграмма, отражающая в процентном соотношении количество и марки ГАСИ, находящиеся на балансе ПСП МЧС России РМ. Из анализа диаграммы следует, что для ликвидации ЧС на транспорте (ДТП), ПСП МЧС России по РМ используются такие марки ГАСИ, как «СПРУТ», «Медведь» и «Агрегат», следовательно, именно статистика эксплуатации этих марок ГАСИ и будет принята за исходные данные при проведении расчётов по формуле (1) и сведены в таблицу.

Анализ данных таблицы показывает, что результатом по комплекту ГАСИ «Агрегат» можно пренебречь т.к. в Мордовии применялся (в рассматриваемом промежутке времени) лишь 1 комплект данной марки, а этого явно не достаточно для сравнительной характеристики его надёжности и эффективности. Заслуживают внимания результаты комплектов-аналогов, а именно комплекта ГАСИ «Медведь» т.к. именно по этому комплекту получены большие значения  $W$  из сравниваемых. Но стоит отметить, что данные комплекты ГАСИ показывают не всегда стабильные результаты на практике [6], что объясняется спецификой субъектов РФ на территории которых расположено то или иное ПСП МЧС России.

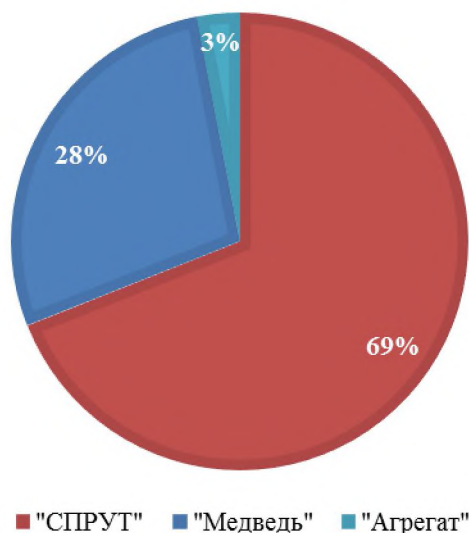


Рис. 1. Соотношение различных марок ГАСИ в ПСП Республики Мордовия

*Таблица. Относительная общая польза применения ГАСИ при ликвидации ЧС на транспорте ГУ МЧС России по Республике Мордовия (на 2015 год)*

Показатель	Наименование комплектов ГАСИ		
	«СПРУТ»	«Медведь»	«Агрегат»
$N_0$	22	9	1
$n(t)$	6	1	0
$Q$	0,2728	0,1112	0
$P$	0,7272	0,8888	1
$B$ , руб.	4105938	1673681	0
$G$ , руб.	15167	12874	16248
$V(ССЖ)$ , руб.	15051094		
$W$	3,65	8,92	926,33

Отметим, что использованный и предлагаемый нами методический подход к расчёту  $W$  основывается на использовании фактических эксплуатационных данных работы пожарно-технического оборудования (ПТО) в конкретном регионе (гарнизоне), в том числе на его фактических показателях надёжности. Т.е. зная эксплуатационные затраты на техническое обслуживание и ремонт ПТО, а также показатели его работоспособности, можно без особого труда выбрать наиболее подходящие ПТО производимое в и для России, с учётом специфики любого субъекта РФ.

В заключение следует указать, что при использовании методики расчёта  $W$  снижается вероятное субъективное влияние человеческого фактора (лица, принимающего решение – ЛПР) при определении предпочтительного ПТО для оснащения ПСП. Также стоит отметить, что преимуществом данной методики является её польза не только для ЛПР, занимающихся вопросами оснащения подразделений Государственной противопожарной службы, но и для ЛПР, организующих экипировку других видов пожарно-спасательных подразделений РФ [7].

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Республике Мордовия [Электронный ресурс] // Федеральная служба государственной статистики [сайт]. 2017. URL: [http://mrd.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat\\_ts/mrd/ru/statistics/](http://mrd.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_ts/mrd/ru/statistics/) (дата обращения: 12.03.2017 г.).
2. Сводка ЧС и происшествий [Электронный ресурс] // МЧС России [сайт]. 2017. URL: <http://13.mchs.gov.ru/operationalpage/digest> (дата обращения: 12.03.2017 г.).
3. ГОСТ Р 50983-96 Инструмент аварийно-спасательный с гидроприводом. Общие технические требования. – М.: Госстандарт России, 1997. 14 с.
4. Федеральная целевая программа «Снижение рисков и смягчение последствий чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера в Российской Федерации до 2015 года»: утв. постановлением Правительства Рос. Федерации от 07 июля 2011 г. №555 // Сборник законодательства Рос. Федерации. – 2011. – № 30. ст. 4633.
5. Сараев И.В., Бубнов А.Г., Курочкин В.Ю., Моисеев Ю.Н., Семенов А.Д. Относительная общая польза – дополнительный комплексный критерий выбора пожарных рукавов // Пожаровзрывобезопасность. 2015. Т. 24. № 4. С. 66-71.
6. Сараев И.В., Бубнов А.Г., Курочкин В.Ю., Семенов А.Д., Моисеев Ю.Н. Методика рационального выбора пожарно-спасательного оборудования // Материалы XXVII Междуна-

родной научно-практической конференции «Актуальные проблемы пожарной безопасности», посвященной 25-летию МЧС России. – Москва. – 2015. – С. 89-98.

7. О пожарной безопасности: Федер. закон Рос. Федерации от 21 декабря 1994 г. № 69-ФЗ (с изм. от 23 июня 2016 г.). Доступ из справ.-правовой системы «ГАРАНТ».

УДК 614.844.5

*А. Д. Семенов, Д. П. Погожин, М. С. Кнутов, А. Н. Бочкарев, В. Ю. Курочкин*  
ФГБОУ ВО «Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России»

### **О ВЛИЯНИИ ИНГИБИТОРА КОРРОЗИИ НА НАДЕЖНОСТЬ ЕМКОСТЕЙ ИЗ СТАЛИ МАРКИ СТ3 И ПЕНООБРАЗУЮЩУЮ СПОСОБНОСТЬ ПЕНООБРАЗОВАТЕЛЯ ПРИ ЕГО ХРАНЕНИИ В ПОЖАРНЫХ ЧАСТЯХ**

В работе показано влияние ингибирующей добавки на пенообразующую способность пенообразователя после хранения. Установлено, что ингибитор коррозии при хранении пенообразователя в металлических емкостях, изготовленных из стали марки СТ3 замедляет процесс коррозии в 4 раза и не оказывает существенного влияния на свойства пенообразующего раствора.

**Ключевые слова:** пенообразователь, коррозия, воздушно-механическая пена.

*A. D. Semenov, D. P. Pogozhin, M. S. Knutov, A. N. Bochkarev, V. Yu. Kurochkin*

### **ON THE INFLUENCE OF CORROSION INHIBITOR ON THE RELIABILITY OF CONTAINERS MADE OF STEEL OF GRADE ST3 AND FOAMING ABILITY OF THE FOAMING AGENT DURING STORAGE IN FIRE STATIONS**

Abstract: the paper shows an effect of inhibitory additive on the foaming ability of the blowing agent after storage. It is established that the corrosion inhibitor during storage of foam concentrate in metal containers, made of steel grade ST3 slows down the corrosion process 4 times and has no significant effect on the properties of the foaming solution.

**Keywords:** foaming, corrosion, air-mechanical foam.

Рост потребления энергетических ресурсов влечет за собой увеличение производственных мощностей для их переработки, что повышает вероятность возникновения чрезвычайной ситуации из-за отказа производственного оборудования. Анализ статистических данных [1] показал, что в последнее время на объектах нефтегазовой отрасли страны неоднократно вспыхивали крупные пожары, для ликвидации которых использовалась воздушно-механическая пена (ВМП) и большое количество пенообразователя для ее получения. Качество получаемой ВМП зависит от физико-химических свойств используемого пенообразователя, которые формируются при его получении и хранении.

На протяжении всей истории совершенствования пенообразователей физико-химические свойства изменялись в сторону снижения эксплуатационных затрат - обеспечения большего срока сохраняемости за счет уменьшения коррозионной активности, увеличения стабильности при хранении, снижения температуры замерзания, уменьшения рабочей концентрации и т. д. [2].

В работе [3] показано, что наилучшая сохранность пенообразователей обеспечивается при их хранении в емкостях из нержавеющей стали или полимерных материалов, в том числе в стальных емкостях с внутренним полимерным покрытием. В этих условиях срок хранения пенообразователей должен составлять не менее 10 лет. Допускается хранение пенообразователей (кроме фторсодержащих) в емкостях из углеродистой стали (марка Ст3). Однако в результате коррозии металла качество пенообразователя ухудшается, что снижает сроки его хранения.

Однако производство емкостей из нержавеющей стали, полимерных материалов, в том числе стальных емкостей с внутренним полимерным покрытием является дорогостоящим из-за большой стоимости материалов и трудозатратным из-за сложности изготовления, поэтому наибольшее распространение находят емкости из углеродистой стали (марки Ст3).

Использование емкостей из углеродистой стали осложняется процессом коррозии, протекающим при хранении пенообразователя. В [4] установлено, что сталь подвергается процессу коррозии значительно чаще в слабых щелочных растворах ПАВ.

В зависимости от природы ПАВ, их влияние на коррозионное поведение металлов существенно отличается, при этом многие из них являются эффективными ингибиторами коррозии для различных материалов. Это связано с тем, что поверхностной активностью обладают вещества различных классов: анионные, катионные и амфолитные (амфотерные) [4].

Авторы [5] проводили исследования влияния различных моющих веществ на коррозию металла. В этих опытах образцы стали холодной прокатки на две недели помещали в 10% - е растворы моющих средств в дистиллированной воде. Было показано, что в данных условиях наименее активными были неионогенные соединения, катионоактивные ПАВ оказывали наибольшее воздействие на сталь, анионоактивные соединения обладали большим или меньшим корродирующим действием в зависимости от примененного соединения без привязки к длине углеводородной цепи.

Неионогенные вещества практически не используются для приготовления пенообразователей, что связано с их низким пенообразованием. Для этих целей в основном применяются анионоактивные ПАВ, как углеводородные так и фторсодержащие, обладающие высокой коррозионной активностью.

Данное обстоятельство вынуждает разработчиков и производителей пенообразователей для пожаротушения вводить в составы растворов ингибиторы коррозии различных классов соединений. Единого подхода к решению проблемы, а тем более универсального ингибитора не существует, что связано с многообразием ПАВ, применяемых в композициях, а также вводимых эксплуатационных добавок.

В работе [5] было предложено использовать в качестве ингибитора коррозии соединение класса – антипирены, выбранный в ходе экспериментов ингибитор, обеспечивает уменьшение скорости коррозии стали в рабочем растворе в 4 раза. Полученные результаты свидетельствуют о том, что добавки органических соединений класса антипиренов могут быть использованы в качестве антикоррозионных компонентов

пенообразующих растворов. Однако не ясно как предлагаемый ингибитор коррозии влияет на пенообразующую способность пенообразователя.

В качестве объекта исследования нами был выбран пенообразователь ПО-6ТС-М с применением этиленгликолевых антифризов производства АО «Ивхимпром», г. Иваново.

Целью работы - изучить влияние ингибитора коррозии на пенообразующую способность пенообразователя путем определения показателя устойчивости образующейся пены.

#### Методика эксперимента.

Пенообразователь ПО-6ТС-М производится по ТУ № 2481-188-05744685-2002 и применяется для нужд пожаротушения. Он представляет собой раствор на основе этиленгликоля с добавлением фторсодержащих соединений. Исследования проводились в рабочем растворе пенообразователя, полученного путем разбавления концентрата пенообразователя ПО-6ТС-М дистиллированной водой в соотношении 1:17 (1 часть пенообразователя, 17 частей воды). Приготовленный раствор пенообразователя хранился в металлических бочках, изготовленных из углеродистой стали (марки СТЗ) объемом 100 л в течение 30 дней.

В качестве ингибирующей добавки было выбрано соединение группы антипиренов.

Определение кратности и показателя устойчивости пены низкой и средней кратности проводили согласно [6].

Устойчивость пены определяли путем измерения массы отсека, вытекающего из пены, а затем по полученным данным определяли скорость разрушения пены  $\alpha$  (г/с) по формуле:

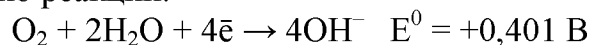
$$\alpha = \frac{dm}{d\tau} = \frac{m_0 - m}{m_0} \cdot \frac{1}{\Delta t} \quad (1)$$

где  $m_0$  – масса собранной пены средней кратности, г;  $m$  – масса отсека, г;  $\Delta t$  – время изменения, с.

Затем производили сбор отсека, вытекающего из пены за промежутки времени  $\Delta t = 20$  с, после чего измеряли массу.

#### Определение устойчивости пены.

Установлено, что коррозия стали в растворе пенообразователя протекает с кислородной деполяризацией, при этом катодный процесс состоит в восстановлении растворенного кислорода по реакции:

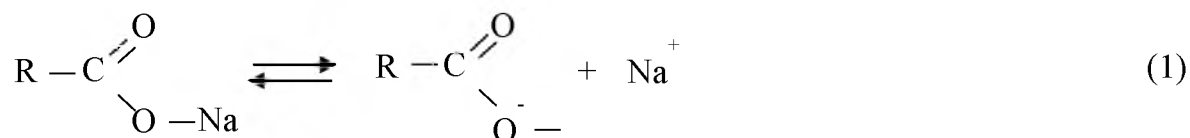


В соответствии с данным уравнением, в ходе процесса анодного растворения железа происходит подщелачивание коррозионной среды, что может оказывать влияние на скорость коррозионного процесса на поверхности стального электрода в рабочем растворе пенообразователя ПО-6ТС-М.

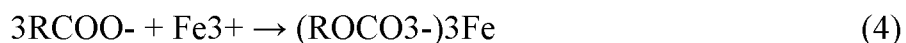
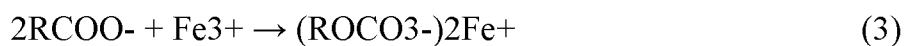
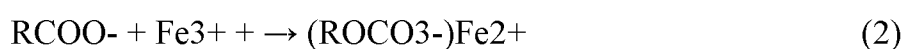
Как уже отмечалось [1], основу синтетических пенообразователей составляют углеводородные анионные поверхностно-активные вещества (ПАВ). Наиболее часто используется в составах натриевая соль карбоновой кислоты, диссоциирующая в водном растворе на поверхностно-активный анион и неактивный катион (реакция 1). Такие соединения обладают высокой пенообразующей способностью и обеспечивают получение средне- и высокократных пен.



Диссоциация натриевой соли карбоновой кислоты в растворе пенообразователя протекает по реакции - 1:

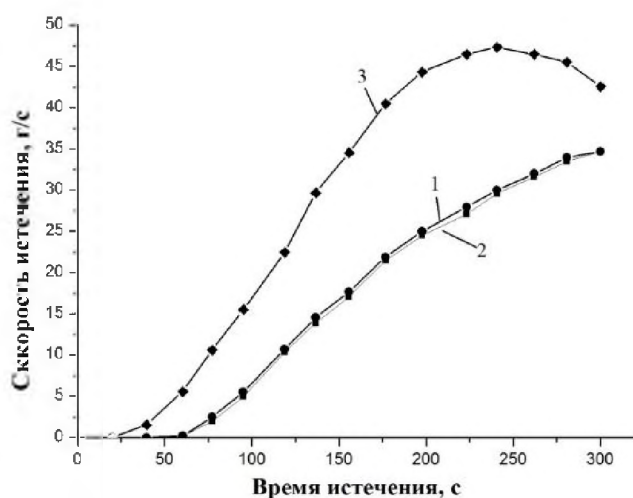


Установлено, что при протекании коррозионного процесса стали марки СТЗ, в растворе пенообразователя, происходит образование ионов трехвалентного железа  $\text{Fe}^{3+}$ . В процессе хранения пенообразователя, механизм анодного растворения железа сопровождается образованием комплексных соединений железа с карбоновой кислотой и его можно представить схемами:



Таким образом, образование комплексов железа сопровождается укрупнением мицелл соединений железа и карбоновой кислоты, что характеризуется разрушением водородных связей в растворе пенообразователя и приводит к увеличению молекулярной массы этих молекул. Разрушение водородных связей влияет на физико-химические свойства пенообразующего раствора, что приводит к уменьшению его пенообразующей способности, а образование мицелл приводит к снижению устойчивости, кратности и огнетушащей способности образующейся пены.

Данные эксперимента по определению устойчивости пены получаемой из исследуемых растворов пенообразователя сроком хранения 30 дней представлены на рис. 1.



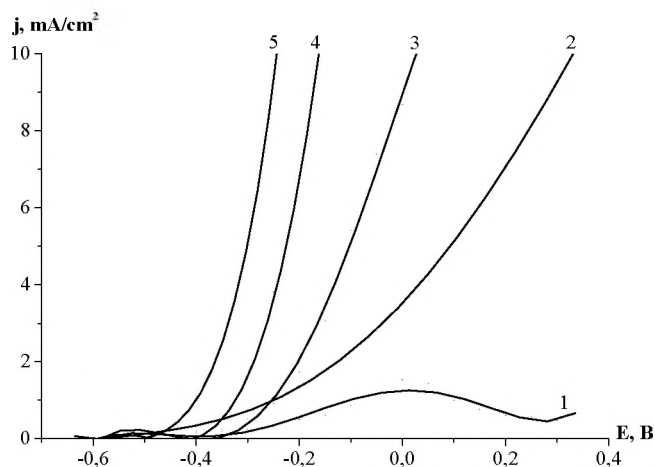
**Рис. 1.** Устойчивость пены полученной из рабочего раствора пенообразователя ПО-6ТС-М после хранения: 1 – исходный раствор пенообразователя (свежеприготовленный); 2 – раствор пенообразователя с ингибитором коррозии; 3 – раствор пенообразователя без ингибитора коррозии

Анализ экспериментальных данных (рис. 1) показывает, что скорость истечения водного отсека из полученной пены изменяется. Наибольшая скорость истечения отсека из пены наблюдается из образца №3 (кривая 3, рис. 1), полученного при хранении пенообразователя в металлической емкости из углеродистой стали (марки СТ3) без добавления ингибитора коррозии, что связано с образованием сложных комплексных соединений железа с анионной частью растворенного ПАВ, которые описываются схемами 2-3.

Добавление ингибитора при хранении пенообразователя существенного влияния на свойства приготовленного раствора не оказывает, о чем свидетельствуют данные представленные на рис. 1 (кривая 1, 2). По-видимому, это связано с пассивацией поверхности металлической емкости для хранения пенообразователя, что препятствует растворению металлического железа, о чем свидетельствуют данные поляризационных измерений в потенциодинамическом режиме (рис. 2).

Для снижения скорости коррозии стали в рабочем растворе пенообразователя нами было исследовано влияние на анодное поведение стали ряда известных ингибирующих добавок.

Анодные поляризационные кривые, полученные в рабочих растворах пенообразователя с различными добавками ингибиторов, представлены на рис. 2.



**Рис. 2.** Анодные потенциодинамические (2·мВ/с) поляризационные кривые стального электрода Ст.3 в рабочем растворе пенообразователя ПО-6ТС-М, содержащего ингибирующие добавки: 1 – 0,5 г/л антипирена; 2 – 1 г/л 8-оксихинолина; 3 – 1 г/л 1,2,3-бензотриазола; 4 – 1 г/л 2-меркаптобензтриазола; 5 – 0,5 г/л ТМТ-15. T = 298 К

Как следует из полученных поляризационных кривых, наиболее эффективным ингибитором оказалось слабое органическое основание класса антипиренов. Введение данной добавки в рабочий электролит пенообразователя приводит к пассивации стального электрода и как следствие к уменьшению скорости коррозии, о чем свидетельствует характерный вид кривой 1 (рис. 2.). Добавление других исследованных органических соединений приводит к некоторому смещению поляризационных кривых в сторону положительных потенциалов, но полной пассивации и прекращения растворения стального электрода не наблюдается.

Параллельно поляризационным исследованиям были проведены эксперименты по определению удельной скорости потери массы стальных пластинок ( $K_m^-$ ). Полученные результаты представлены в таблице.

*Таблица. Показатели скорости коррозии стального электрода Ст3 в растворах пенообразователя ПО-6ТС-М*

Показатели скорости коррозии:	Без ингибитора	С ингибитором антипирен – 0,5 г/л
Удельная скорость потери массы ( $K_m^-$ ), г/м <sup>2</sup> ·ч	0,087	0,023

Таким образом, использование ингибитора коррозии при хранении пенообразователя в металлических емкостях, изготовленных из стали марки Ст3 замедляет процесс коррозии в 4 раза и не оказывает существенного влияния на свойства пенообразующего раствора.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шароварников, А.Ф. Противопожарные пены. Состав, свойства, применение. М.: Знак, 2000 г.
2. Weinga Riner M. Die Schaummittel und ihre LoschefeTecte // Brenn-punkt, 1977. - V. 29. № 2, p. 22-23 219/3-1.
3. Порядок применения пенообразователей для тушения пожаров. Рекомендации Утверждены МЧС России 27 августа 2007 г.
4. Семенова, И.В., Флорианович, Г.М., Хорошилов, А.В. Коррозия и защита от коррозии: учебное пособие. М.: Физматлит. 2010. 413 с.
5. Костяев, А.А., Балмасов, А.В., Инсаридзе, Л. Н., Влияние ингибиторов на коррозию углеродистой стали в растворах пенообразователя. Российский химический журнал РХО им. Д.И. Менделеева. 2015. Т. 4, С. – 65-69.
6. ГОСТ Р 50588-2012. Пенообразователи для тушения пожаров.

УДК 614.844.5

*А. Д. Семенов, И. А. Краснов, М. С. Кнутов, В. Ю. Курочкин*  
ФГБОУ ВО «Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России»

#### **ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ ЕМКостей ИЗ СТАЛИ МАРКИ Ст3 ПРИ ХРАНЕНИИ ПЕНООБРАЗОВАТЕЛЯ В ПОЖАРНЫХ ЧАСТЯХ**

В работе проводится оценка влияния коррозионных процессов при хранении пенообразователя ПО-6ТС-М в емкостях из стали марки Ст3. Предложено в качестве ингибирующей добавки использовать слабое органическое соединение класса антипиренов с концентрацией 0,5 г/л в качестве ингибитора, что позволяет уменьшить скорость коррозии стали в 220 раз вследствие пассивирования корродируемой поверхности.

**Ключевые слова:** пенообразователь, коррозия, ингибитор.

*A. D. Semenov, I. A. Krasnov, M. S. Knutov, V. Yu. Kurochkin*

## IMPROVING THE RELIABILITY OF CONTAINERS MADE OF STEEL OF GRADE ST3 DURING THE STORAGE OF FOAM CONCENTRATE IN FIRE STATIONS

The paper assesses the influence of corrosion processes during storage of foam concentrate in tanks of steel grade St3. Proposed as an inhibitory Supplement, use a mild organic compound of a class of flame retardants with a concentration of 0.5 g/l as inhibitor, which reduces the corrosion rate of steel in 220 times due to the passivation corrosional surface.

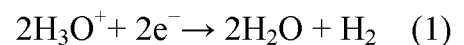
**Keywords:** foaming agent, corrosion, inhibitor.

Пенообразователи представляют собой растворы поверхностно-активных веществ (ПАВ) [1]. Поверхностно активные вещества применяются в более чем 100 отраслях народного хозяйства (производство синтетических моющих средств, пожаротушение, строительство).

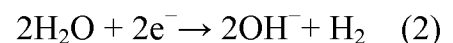
Анализ литературных данных [2] показал, что при хранении ПАВ в металлических емкостях протекают химические процессы вызывающие деструкцию пенообразователя и металла емкостей (коррозия). Для предотвращения коррозии металла и изменения физико-химических свойств пенообразователя целесообразно использовать добавки специальных химических компонентов, стабилизирующих пенообразователь.

Целью работы является изучение влияния ингибирующих добавок, вызывающих снижение коррозионной активности раствора пенообразователя (ПО-6ТС-М), на химическую деструкцию стали (Ст3). Для изучения коррозионных процессов стали (Ст3) протекающих в растворе пенообразователя необходимо определить механизм протекания коррозии.

Определив кислотность рабочего пенообразующего раствора с помощью электронного рН - метра установили, что рН= 7,2 и соответствует нейтральной среде, а равновесный потенциал водородного электрода при таком рН составляет  $-0,420$  В, по этому анодная коррозия стали протекать не будет, а протекает с кислородной деполяризацией по схеме:

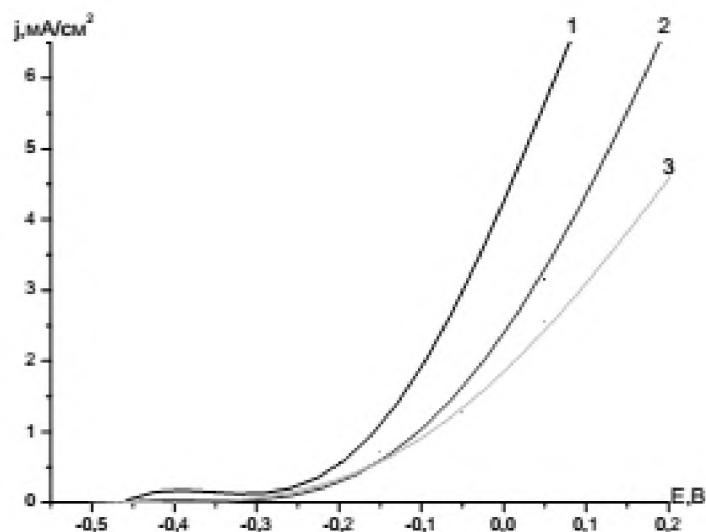


или



В соответствии с представленными схемами 1 и 2 процесс кислородной деполяризация происходит с подщелачиванием коррозионной среды, что подтверждается данными потенциодинамического метода измерений (рисунок). Анализ экспериментальных данных (рис. 1) показал, что скорость развертки влияет на плотность тока – чем выше скорость, тем выше плотность тока, что характерно для процессов анодного растворения, осложненных образованием пассивирующего слоя на поверхности электрода.

Установив параметры и механизм протекания коррозионного процесса стали в растворе пенообразователя, провели серию опытов (потенциодинамический метод) при комнатной температуре и при скорости развертки потенциала  $V = 2 \cdot 10^{-3}$  В/с, по определению действия нескольких ингибирующих добавок на процесс протекания химической деструкции стали.



**Рисунок.** Потенциодинамические анодные поляризационные кривые на электроде из стали Ст 3 в растворе пенообразователя при различных скоростях развертки потенциала, В/с: 1 -  $10^{-2}$ ; 2 -  $5 \cdot 10^{-3}$ ; 3 -  $2 \cdot 10^{-3}$ ,  $T=298$  К

Установили, что добавка слабого органического соединения класса антипиренов действует на процесс таким образом, что после небольшого растворения металла происходит его пассивация, а значит и скорость коррозии уменьшается, потенциал начала пассивации  $U_{н.п.}=0,01$  В, и предельная плотность тока коррозии  $j=0,13$  мА/см<sup>2</sup>.

Проанализировав экспериментальные данные по определению рабочей концентрации ингибирующей добавки, определили, что содержание добавки 0,5 г/л является оптимальным.

Параллельно поляризационным исследованиям проводили эксперименты по определению отрицательных показателей изменения массы ( $K_m^-$ ). Подготовленные образцы стали погружали в растворы на месяц. Через месяц измеряли убыль массы, а затем рассчитывали показатель изменения массы и токовый показатель коррозии (таблица).

*Таблица.* Показатели скорости коррозии стали Ст3 в пенообразующем растворе.

Показатель скорости коррозии в растворе:	Раствор пенообразователя (ПО-6ТС-М)	Раствор пенообразователя с ингибитором
Отрицательное показание изменения массы ( $K_m^-$ ), г/м <sup>2</sup> ·ч	0,441	0,002
Токовый показатель коррозии (i), мкА/см <sup>2</sup>	63,3	0,28

Анализ экспериментальных данных показал, что при оптимальной концентрации ингибирующей добавки скорость коррозии стали Ст3 в растворе пенообразователя снижается в 220 раз. Таким образом, использование слабого органического соединения класса антипиренов с концентрацией 0,5 г/л в качестве ингибитора, позволяет уменьшить скорость коррозии стали в 220 раз вследствие пассивирования корродируемой поверхности.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ Р 50588-2012. Пенообразователи для тушения пожаров.
2. Шароварников, А.Ф. Противопожарные пены. Состав, свойства, применение. М.: Знак, 2000 г.

УДК 614.843.27

*А. Д. Семенов, А. А. Костяев, Р. И. Харламов, В. Ю. Курочкин*  
ФГБОУ ВО «Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России»

### **ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ И СОВРЕМЕННЫЕ СПОСОБЫ ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ ПОЖАРНЫХ РУКАВОВ**

В работе проводится анализ повреждений напорных пожарных рукавов. Рассматриваются способы повышения надежности рукавных систем на пожаре при разрыве напорных рукавов. Предлагается использовать рукавный зажим для восстановления работоспособности напорного рукава на пожаре.

**Ключевые слова:** пожарный рукав, напорный пожарный рукав, надежность.

*A. D. Semenov, A. A. Kostyaev, R. I. Kharlamov, V.U. Kurochkin*

### **THE HISTORY OF DEVELOPMENT AND MODERN WAYS OF IMPROVING THE RELIABILITY OF FIRE HOSES**

The paper deals with failure analysis of pressure fire hoses. Discusses ways of improving the reliability of house systems on the fire when you break the hoses. It is proposed to use the hose clamp to restore the pressure hoses on the fire.

**Keywords:** fire hose, fire hose pressure, reliability.

В XVII веке в России для борьбы с огнем не было специализированной техники. Основными способами ликвидации пожаров были непосредственное заливание огня водой и ломка деревянных строений на пути распространения огня. Для этих целей использовались обычные предметы быта: ведра, топоры, ломы, багры, лопаты, крючья. Для предотвращения распространения огня стены и крыши, соседствующих с очагом пожара домов покрывались мешковиной, брезентом, лубом, которые постоянно поливались водой [1].

После утверждения в 1649 году «Наказа о градском благочинии» сторожа, следившие за противопожарным состоянием в городах, стали оснащаться также ручными пожарными насосами – «водоливными трубами». Вода в трубу заливалась сверху ведрами. Трубы изготавливались в Москве на специально созданной для этих целей фабрике «Заливные трубы» [1].

В начале XVIII века в Россию из-за границы для целей пожаротушения стали ввозить 2-цилиндровые поршневые насосы, которые были снабжены пожарными рукавами и медными стволами «брандспойтами» (рис.1).

Изначально пожарные рукава шивались из парусины, а позднее из кожи с металлическими заклепками. Такие рукава применялись вплоть до 1822 года. Первые пожарные рукава были тяжелыми, неудобными в обращении, пропускали воду через неплотности швов.

В 1822 г. мелкие ремесленники братья Бурбах в деревне Герзельгау (Германия) изготовили на кустарном ткацком станке пожарный рукав без шва, но это новшество было освоено промышленностью лишь в середине XIX в. При наличии пожарного рукава от насоса воду можно было подавать в огонь на расстояние 25-32 м, тогда как при прежней конструкции получали компактную струю воды длиной не более 10-12 м.

В процессе развития науки и техники для целей тушения пожаров и спасения людей были разработаны насосные установки, работающие от двигателя внутреннего сгорания, способные создавать напор до 400 метров водного столба и производительностью до 150 л/с для транспортирования огнетушащих веществ. При этом дальнейшее развитие пожарно-технического оборудования было связано с совершенствованием технологий изготовления напорных рукавов способных выдерживать высокое давление и проявлять стойкость к механическим повреждениям.

Пожарный рукав представляет собой гибкий трубопровод, предназначенный для транспортирования огнетушащих веществ и оборудованный пожарными соединительными головками при эксплуатации на пожарной машине, а также в комплекте пожарного крана [2]. Все пожарные рукава подразделяются на всасывающие, напорно-всасывающие и напорные.

Напорные рукава состоят из тканого или ткано-вязаного каркаса и внутреннего гидроизоляционного покрытия (рис. 2). При изготовлении каркаса напорного рукава используют нити из химических и натуральных волокон. Внутреннее гидроизоляционное покрытие изготавливается из различных видов резин, латекса, полиуретанов и других полимерных материалов. Напорные рукава с каркасом из натуральных волокон могут не иметь внутреннего гидроизоляционного покрытия [3].

В настоящее время пожарные рукава, используемые в подразделениях ГПС МЧС России, сильно отличаются от своего первоначального вида, но современные технологии изготовления рукавов, к сожалению, не могут обеспечить надежность и долговечность напорных пожарных рукавов в процессе их эксплуатации.

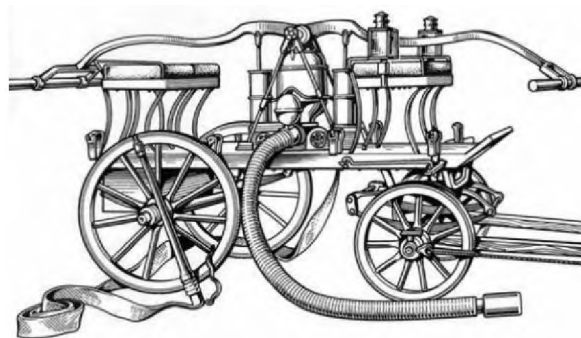


Рис. 1. Первый двухцилиндровый пожарный насос. Испания XVIII век



Рис. 2. Напорный пожарный рукав

Проблема выхода из строя пожарных рукавов при тушении пожара является актуальной, так как, ежедневно на территории Российской Федерации происходит более 500 пожаров. Согласно статистике – за второе полугодие 2013 года в России произошло 76 724 пожара, материальный ущерб от которых составил 5 890 922 руб. [4], а эффективность тушения пожара напрямую зависит в первую очередь от надежности и долговечности применяемого при тушении пожарно-технического оборудования.

При тушении пожара напорные рукава подвергаются различным воздействиям, в результате которых нарушается каркасная структура рукава и ухудшаются его основные характеристики (пропускная способность, рабочее давление, сопротивление и т.д.), что приводит к разрыву рукавов и как следствие прекращение подачи огнетушащих веществ в зону горения. Разрыв пожарных рукавов происходит в 65% случаев из-за механических повреждений при прокладке магистральных и рабочих линий, в результате которых, при повышении рабочего давления в системе, происходят потери огнетушащих веществ и появляются свищи, продольные и поперечные разрывы, а также ослабление навязки соединительных головок. Все это приводит к увеличению времени локализации и ликвидации пожара и увеличению как следствие материального ущерба. Одним из решений этой проблемы является установка на место течи рукавного зажима или полная замена пожарного рукава на исправный. Но не всегда рукавный зажим может обеспечить 100% устранение протечки, это связано с тем, что длина повреждения рукава защищаемого зажимом составляет не более 30 мм [1], а при тушении крупных пожаров, количество рукавов может быть ограничено и произвести замену не исправного рукава не всегда возможно.

Проанализировав возможные причины отказов пожарных напорных рукавов и современные способы устранения неисправностей, разработан эскиз и смоделировано крепежное устройство для зажима каркаса напорного рукава на несущей детали соединительной головки.

Крепежное устройство состоит из двух скоб 1, соединенных между собой петлей 2, которая позволяет свободно открывать и закрывать устройство, для фиксации зажима каркаса напорного рукава на несущей детали соединительной головки предусмотрена эксцентриковый фиксатор 3, который предназначен для закрепления рукава на соединительной головке.



Рис. 3. Прорыв напорного пожарного рукава

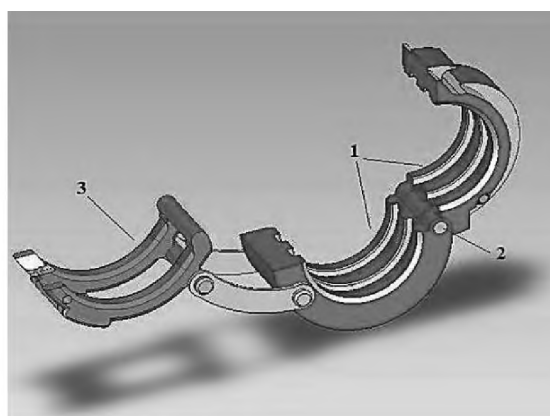


Рис. 4. Крепежное устройство для зажима каркаса напорного рукава на втулке соединительной головки



Сделав оценку эффективности соединительного устройства, пришли к выводу, что использование зажима в процессе эксплуатации рукавов позволит: повысить надежность работы рукавных систем; продолжить использовать поврежденные рукава на пожаре; снизит временной показатель – приведение рукавных систем в боевую готовность более чем в 3 раза, а также значительно повысит показатели эффективности работы подразделений ГПС МЧС России при спасении людей, тушении пожаров и сохранении материальных ценностей.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Абрамов, В.А.* История пожарной охраны. Краткий курс. Учебник. – М.: АГПС МЧС России, 2005. – 285 с.
2. ГОСТ Р 51049-2008 Техника пожарная. Рукава пожарные напорные. Общие технические требования. Методы испытаний.
3. Методическое руководство по организации и порядку эксплуатации пожарных рукавов, М., 2007. – 44 с.
4. Официальный сайт МЧС России – Статистика – Пожары – 2016 г. <http://www.mchs.gov.ru/folder/461298>.

УДК 614.846; 614.843.52

*А. Д. Семенов, В. А. Годлевский, М. С. Кнутов, А. Н. Бочкарев*  
ФГБОУ ВО «Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России»

#### **УВЕЛИЧЕНИЕ СРОКА СЛУЖБЫ ПОДШИПНИКОВ КАЧЕНИЯ ПОСРЕДСТВОМ РАЦИОНАЛЬНОГО ВЫБОРА СМАЗОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ**

В работе представлен анализ причин преждевременного выхода из строя пожарных насосов. Акцентировано внимание на выбор смазочных материалов для продления службы подшипников в пожарных насосах.

**Ключевые слова:** подшипник, срок службы, кавитация, насос, смазка.

*A. D. Semenov, V. A. Godlewski, M. S. Knutov, A. N. Bochkarev*

#### **THE INCREASE OF SERVICE LIFE OF ROLLING BEARINGS BY MEANS OF RATIONAL SELECTION OF LUBRICANTS**

The paper presents the analysis of the causes of premature failure of the fire pumps. The attention is focused on the selection of lubricants to prolong the bearings' service in the fire pumps.

**Keywords:** bearing, service life, cavitation, pump, lubrication.

Подшипники качения представлены в узлах и механизмах пожарной техники большим разнообразием конструкций и типоразмеров. Помимо разнообразных узлов качения в трансмиссии базового шасси, весьма ответственным узлом является под-

шипниковый узел центробежного насоса. Когда насос работает с максимальной эффективностью, подшипник должен выдерживать следующую нагрузку: 1) массу узла вращения в сборе, 2) напряжение, возникшее в процессе подгонки подшипника к валу, 3) любой предварительный натяг подшипника, обусловленный производителем.

Срок службы подшипника определяется количеством часов, в течение которых наступает «усталость металла», количеством оборотов подшипника, наличием и количеством смазки. Компании, занимающиеся насосами, прогнозируют ритмичную и надежную работу подшипника в течение нескольких лет. Однако, когда подшипник находится под давлением при вращении вала, нагрузка передается с внутреннего кольца подшипника через элементы качения на внешнее кольцо. Каждый шар несет часть нагрузки, в конечном итоге это приводит к усталости всех металлических частей.

В действительности, большинство подшипников становятся неисправными по следующим причинам:

- неправильный подбор подшипника к валу (несоблюдение допусков),
- отсутствие соосности между насосом и его ведущим шкивом,
- деформация валов,
- несбалансированность вращающихся элементов,
- термическое расширение вала,
- бесполезная попытка охладить подшипники, заливая в корпус подшипника воду из шланга или любую другую жидкость.

Охлаждение внешней поверхности подшипника служит причиной высыхания смазки подшипника и ухудшения его рабочих свойств, увеличивает трение и создает дополнительную нагрузку на подшипник.

Такие факторы как кавитация, пульсация водяного потока, аксиальное давление, деформация корпуса подшипника, вибрации всех видов, большое расстояние между крыльчаткой и подшипником, установка некачественного подшипника (что становится серьезной проблемой в связи с ростом производства поддельных подшипников) – так же существенно влияют на долговечность подшипникового узла.

Из-за перегрузки подшипник начинает нагреваться, а нагрев, в свою очередь, является другой частой причиной преждевременного выхода подшипника из строя. Уменьшение вязкости смазочных материалов в результате нагревания приводит к тому, что подшипник теряет способность нести нагрузку.

Ведущие производители подшипников утверждают, что срок службы масла в подшипнике полностью зависит от тепла. Незагрязненное масло не может высохнуть и его полезный срок службы будет около тридцати лет при тридцати градусах Цельсия. Производственные компании продолжают говорить о том, что срок службы подшипниковой смазки уменьшается вдвое при повышении температуры масла на 10 градусов. Это значит, что регулирование температуры масла является решающим при любой попытке увеличить срок службы антифрикционных подшипников. Вероятно, главная причина преждевременного выхода подшипника из строя заключается в загрязнении смазочной жидкости подшипника посторонними жидкостями и твердыми частицами.

Есть несколько способов, используемых насосными компаниями для того, чтобы вода и посторонние жидкости не попадали внутрь корпуса подшипника: – маслоотражательное кольцо деформирует упаковку, или уплотнение делает отвод влаги от подшипника; - сохранение масла в подшипнике горячим для предотвращения формирования конденсата вне подшипника; использование так называемых «закрытых»

подшипников; - пластичная смазка или манжетное уплотнение имеют срок службы около двух тысяч часов (84 дня по 24 часа), после этого подшипник начнет царапать дорогостоящий вал под манжетой, двойное манжетное уплотнение станет нарезать вал в двух местах; – уплотнения с лабиринтной втулкой являются лучшими среди манжетных уплотнений, но они не всегда результативны.

Жидкость поступает в подшипник из различных источников:

- 1) нарушение герметичности упаковки при транспортировке и хранении подшипника;
- 2) при нарушении герметичности корпуса подшипника вода может попасть на подшипник из водяного шланга, которым могут мыть близлежащую территорию;
- 3) влажный воздух попадает через кромку или уплотнение с лабиринтной втулкой, когда корпус подшипника охлаждается;
- 4) уплотнение охлаждает сальник, из-за чего часто появляется пар, конденсат или утечка холодной воды, это происходит преимущественно в радиальных подшипниках.

Жидкость является причиной следующих проблем:

- 1) точечная коррозия, коррозия дорожки качения подшипника и элементов качения, что увеличивает усталость металлических деталей;
- 2) свободный атомный водород, находящийся в воде, становится причиной водородной хрупкости в металле подшипника и ускоряет процесс старения металла;
- 3) наличие воды и масляной эмульсии не обеспечивают хорошей смазочной пленки.

Твердые частицы попадают в смазку из следующих источников:

- 1) при износе сепаратора, которая часто производится из латуни или неметаллических материалов;
- 2) абразивные частицы отделяются от корпуса подшипника;
- 3) зачастую твердые частицы уже находятся в загрязненном смазочном веществе или масле;
- 4) твердые частицы попадают в систему в процессе сборки подшипника из-за недостатка чистоты в помещении, где происходит сборка;
- 5) на поверхность уплотнения попадают частицы, находящиеся в воздухе;
- 6) в подшипники проникают частицы отработанной смазки или уплотнительной манжеты.

Как не допустить попадания твердых частиц и посторонних жидкостей в корпус подшипника:

1) уплотнения внутри корпуса с эпоксидным или любым другим подходящим материалом останавливают и предотвращают попадание твердых частиц, отделяющихся от металлического корпуса, при использовании некоторых современных чистящих вещества в состоянии полностью удалить защитное покрытие;

2) установить расширение камеры вне корпуса подшипника так, чтобы позволить воздуху, увеличиваться в объеме при нагревании корпуса подшипника. Без этого расширения камеры давление в корпусе подшипника возрастет приблизительно на одну атмосферу. Это не является проблемой для механических уплотнений, но в течение длинных периодов остановки работы давление должно приходить в норму.

3) производите очистку масла в корпусе подшипника при помощи обычной системы циркулирования и фильтрования масла, или же часто меняйте масло.

Когда рекомендуется перейти от антифрикционных шарикоподшипников и роликоподшипников к гидродинамическим подшипникам в центробежных насосах:

- 1) когда количество оборотов в минуту превышает 300 000;
- 2) если стандартные подшипники не поддерживают срок службы в 25 000 часов в течение периода непрерывной эксплуатации или 16000 часов при максимальной осевой или радиальной нагрузке или номинальной скорости;
- 3) если производительность насоса в лошадиных силах и скорость в оборотах в минуту составляет 2,7 миллиона или больше.

Одним из важнейших условий работы подшипника является правильная его смазка. Недостаточное количество смазочного материала или неправильно выбранный смазочный материал неизбежно приводит к преждевременному износу подшипника и сокращению срока его службы. Результаты изнашивания тел качения подшипников представлены на рис. 1.



**Рис. 1.** Повреждения подшипников качения, вызванные плохим смазыванием: а – поверхностное выкрашивание (сфероконические ролики), б – поверхностное выкрашивание (тела качения и внутреннее кольцо конического подшипника), в – царапины на торцевых поверхностях роликов конических подшипников, г – задиры на дорожке качения внутреннего кольца конического подшипника, д – поломка сепаратора

Смазка определяет долговечность подшипника не в меньшей мере, чем материал его деталей. Особенно возросла роль смазки с повышением напряженности работы узлов трения: с повышением частот вращения, нагрузок и в первую очередь температуры (наиболее значительного фактора, обуславливающего долговечность смазочного материала в подшипнике).

Смазочный материал в подшипниковых узлах выполняет следующие основные функции:

- 1) образует между рабочими поверхностями необходимую упругогидродинамическую масляную пленку, которая одновременно смягчает удары тел качения о кольца и сепаратор, увеличивая этим долговечность подшипника и снижая шум при его работе;

2) уменьшает трение скольжения между поверхностями качения, возникающее вследствие их упругой деформации под действием нагрузки при работе подшипника;

3) уменьшает трение скольжения, возникающее между телами качения, сепаратором и кольцами;

4) служит в качестве охлаждающей среды;

5) способствует равномерному распределению тепла, образующегося при работе подшипника, по всему подшипнику и предотвращает этим развитие высокой температуры внутри подшипника;

6) защищает подшипник от коррозии;

7) препятствует проникновению в подшипник загрязнений из окружающей среды.

Смазывание подшипников качения в основном выполняется с помощью пластичных смазочных материалов (пластичными смазками) и жидких масел. В некоторых случаях (сверхвысокие или сверхнизкие температуры, работа в особых средах и т.д. и т.п.) используются твердые смазочные материалы и специальные покрытия элементов трения. Главными критериями выбора вида смазочного материала являются рабочие условия подшипников качения, а именно:

1) температура,

2) нагрузка,

3) скорость вращения,

4) колебания,

5) вибрации,

6) ударная нагрузка,

7) влияние окружающей среды (температура, влажность, агрессивность и др.).

Другими критериями выбора могут быть:

1) чистота,

2) низкий уровень шума,

3) жесткие допуски,

4) соответствие экологическим требованиям.

Жидкие масла являются, несомненно, наиболее предпочтительными для смазывания подшипников. Во всех случаях, где это возможно, следует применять именно их. Существенным преимуществом жидких масел по сравнению с пластичной смазкой является улучшенный отвод тепла и частиц изношенного материала от узлов трения, а также отличная проникающая способность и отличное смазывание. Однако по сравнению с пластичной смазкой недостатками жидких масел являются конструкционные расходы, необходимые для того, чтобы удержать их в подшипниковом узле, а также опасность их утечки. Поэтому на практике по возможности стараются применять пластичные смазочные материалы. Основное преимущество пластичной смазки перед жидким маслом заключается в том, что она более длительное время работает в узлах трения и снижает, таким образом, конструкционные расходы. Более 90% всех подшипников качения смазываются именно пластичной смазкой.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гаркунов Д.Н. Триботехника. М.: Машиностроение, 1999. 336 с.
2. Подшипники качения справочник-каталог. [http:// varusonline.ru/ catalog/catalogindex.html](http://varusonline.ru/catalog/catalogindex.html)

3. Словарь-справочник по трению, износу и смазке. Киев: Наукова думка. 1979. 188с.
4. Справочник по триботехнике. В 3 т / Под ред. М. Хебды и А.В. Чичинадзе. М.: Машиностроение, 1989.
5. Смазывание подшипников качения [http:// www.snrg.com.ru/ e/ lubrications\\_1\\_1.htm](http://www.snrg.com.ru/e/lubrications_1_1.htm)
6. Смазка подшипников качения [http:// spravconstr.ru/ podshipniki/ smazka-podshipnikov-kacheniya.html](http://spravconstr.ru/podshipniki/smazka-podshipnikov-kacheniya.html)

УДК 614.843.6

*А. Д. Семенов, Р. И. Харламов, В. Ю. Курочкин, А. Н. Бочкарев, М. С. Кнутов*  
ФГБОУ ВО «Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России»

## **ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ЗАЩИТЫ ПОЖАРНОГО НАСОСА ПРИ ЗАБОРЕ ВОДЫ ИЗ ОТКРЫТОГО ВОДОИСТОЧНИКА**

В работе проводится анализ повреждений пожарных насосов при гидроабразивном изнашивании. Рассматривается конструкция устройств обеспечивающих защиту пожарного насоса при заборе воды из открытого водоисточника.

**Ключевые слова:** сетка всасывающая, пожарный насос, гидроабразивное изнашивание.

*A. D. Semenov, R. I. Kharlamov, V. U. Kurochkin, A. N. Bochkarev, M. S. Knutov*

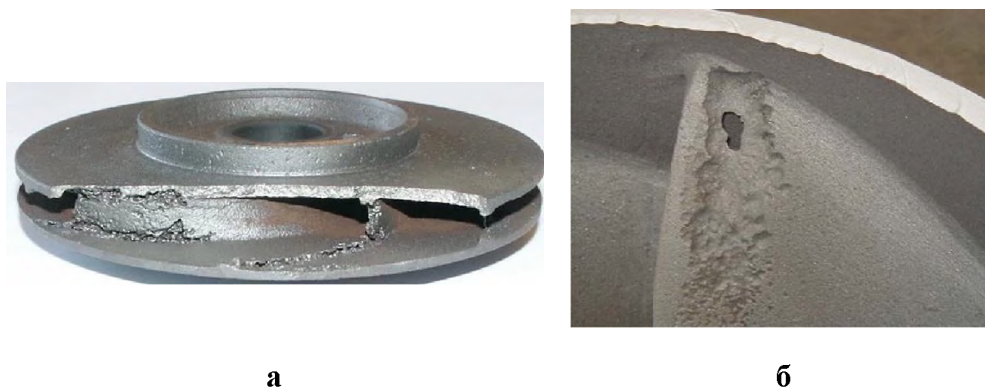
## **EQUIPMENT TO PROTECT THE FIRE PUMP WHEN TAKING WATER FROM AN OPEN WATER SOURCE**

The paper deals with the analysis of damage to fire pumps by hydroabrasive wear. Considers the design of devices providing protection for the fire pump when taking water from an open water source.

**Keywords:** mesh suction, fire pump, hydroabrasive wear.

Анализ статистических данных [1] показал, что основную долю мобильных средств тушения пожаров составляют пожарные автоцистерны, на долю которых приходится 83 % от общего количества пожарных автомобилей в Российской Федерации.

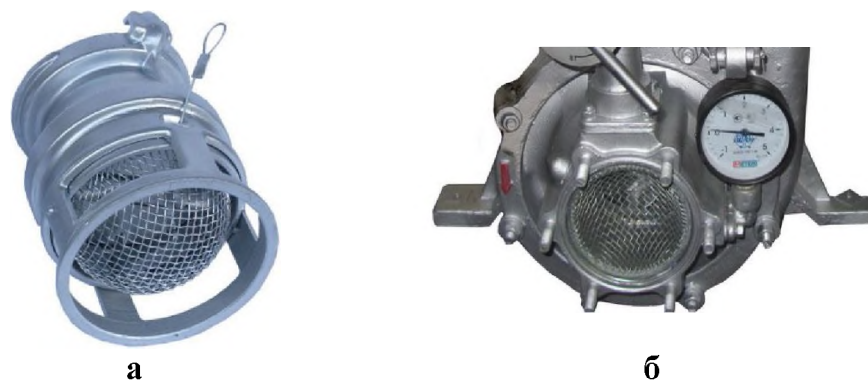
Основным силовым агрегатом на пожарном автомобиле является двигатель внутреннего сгорания, а подача огнетушащих веществ осуществляется с помощью центробежного пожарного насоса. Надежность работы таких насосов характеризуется состоянием перекачиваемой жидкости - концентрацией взвешенных частиц. Для большинства насосов, предназначенных для перекачивания «чистых» жидкостей указывается максимально допустимая концентрация по массе абразивных частиц, которая находится в пределах от 0,2 до 2 % [2]. Перекачивание насосом жидкости с содержанием твердых частиц приводит к процессу постепенного изменения размеров, формы или состояния поверхности, происходящих в результате воздействия твердых абразивных частиц, взвешенных в жидкости и перемещающихся вместе с последней относительно изнашиваемой поверхности - гидроабразивное изнашивание (рис. 1).



**Рис. 1.** Гидроабразивное изнашивание: а) рабочее колесо пожарного насоса; б) корпус пожарного насоса

Результатом гидроабразивного изнашивания деталей является гидроабразивный износ. Он является основным из факторов, определяющих эффективность применения гидротранспорта. Сущность гидроабразивного износа заключается в совместном воздействии на изнашиваемую поверхность твердых частиц и несущей жидкости, которое проявляется в виде трения и ударного контактирования твердых частиц и несущей жидкости с рабочими поверхностями насосов. Процесс гидроабразивного износа насосов является следствием суммарного действия всех видов разрушения: абразивного, кавитационного, эрозийного и коррозионного. Износ насосов может быть равномерно распределенным по всей поверхности и возникающим только на определенных участках, наиболее подверженных гидроабразивному износу. Вследствие гидроабразивного износа на горно-обогатительных комбинатах наиболее часто заменяются рабочие колеса, бронедиски и корпуса насосов [2].

Снижение износа пожарных насосов достигается использованием в их конструкции элементов (рис. 2) препятствующих попаданию в рабочую полость крупнодисперсных частиц.



**Рис. 2.** Элементы пожарного оборудования для защиты пожарного насоса от попадания крупнодисперсных частиц: а) всасывающая сетка; б) сетка защиты рабочей полости насоса

Однако при заборе воды из открытого водоема возникает сложность размещения всасывающей сетки относительно дна водоема, что приводит к попаданию в рабочую полость пожарного насоса частиц глины, песка, размер которых составляет от 0,002 до 1 мм.

Анализ литературы показал [3], что избежать попадания крупнодисперсных частиц в полость насоса позволяет - плавающая всасывающая сетка обеспечивает забор воды из открытых водоемов пожарными мотопомпами и насосами пожарных автомобилей (рис. 3). Сетка предотвращает попадание грязи и прочего мусора из воды в

насос, тем самым защищая его от повреждений. Конструкция всасывающей сетки такова, что для забора воды достаточно водоема глубиной всего 1,5 – 2 см, производительность при этом достигает 2700 л/мин.

Всасывающая сетка (рис. 4) состоит из двух частей: плавающая часть и всасывающая вращающаяся камера. Вращающаяся часть компенсирует нагрузку от веса всасывающего рукава, что позволяет держаться на поверхности воды плавающей части сетки. Всасывающая сетка занимает определенное положение в зависимости от уровня воды без посторонней помощи.

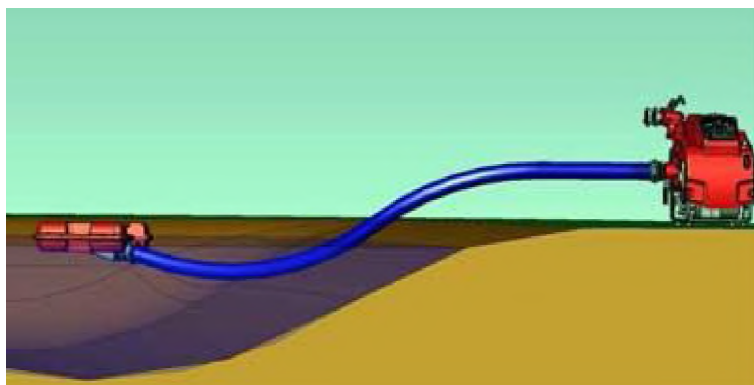


Рис. 3. Применение плавающей всасывающей сетки



Рис. 4. Всасывающая сетка

Авторами [4] разработана конструкция плавающего устройства для всасывающей сетки (рис. 5).

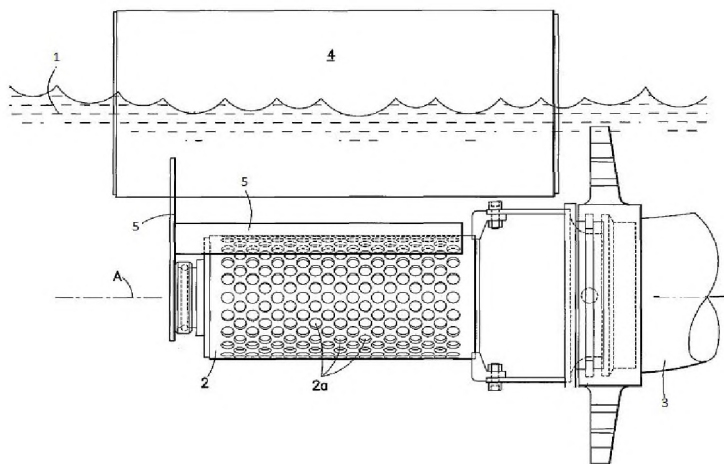


Рис. 5. Конструкция плавающего устройства для всасывающей сетки:  
1 – вода; 2 – фильтрующий элемент (металлическая сетка); 2а – отверстия фильтрующего элемента;  
3 – всасывающий рукав;  
4 – поплавок; 5 – компенсатор

Представленное устройство (рис. 5), состоит из фильтрующего элемента 2 препятствующего попаданию крупнодисперсных частиц в рабочую полость насоса, компенсатора 5 препятствующего подосу воздуха снабжено поплавком 4 для поддержания плавучести.

Таким образом, конструкция устройств обеспечивающих защиту пожарного насоса при заборе воды из открытого водоема состоит из поплавкового устройства, на котором смонтирован фильтрующий элемент, подсоединенный к всасывающему рукаву. Такая конструкция позволяет избежать контакта фильтрующего элемента, как с дном водоема, так и с загрязняющими его поверхностью листвой ветками и др.



## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пожары и пожарная безопасность в 2015 г. Статистика пожаров и их последствий [Электронный ресурс] // статистический сборник: – М.: ФГБУ ВНИИПО МЧС России, 2016.
2. *Животовский Л.С.* Лопастные насосы для абразивных гидросмесей / Л.С. Животовский, Л.А. Смойловская. М: Машиностроение, 1978. 223 с.
3. Patent US № 4647374 03.03.1987. Michael P. Ziaylek, Theodore Ziaylek Jr., Floating intake head for water hoses // United States Patent № 4647374. 1987.
4. Patent US № 7794589 14.09.2000. Gregory Kozey, Floating suction head assembly // United States Patent № 7794589. 2000.

УДК 621.313

*К. В. Семенова<sup>\*</sup>, И. А. Пайков, А. И. Тихонов*

<sup>\*</sup>ФГБОУ ВО «Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России»  
ФГБОУ ВО «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина»

### **ОСОБЕННОСТИ ЧИСЛЕННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ АВАРИЙНЫХ РЕЖИМОВ В ТРЕХФАЗНОМ ТРАНСФОРМАТОРЕ**

Рассмотрены особенности моделирования аварийных режимов трехфазного трансформатора на основе нелинейной модели магнитной цепи. Модель может быть использована для расчета электродинамических усилий в обмотках при аварии трансформатора.

**Ключевые слова:** силовые трансформаторы, аварийные режимы трансформатора, нелинейная магнитная цепь, расчет электрической цепи.

*K. V. Semenova, I. A. Paikov, A. I. Tikhonov*

### **FEATURES OF NUMERICAL SIMULATION OF EMERGENCY MODES IN A THREE-PHASE TRANSFORMER**

Features of modeling of emergency modes of a three-phase transformer on the basis of a nonlinear model of a magnetic circuit are considered. The model can be used to calculate the electrodynamic forces in the windings in case of a short circuit in the transformer.

**Keywords:** power transformers, emergency modes of the transformer, nonlinear magnetic circuit, calculation of the electrical circuit.

Расчет аварийных режимов силового трансформатора, в частности трехфазных, однофазных и витковых коротких замыканий (КЗ), позволяет уже на стадии проектирования предусмотреть меры по снижению вероятности его разрушения, которое может привести к приводящего к пожарам гибели людей. Поэтому, например, одним из обязательных этапов проектирования трансформатора являются этапы расчета токов трехфазного КЗ, предельной температуры обмоток в пределах времени срабатывания защиты при трехфазном КЗ, а также расчета обмоток на электродинамическую устой-

чивость [1]. Точность этих расчетов во многом определяется точностью расчета ударного и установившегося токов КЗ. Это требует совершенствования моделей трансформатора, описывающих его работу в динамических режимах, частными случаями которых являются режимы короткого замыкания.

Динамическая цепная модель трансформатора должна учитывать нелинейные магнитные свойства электротехнического железа, из которого изготовлен сердечник, и может быть построена на основе либо цепной, либо полевой модели магнитной системы. Полевая модель строится на базе расчета магнитного поля методом конечных элементов. Данный расчет требует значительных вычислительных ресурсов и редко используется при расчете динамических режимов трансформатора. Цепная модель оказывается достаточно точной и быстродействующей, особенно в условиях ограничения времени проектирования, что характерно для современного производства.

Модель магнитной цепи строится на основе схемы замещения, изображенной на рис. 1 [2, 3]. Три стержня магнитопровода представлены магнитными сопротивлениями  $R_{mk}$ , которые при учете технологического зазора в случае схемы шихтовки с косыми стыками вычисляются по формуле

$$R_{mk} = \frac{1}{\mu(H_k)} \frac{L_k}{S_k} + \frac{\delta_{tz}}{\mu_0 \sqrt{2S_k}}, \quad (1)$$

где  $\mu(H_k)$  – магнитная проницаемость стали  $k$ -й ветви, являющееся функцией напряженности магнитного поля в  $k$ -м стержне  $H_k$ ;  $L_k$  – длина средней силовой линии магнитного поля в  $k$ -й ветви (дана величина для крайних стержней больше, чем для среднего стержня, что приводит к несимметрии магнитной системы);  $\mu_0$  – магнитная постоянная;  $\delta_{tz}$  – величина расчетного технологического зазора;  $S_k$  – активное сечение  $k$ -го стержня и соответствующих участков ярма трансформатора, вычисляемое по формуле

$$S_k = \frac{1}{4} \pi d_c^2 k_{кр} k_c, \quad (2)$$

где  $d_c$  – диаметр стержня;  $k_{кр}$  – коэффициент заполнения круга ступенчатым сечением стержня;  $k_c$  – коэффициент заполнения стали.

Магнитное сопротивление нулевой последовательности  $R_0$  может быть рассчитано по условиям опыта короткого замыкания по формуле

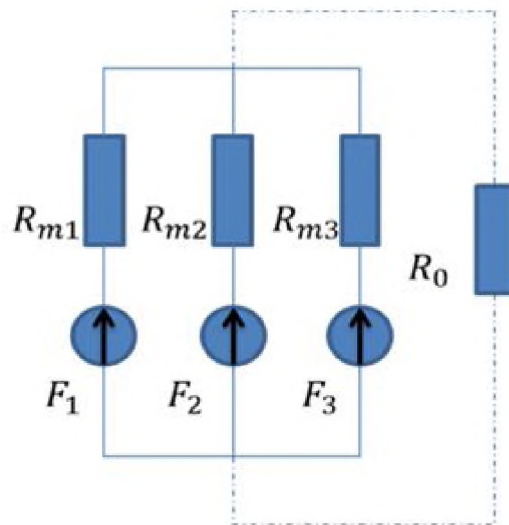


Рис. 1. Схема замещения магнитной цепи трансформатора

$$R_0 = \frac{F_1}{\Phi_{k1}} = \frac{444f W_1^2 I_1}{u_{kp} U_1}, \quad (3)$$

где  $F_1 = W_1 \cdot I_1$  – действующее значение намагничивающей силы первичной обмотки с числом витков  $W_1$ , возникающей при протекании по ней номинального фазного тока действующего  $I_1$ ;  $\Phi_{k1}$  – максимальное значение потока рассеяния первичной обмотки;  $u_{kp}$  – реактивная составляющая напряжения короткого замыкания;  $U_1$  – действующее значение фазного напряжения первичной обмотки.

Мгновенные значения намагничивающих сил стержней трансформатора на рис. 1 определяются по формулам

$$F_k = i_{1k} W_1 + i_{2k} W_2, \quad (4)$$

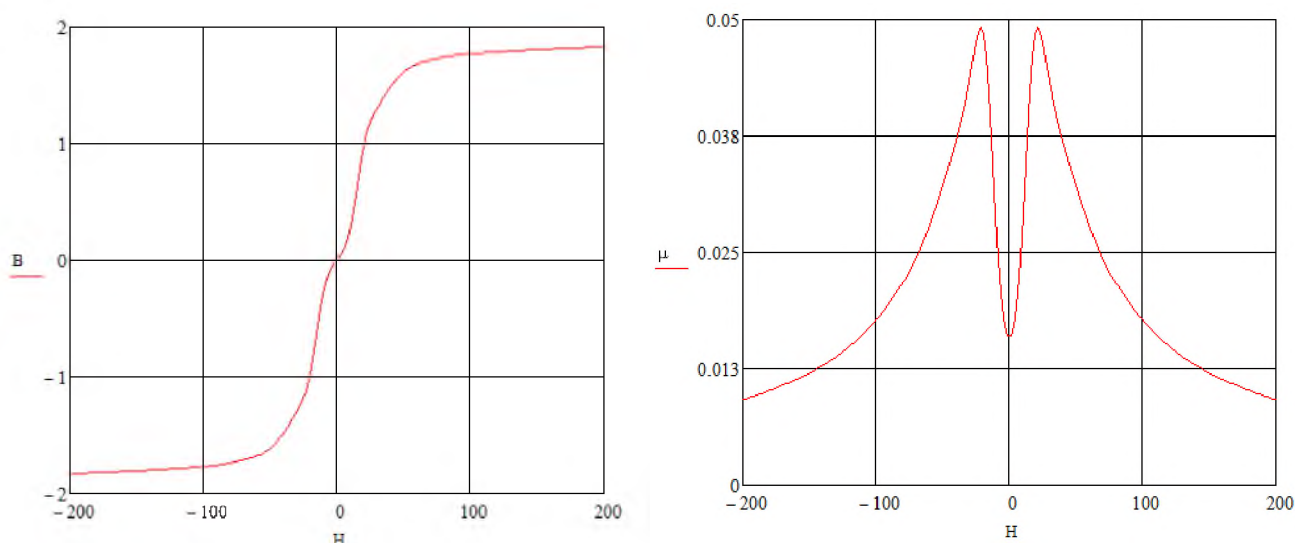
где  $i_{1k}$ ,  $i_{2k}$  – мгновенные значения токов первичной и вторичной обмоток, расположенных на  $k$ -м стержне;  $W_1$ ,  $W_2$  – количество витков в обмотках ВН и НН.

Расчет магнитной цепи рис. 1 осуществляется по методу узловых потенциалов. При этом вектор мгновенных значений магнитного потока стержнях определяется по формуле

$$\Phi = \Lambda \left( \mathbf{1} - \frac{1}{\sum_{k=1}^3 \Lambda_k + \Lambda_0} \Lambda \right) \mathbf{F}, \quad (5)$$

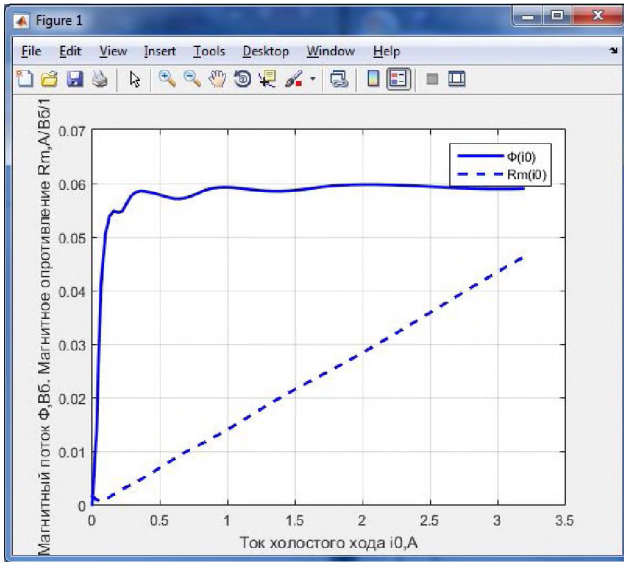
где  $\Lambda$  – диагональная матрица магнитных проводимостей ветвей магнитной цепи;  $\Lambda_k = 1/R_{mk}$  – магнитная проводимость  $k$ -й ветви магнитной цепи;  $\Lambda_0 = 1/R_0$  – магнитная проводимость нулевой последовательности;  $\mathbf{F}$  – вектор намагничивающих сил стержней.

Зависимость  $\mu(H_k)$  в (1) может быть построена на основе кривой намагничивания стали  $B(H)$  (рис. 2).

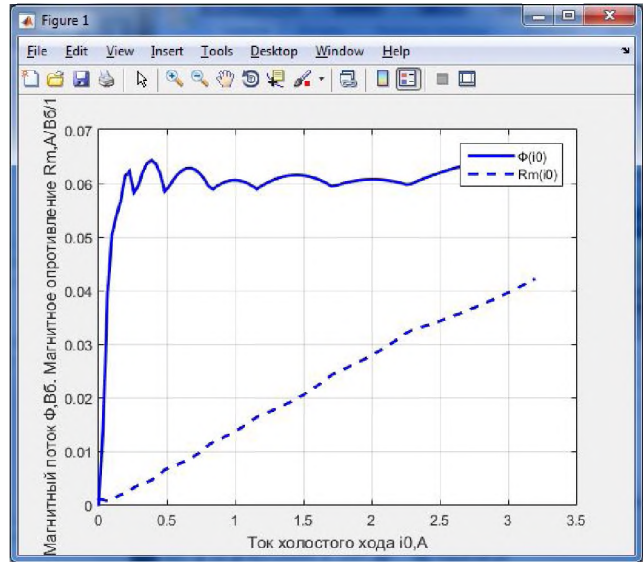


**Рис. 2.** Кривые намагничивания электротехнической стали 3408 в форме  $B(H)$  и  $\mu(H)$ , аппроксимированные двухмерными сплайнами

Однако даже при использовании сплайновой аппроксимации кривой  $\mu(H)$  при расчете магнитной цепи возникают значительные численные погрешности (рис. 3,а), которые особенно явными становятся при кусочно-линейной аппроксимации кривой  $\mu(H)$  (рис. 3,б).



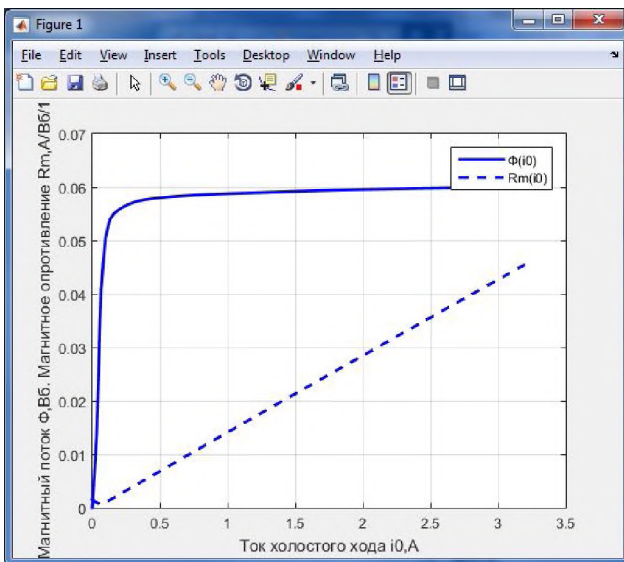
а



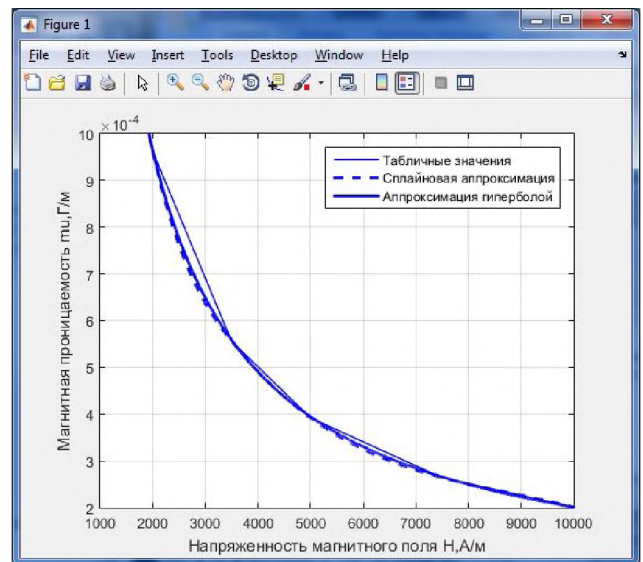
б

Рис. 3. Кривые намагничивания трансформатора ТМГ-1000-10/0,4, полученные при сплайновой (а) и кусочно-линейной аппроксимации кривой  $\mu(H)$  (б)

Как показал анализ, для расчетов магнитной цепи следует использовать кривую намагничивания стали в форме  $\nu(H) = 1/\mu(H)$ , что позволяет избавиться от погрешностей (рис. 4,а), присутствующих на рис. 3.



а



б

Рис. 4. Кривые намагничивания трансформатора ТМГ-1000-10/0,4, полученные при сплайновой аппроксимации кривой  $\nu(H)$  в области низких значений напряженности (а) и аппроксимации гиперболой в области насыщения стали (б)

Следует отметить, что в области больших значений  $H$ , удельное магнитное сопротивление  $\nu(H)$  может быть с достаточной точностью аппроксимировано гиперболой (рис. 4,б) вида

$$\nu(H) = \left( \mu_0 + \frac{k}{H^p} \right)^{-1}, \quad (6)$$

где

$$p = \frac{\ln\left(\frac{\mu_{\max} - \mu_0}{\mu_s - \mu_0}\right)}{\ln\left(\frac{H_s}{H_{\max}}\right)}; \quad k = (\mu_{\max} - \mu_0) H_s^p. \quad (7)$$

Здесь  $\mu_{\max}$ ,  $H_{\max}$ ,  $\mu_s$ ,  $H_s$  – соответственно магнитная проницаемость и напряженность магнитного поля, взятые соответственно в конце и в середине диапазона заданной табличной кривой намагничивания.

Расчет динамических режимов трансформатора осуществляется путем численного интегрирования системы уравнений

$$\frac{d}{dt} \mathbf{i} = \mathbf{L}^{-1} (\mathbf{u} - \mathbf{Ri}), \quad (8)$$

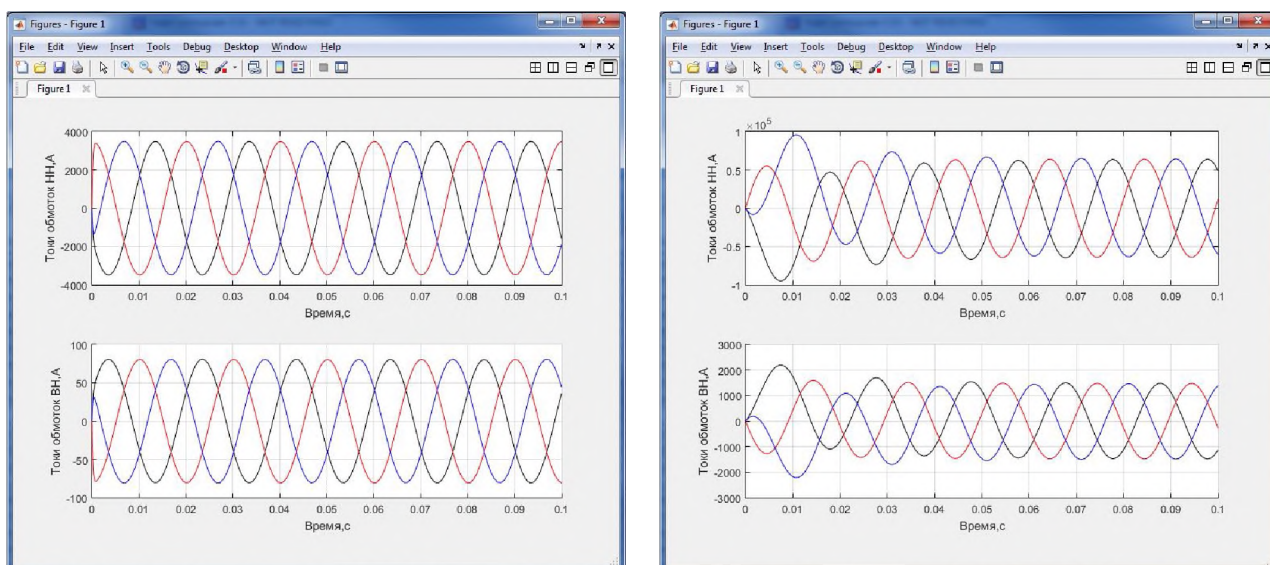
где  $\mathbf{i}$ ,  $\mathbf{u}$  – векторы мгновенных токов и напряжений в обмотках;  $\mathbf{L}$ ,  $\mathbf{R}$  – квадратные матрицы индуктивностей и сопротивлений.

Элементы матрицы  $\mathbf{L}$  рассчитываются на каждом шаге интегрирования по формуле

$$L_{p,q} = \frac{\partial \Phi_s}{\partial F_k} W_p W_q + (L_p) \Big|_{\text{при } p=q}, \quad (9)$$

где  $\frac{\partial \Phi_s}{\partial F_k} \approx \frac{\Delta \Phi_s}{\Delta F_k}$  – частная производная магнитного потока  $s$ -го стержня, на котором располагается  $p$ -я обмотка по намагничивающей силе  $k$ -го стержня, на котором располагается  $q$ -я обмотка (данные частные производные рассчитываются численным методом при текущих значениях токов обмоток путем расчета магнитной цепи по в соответствии с описанным выше алгоритмом);  $L_p$  – индуктивность рассеяния  $p$ -й обмотки.

Результаты расчета токов в обмотках трансформатора ТМГ-1000-10/0,4 при включении его на номинальную нагрузку и на трехфазное короткое замыкание приведены на рис. 5. Полученные ток КЗ, в частности ударный ток КЗ, используется для расчета предельных усилий в обмотках.



а

б

**Рис. 5.** Результаты расчета динамических режимов трансформатора ТМГ-1000-10/0,4 в номинальном режиме (а) и при коротком замыкании (б)

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Тихонов А.И., Латин А.Н.* Проектирование силовых трансформаторов: Учеб. пособие / ФГБОУВПО «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина». – Иваново, 2012. – 160 с.
2. *Тихонов А.И., Иванов А.В., Пайков И.А., Стулов А.В.* Математическое моделирование электромагнитных процессов в фольговых обмотках трансформаторов и токоограничивающих реакторов / ФГБОУВПО «Ивановский государственный энергетический ун-т имени В.И. Ленина». – Иваново, 2015. – 80 с.
3. *Мартынов В.А., Голубев А.Н., Евдаков А.Е.* Анализ динамических режимов работы трехфазных трехстержневых трансформаторов в пакете MATLAB. – Иваново: «Вестник ИГЭУ», 2014, Вып. 4, с. 11-18.

УДК 681.518

*И. Л. Скрипник, С. В. Воронин*

ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России»

#### **СПОСОБ РАСЧЕТА ПОКАЗАТЕЛЯ ПРИСПОСОБЛЕННОСТИ ОБРАЗЦА К ПРОГРЕССИВНОЙ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА**

Приведен пример расчета показателя технологичности образца с учетом показателей технологичности механических и электронных составных частей изделия.

**Ключевые слова:** образец, коэффициент, показатель.

*A. I. Skrypnyk, S. V. Voronin*

## METHOD FOR CALCULATING FITNESS OF THE SAMPLE TO THE ADVANCED PRODUCTION TECHNOLOGY

The article gives an example of calculation of the indicator of adaptability of the sample taking into account technological parameters of mechanical and electronic components of a product.

**Keywords:** pattern, factor, figure.

С точки зрения совместимости разрабатываемого образца пожарной техники с промышленно-функциональной средой в процессе проектирования, осуществляется технологическая проработка будущего изделия. Она должна учитывать степень приспособленности образца к существующим условиям производства и имеющимся технологиям изготовления. При этом следует учитывать, что затраты на технологическую подготовку производства должны быть как можно меньше. Оценить подобную приспособленность нового изделия предлагается путём введения обобщённого показателя приспособленности образца к прогрессивной технологии производства ( $K$ ), объединяющего в себе показатель технологичности образца ( $K_1$ ) и показатель прогрессивности технологии производства ( $K_2$ ).

В настоящее время существует целый ряд нормативных и руководящих документов, позволяющих оценить производственную и эксплуатационную технологичность, базирующихся на основе анализа системы механических и электрических составных частей изделия. В рамках решаемой задачи необходимо выбрать способ комплексирования показателей этих свойств изделий с целью получения численного значения показателя технологичности образца.

Исходя из указанной разновидности составных частей образца, характеризующихся общностью технологических задач, предлагается показатель технологичности образца пожарной техники рассчитывать по формуле:

$$K_1 = K_{\text{тех}_{\text{мех}}} \cdot K_{\text{тех}_{\text{э}}},$$

где  $K_{\text{тех}_{\text{мех}}}$  – показатель технологичности механических составных частей изделия, определяемый как:

$$K_{\text{тех}_{\text{мех}}} = \sum_{i=1}^n \alpha_i K_i$$

где  $\alpha_i$  – коэффициент весомости частных показателей;  $K_i$  – частные показатели;  $n$  – количество частных показателей, а  $K_{\text{тех}_{\text{э}}}$  – показатель технологичности электронных составных частей изделия, определяемый как

$$K_{\text{тех}_{\text{э}}} = \sum_{i=1}^n \alpha_i K_i$$

В свою очередь, показатель прогрессивности технологии производства предлагается определить посредством введения коэффициента  $K_3$ , характеризующего отношение количества типовых технологических процессов ( $N_{\text{тип}}$ ) к общему количеству технологических процессов ( $N_{\text{общ}}$ ) и показывающего степень унификации и стандартизации, применяемой на данном производстве для выпусках изделий.

$$K_3 = \frac{N_{\text{тип}}}{N_{\text{общ}}}$$

и коэффициента  $K_4$ , характеризующего отношение количества технологических процессов, соответствующих стандартам ИСО ( $N_{\text{исо}}$ ), к общему количеству технологических процессов и показывающего прогрессивность технологических систем, применяемых на данном предприятии, соответствие их мировому уровню.

$$K_4 = \frac{N_{\text{исо}}}{N_{\text{общ}}}$$

Тогда  $K_2 = K_3 \cdot K_4$ ,

На практике возможна ситуация, когда показатель прогрессивной технологий производства у нескольких разработчиков одинаков. В этом случае необходима более точная его оценка, которая может быть осуществлена согласно [1].

Практика выбора заказчиком опытных образцов, для условий решаемой научной задачи, показывает, что для него существенно важнее показатель технологичности образца по сравнению с показателем прогрессивности технологии производства. Исходя из этого окончательно показатель приспособленности образца к прогрессивной технологии производства предлагается оценивать как:

$$K = K_1 \cdot \alpha_1 + K_2 \cdot \alpha_2,$$

где  $\alpha_1$  – коэффициент весомости показателя технологичности образца;  $\alpha_2$  – коэффициент весомости показателя прогрессивности технологии производства.

Таким образом, из всех существующих способов расчёта показателя приспособленности образца к современной технологии производства, этот способ является наиболее общим, охватывающим весь спектр свойств изделия для его производства, технологию производства, а масштаб получаемых численных значений удобен для последующего расчёта комплексного показателя технического уровня при компенсации с остальными базовыми составляющими.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Методические материалы. ММ 1.4..1855-88. Оценка уровня технологических процессов и оборудования. – М.:НИАТ, 1989. – 58с.

УДК 681.518

*И. Л. Скрипник, С. В. Воронин*

ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России»

#### **СПОСОБ РАСЧЕТА ПОКАЗАТЕЛЯ НАДЕЖНОСТИ ОБРАЗЦА ПОЖАРНОЙ ТЕХНИКИ**

В статье рассмотрен подход для комплексной оценки надежности опытных образцов пожарной техники. Определена система ограничений при определении среднего времени восстановления.

**Ключевые слова:** надежность, показатель, полезный эффект, наработка на отказ.



*A. I. Skrypnyk, S. V. Voronin*

## THE METHOD OF CALCULATING A RELIABILITY INDICATOR OF A SAMPLE OF FIRE EQUIPMENT

In article the approach for comprehensive assessment of reliability of prototypes of fire equipment. Identified system limitations when determining the average recovery time.

**Keywords:** reliability, increased useful effect, MTBF.

Анализ специальной литературы показывает, что надежность целесообразно оценивать обобщенным показателем, называемым коэффициентом сохранения эффективности  $W_{об}$  [1]:

$$W_{об} = \frac{W}{W_0}, \quad (1)$$

где  $W$  – полезный эффект от применения аппаратуры, имеющий обеспечиваемый уровень надежности;

$W_0$  - полезный эффект от применения аппаратуры при условии, что неисправности в ней, в течении срока службы, отсутствуют.

Однако, численно определить значение  $W_{об}$  достаточно трудно, из-за неопределенности значений  $W$ ,  $W_0$ . Ряд нормативных и руководящих документов ориентирован на оценку надежности опытных образцов техники по результатам предварительных испытаний, проводимых организациями – разработчиками. В ряде случаев предлагается оценивать надежность изделий на данной стадии их жизненного цикла путем расчета некоторого комплексного показателя, именуемого коэффициентом готовности [2], рассчитываемого по формуле:

$$K_r = \frac{T_0}{T_0 + T_B} \quad (2)$$

где  $T_0$  - средняя наработка на отказ;  $T_B$  – среднее время восстановления.

При этом для определения ( $T_0$ ) вводится система ограничений:

- все элементы конструкции, с точки зрения надежности, считаются соединенными последовательно, т.е. отказ любого элемента приводит к отказу всего образца;
- отказы элементов есть события независимые;
- поток отказов в образце считается простейшим;
- однотипные элементы предполагаются равнонадежными;
- в структуру расчета входят только те элементы, которые непосредственно влияют на функционирование образца в заданном режиме работы;
- однотипные элементы, находящиеся при одинаковых (близких) температурных и электрических условиях работы, объединяются в одну группу.

В качестве исходных данных используются: перечень применяемых компонентов и их количество; температура окружающей среды; фактическое значение параметра, определяющего надежность и конструктивную характеристику элемента. Для определения ( $T_B$ ) используются статистические данные, полученные по изделиям – прототипам. Однако практика проведения расчетов по выражению 2 показывает, что

при сравнении опытных образцов по данному комплексному показателю заказчиком, получается необъективная оценка, в следствии  $T_b \ll T_0$  и окончательного усреднения данного комплексного показателя. Также данный показатель носит вероятностный характер, а другие базовые составляющие КПТУ имеют невероятностный характер.

Поэтому для комплексной оценки надежности опытных образцов, которую можно было бы с некоторой степенью достаточности использовать в системе базовых составляющих, определяющих технический уровень, предлагается применять только показатель  $T_0$ . При этом для соизмеримости масштаба с другими базовыми составляющими необходимо ввести критерий относительности, в качестве которого может выступать  $T_0$  изделия – прототипа или лучшего опытного образца, представленного на конкурс-тендер (т.е. у которого  $T_0$  имеет максимальное значение). Тогда окончательная оценка надежности будет иметь следующий вид:

$$T_0^* = \frac{T_0}{T_{0ан}}, \quad (3)$$

где  $T_0$  – средняя наработка на отказ разработанного образца;  $T_{0ан}$  – средняя наработка на отказ изделия – прототипа (лучшего из представленных на конкурс опытного образца).

Сущность алгоритма расчета заключается в следующем.

На основании анализа принципиальных схем определяется число различных групп элементов –  $r$ . Подсчитывается количество элементов в каждой группе –  $N_j$  ( $j=1,r$ ). Определяется коэффициент нагрузки ( $K$ ) для каждого элемента. По соответствующим таблицам рассчитывается коэффициент влияния ( $\alpha$ ), который характеризует степень влияния на надежность фактического значения коэффициента нагрузки и температуры.

По справочным данным определяются интенсивности отказов элементов ( $\lambda_{j0}$ ) и производится их корректировка с учетом предполагаемых режимов эксплуатации:

$$\lambda_{jэ} = \lambda_{j0} \cdot \alpha \quad (4)$$

При этом целесообразно производить расчет надежности на наихудший случай, поэтому данные по  $\alpha_{j0}$  выбираются максимальными. Далее рассчитываются значения интенсивностей отказов для каждой группы элементов, работающих в одинаковых условиях:

$$\lambda_{jг} = \lambda_{jэ} \cdot N_j \quad (5)$$

Значения интенсивности отказа анализируемого образца (блока, функционального узла), определяются суммой интенсивности отказов составляющих его элементов:

$$A = \sum_{j=1}^r \lambda_{jг} \quad (6)$$

В итоге средняя наработка на отказ определится как:

$$T_0 = \frac{1}{A}. \quad (7)$$

Данный подход достаточно широко применяется в практике опытно-конструкторских работ, в случае разработки изделий нового поколения, отсутствия объективных данных по изделиям-аналогам и необходимым статистическим данным результатов испытаний и эксплуатации. Получаемые численные оценки могут быть в дальнейшем использованы для проведения комплексирования аналитико-оценочных процедур при расчете комплексного показателя технического уровня.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Руднев В.С., Володин В.В., Лучанский К.М., Петров В.Б. Формирование технических объектов на основе системного анализа. – М.: Машиностроение, 1991. – 320с.
2. Жуков Г.Д., Викулов С.В. Военно-экономический анализ и исследование операций. – М.: Воен. Издат., 1987. – 274с.

УДК 681.518

*И. Л. Скрипник, С. В. Воронин*

ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России»

#### **К ВОПРОСУ О СОВРЕМЕННОМ СОСТОЯНИИ ТЕОРИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ НОВЫХ ОБРАЗЦОВ ПОЖАРНОЙ ТЕХНИКИ**

В статье авторы предлагают классифицировать проблемы связанные с фундаментальными принципами при проектировании новых образцов пожарной техника, а также выделяют этапы для принятия решений при создании изделия.

**Ключевые слова:** образцы пожарной техники, техносфера.

*A. I. Skrypnik, S. V. Voronin*

#### **TO THE QUESTION ABOUT THE CURRENT STATE OF THE THEORY OF DESIGNING OF NEW SAMPLES OF FIRE EQUIPMENT**

The authors propose to classify the problems associated with the fundamental principles when designing new models of fire fighting equipment, and stages for making decisions when creating products.

**Keywords:** samples of fire equipment, technosphere.

В настоящее время образцы пожарной техники представляют собой сложные системы, разработка которых должна подчиняться общим положениями теории проектирования сложных технических объектов. Однако, элементы такой теории к настоящему времени разработаны недостаточно полно. Это обусловлено тем, что многие годы специалистов в различных областях знаний устраивала эмпирическая технология разработки и проектирования отдельных классов аппаратов и устройств. Применительно к разрабатываемым техническим объектам, даже самым сложным, были синтезированы только частные теории, методы и методики.

Поэтому на современном этапе возникло ряд крупных проблем, определивших актуальность создания фундаментальных принципов проектирования новой техники. Все возникшие проблемы можно классифицировать по следующим признакам [1, 2]: из-за усложнения разнообразия аппаратуры утрачено цельное представление по данной техносфере, из-за чего невозможно прогнозирование обратного влияния техники на процесс проектирования; разобщенность сведений о законах и закономерностях развития технических объектов мешает ускорению темпов их совершенствования; возрастание темпов промышленного производства опережает производительность инженерно-технического творчества, в результате чего возникает вопрос, каким образом повысить интенсивность проектно-конструкторских разработок в условиях убыстряющегося роста числа научно-технических задач.

Эти проблемы выдвигают требования к созданию новых интеллектуальных средств поддержки процесса проектирования современных образцов пожарной техники. В этом аспекте можно выделить два основных направления деятельности. Первое направление связано с применением эвристических методов технического творчества, которых к настоящему времени известно более тридцати [3]. Второе обусловлено созданием автоматизированных средств поддержки труда инженеров - разработчиков и насчитывает более 10 подходов [4].

Анализ трудов специалистов данной предметной области показывает, что сложилось мнение о том, что теоретические основы проектирования новой техники, как научное направление, сформировалось со всеми четко выраженными атрибутами, которые можно системно увязать по пяти основным частям:

- система инвариантных понятий;
- законы и закономерности развития технических средств
- методология системного иерархического выбора конкурентоспособных решений;
- методы принятия конструкторско-технологических решений;
- методы проектирования нового технического объекта как составной части управляемой ноосферы.

Каждую из этих составных частей можно охарактеризовать следующим образом. Очевидно, что создание единой системы инвариантных понятий составляет одну из трудоемких задач. Ретроспективный анализ развития образцов техники показывает, что примерно половина труда ученых затрачивается на формирование, уточнение и развитие систем понятий. Причем, понятие методов технического творчества изложено в различных системах терминов.

Из анализа отечественной и зарубежной научно-технической литературы следует, что наиболее изученными законами и закономерностями развития техники, представляющими интерес для разработчиков новых образцов изделий, являются [1]:

- закономерности возникновения и развития потребностей
- закон соответствия между функциями и структурой технического объекта;
- закон стадийного развития техники;
- закон повторяемости видов изделий в техноценозе.

Исходя из известных подходов к общей методологии системного иерархического выбора конкурентоспособных решений, базирующихся на сформулированных гипотезах о законах и закономерностях развития техники, можно выделить несколько последовательных этапов принятия этих решений.

Первый этап – выбор удовлетворяемой потребности в изделии.

Второй – определение оптимальных потребительских качеств изделия.

Третий – выбор функциональной структуры изделия.

Четвертый – выбор принципов действий изделия.

Пятый – выбор схмотехнических решений изделия.

Шестой – достижений оптимальных параметров изделия.

На сегодняшний день можно констатировать факт, что вопросы, относящиеся к методическому обеспечению поиска и принятия новых конструкторско-технологических решений, еще недостаточно разработаны. Практически отсутствует часть создаваемой в настоящее время теории проектирования новой техники, которая должна освещать процесс разработки технического объекта с учетом формирования цельного представления о данной предметной техносфере.

Таким образом, можно сделать вывод, что дальнейшие пути совершенствования системы разработки образцов пожарной техники должны базироваться на применении данного методологического подхода. Особенную актуальность этот вопрос приобретает в условиях, заставляющих рассматривать алгоритмы проектирования новой техники как задачу многокритериальной оптимизации, где параметрами выступают не только требования к разрабатываемому изделию, но и качественные показатели самого процесса проектирования.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Половинкин А.И.* Теория проектирования новой техники: закономерности техники и их применение. – М.: Информэлектро, 1991. – 24с.
2. *Руднев В.С., Володин В.В., Лучанский К.М., Петров В.Б.* Формирование технических объектов на основе системного анализа. – М.: Машиностроение, 1991. – 320с.
3. *Одрин В.М.* Метод морфологического анализа технических систем. – М.: ВНИИ-ПИ, 1989. – 312с.
4. *Фомин В.М.* и др. Автоматизированная система оценки технического уровня продукции // Стандарты и качество. – М.: Изд-во стандартов, 1991. – №2/ - с/35-39.

УДК 681.518

*И. Л. Скрипник, С. В. Воронин*

ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России»

#### **ПОДХОД К ВЫБОРУ ИНВАРИАНТНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ В СОВЕРШЕНСТВОВАНИИ ИЗДЕЛИЙ ПОЖАРНОЙ ТЕХНИКИ**

В статье авторы предлагают подход к совершенствованию пожарной техники на основе инвариантных технических решений и модернизации. Вводится величина при принятии решения комплексный показатель технического уровня.

**Ключевые слова:** инвариантность, модернизация, модель.

*A. I. Skrypnyk, S. V. Voronin*

## APPROACH TO THE SELECTION INVARIANTNYKH TECHNICAL SOLUTIONS IN THE IMPROVEMENT OF PRODUCTS FIRE FIGHTING EQUIPMENT

The authors suggest an approach to improving fire-fighting equipment on the basis of the invariant technical solutions and modernization. Enter the value in the decision composite index technical level.

**Keywords:** invariance, upgrading, model.

В период сокращения ассигнований на разработку образцов пожарной техники нового поколения актуальной становится задача выбора инвариантных решений, т.е. анализ путей создания новой техники или модернизации уже имеющейся.

Под модернизацией понимается разработка изделия, проводимая с целью замены выпускаемого изделия изделием с улучшенными основными показателями технического уровня путем частичного изменения его конструкции.

В проведенных исследованиях разработан алгоритм определения целесообразности модернизации на основе системного анализа функций изделия-аналога, которое предполагается модернизировать. Функциональная оптимизация соотношения между заданными свойствами объекта и затратами на его разработку, производство и эксплуатацию позволяет принять решение о целесообразности модернизации или о необходимости создания нового образца.

В соответствии с алгоритмом, первоначально производится сбор и систематизация информации об изделиях-аналогах, их технико-экономических показателях и т.д. На основе анализа всех показателей и ограничений составляет дерево целей и задач. Далее производится выбор изделия-аналога, как правило, это предыдущее во времени, серийно освоенное изделие данного типа техники, аналогичное по назначению, конструкторско-техническому решению и т.д. Строится его структурная модель в виде связного графа с несколькими иерархическими уровнями не содержащего контуров и перекрестных связей между элементами различных уровней.

В рамках функционального моделирования [1] происходит логическое описание функций, их группировка и определение иерархии, описание и графическое изображение функциональных связей по определенным правилам. Оценка значимости и важности функций производится экспертными методами [2] последовательно по уровням функциональной модели. Данные результаты оценки в дальнейшем позволяют укрупненно сформировать и скорректировать их с учетом изменения функций относительно изделия-аналога, а также требуемого технического уровня и перейти к стоимостной диагностике изделия и определению степени соответствия затрат относительной важности функций [3].

Для определения вариантов технических решений используются методы - «мозговой штурм» и морфологический анализ [4]. Они позволяют сформулировать набор способов реализации основных функций изделия.

Предварительная оценка вариантов реализации основных функций позволяет построить несколько вариантов структурной модели изделия и определить затраты на реализацию его элементов. В дальнейшем осуществляется более подробная, с систем-

ной точки зрения, оценка функций по вариантам и построение структурно-функциональных моделей изделия. После проверки соответствия выделенных затрат (лимитов) на представленные функции, которые в будущем должен выполнять образец, производится оценка его вариантов и принятие решения по величине комплексного показателя технического уровня (КПТУ) изделия и совокупных затрат на реализацию новых функций «v-ом» варианте образца.

Поскольку для лица принимающего решение (ЛПР) одного численного значения КПТУ недостаточно, возникает необходимость:

- разработать способ графического представления значений базовых составляющих КПТУ;
- разработать модель расчета стоимости на новую разработку с учетом инфляционных процессов;
- разработать модель определения уточненной лимитной стоимости на новую разработку с учетом конкретных значений базовых составляющих КПТУ изделия, получаемых в ходе его разработки.

Заказчик новых образцов пожарной техники, на основе имеющейся информации о целесообразности получения новых функций в будущем изделии, численного значения КПТУ, его графическом представлении базовых составляющих и ограниченное выделенными ассигнованиями, самостоятельно принимает решение о целесообразности модернизации изделия-аналога или разработки изделия нового поколения.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Половинкин А.И., Вершинина Н.И., Зверева Т.И.* Функционально-физический метод поискового конструирования. Иваново: ИЗИ, 1983. – 30с.
2. *Литвак Б.Г.* Экспертная информация: Методы получения и анализа. – М.: Радио и связь, 1982. – 184с.
3. *Зубаков В.Д., Протопопов Л.А.* Прогнозирование затрат на создание технических систем. – М.: Сов. Радио, 1980. – 64с.
4. В.М. Одрин. Метод морфологического анализа технических систем. – М.: ВНИИ-ПИ, 1989. – 312с.

УДК 681.518

*И. Л. Скрипник, С. В. Воронин*

ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России»

#### **СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ОРГАНИЗАЦИОННОГО МЕХАНИЗМА УПРАВЛЕНИЯ РАЗРАБОТКОЙ ОБРАЗЦОВ ПОЖАРНОЙ ТЕХНИКИ**

В статье рассмотрен подход и алгоритм взаимодействия заказывающих организаций и организаций разработчиков.

**Ключевые слова:** граф-модели, научно-исследовательская, опытно-конструкторская.

*I. L. Skrypnyk, S. V. Voronin*

## IMPROVEMENT OF ORGANIZATIONAL MECHANISM OF MANAGEMENT OF DEVELOPMENT SAMPLES OF FIRE EQUIPMENT

The article describes the approach and algorithm of interaction between the Contracting companies and developers.

**Keywords:** graph-models, research, development.

В настоящее время, в условиях сокращения финансирования научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ (НИОКР), уменьшения заказов на разработку образцов пожарной техники, актуальной остается задача повышения эффективности разрабатываемой техники. Один из путей ее решения является оптимальное управление размещением заказов по разработке новых изделий.

Для этого предлагается алгоритм взаимодействия заказывающих организаций МЧС и организаций разработчиков. Заказывающее управление формирует перечень реальных и потенциальных исполнителей заказа в разных отраслях промышленности. Очевидно, что совокупность таких предприятий обладает разным научным и производственным потенциалом, финансовым возможностям. В этой ситуации важно правильно сформулировать условия заказа, которые бы основывались на некотором гипотетическом описании требуемого технического объекта (ТО). Причем, это описание должно быть максимально приближенно к существующим в теории оптимального проектирования системном, иерархическом представлении структуры нового образца [1]. Условия заказа формируются в виде тактико-технического задания на разработку. В рамках проводимых НИР, отвечающих современным действиям подразделений ГПС МЧС России, формируется описание технического облика будущего изделия и его тактико-технические характеристики. В настоящее время, как правило, выявляются необходимые потребности и рассчитываются выходные параметры. При этом, содержание работ по основным элементам структуры определяет сам разработчик. Однако, эта часть работ наиболее противоречива с точки зрения затрат объемов, видов работ и выливаются в монополию разработчика и давлении его на заказчика при составлении цены, сроков, числа субподрядчиков и т.д.

В этом случае необходимо заказчику определиться и сориентировать потенциального разработчика с фактом наличия или отсутствия изделий прототипов и степени их близости к гипотетическому описанию технического облика. Если прототипа нет, что имеет место при создании принципиально нового образца, заказчик будет находиться в ожидании существенных затрат на разработку. Если есть, то на всех уровнях иерархии этой системы надо определить насыщенность элементов данного уровня с точки зрения объемов работ, уровня проработки и др.

Такой подход имеет преимущества, по сравнению с существующими, исходя из следующих соображений. Представленную иерархическую структуру описаний технического облика изделия несложно привести к граф-модели возможных проектно-конструкторских решений, по которым можно судить об эффективности разработки, а именно [2]:

- потребных функциях, определяющих облик ТО;



- технических функциях и функциональной структуре, представляющих совокупность основных элементов ТО;
- физическом принципе действия, представленном в основных и второстепенных составных частях изделия;
- технических решениях, определяемых совокупностью признаков из которых можно выделить известные и неизвестные конструкторские решения. Очевидно, что именно они определяют возможности технической реализации, которые, в свою очередь, могут оказаться традиционными, ориентированные на освоенные технологии и – новыми.

Реализация, в конечном итоге, будет определяться некоторой определенной совокупностью комплектующих изделий, состояние которых на момент разработки может быть разнообразно и классифицировано как: разработанные и освоенные в производстве, неразработанные и неосвоенные в производстве.

На основании предложенной граф-модели заказчик на выходе проверяет показатели и характеристики на соответствие заданным требованиям и в случае их неудовлетворения требует от разработчика повторить итеративный цикл всей процедуры.

Таким образом, рассмотренный подход не ограничивает поле технического творчества, которое видится по горизонтали каждого из иерархических уровней. В тоже время он дает возможность заказчику точно определять степень новизны технических решений, полноту реализации потребных функций и, что самое главное, обеспечивает маневр, выделенный на разработку средствами для оптимизации затрат при одновременном обеспечении надлежащего качества изготавливаемого изделия.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Половинкин А.И.* Теория проектирования новой техники: закономерности техники и их применение. – М.: Информэлектро, 1991. – 24с.
2. *Моисеева Н.К.* Выбор технических решений при создании новых изделий. – М.: Машиностроение, 1980. – 181с.

УДК 681.518

*И. Л. Скрипник, С. В. Воронин*

ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России»

#### **СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАЗРАБОТОК ОБРАЗЦОВ ПОЖАРНОЙ ТЕХНИКИ**

В статье представлена методика определения заказчиком лучшего технического объекта по эффективности из представленных разработчиками на конкурсной основе, что позволяет заказчику всестороннюю оценку предлагаемой разработки.

**Ключевые слова:** эффективность, образец пожарной техники, методика.

*A. I. Skrypnyk, S. V. Voronin*

## ODERN APPROACHES OF INCREASE OF EFFICIENCY OF DEVELOPMENT OF SAMPLES OF FIRE EQUIPMENT

The article presents the method of determining the customer the best technical object on the effectiveness of the presented developers on a competitive basis that allows the customer a comprehensive evaluation of the proposed development.

**Keywords:** effectiveness, a sample of fire equipment, technique.

В современных условиях одной из важных задач является своевременная разработка новых эффективных образцов пожарной техники. Разрабатывающие организации заинтересованы в получении госзаказа из-за снижения размеров налоговых отчислений установления поощрительных надбавок к договорным ценам на научно-техническую продукцию, сохранению квалифицированных работников и т.д. С другой стороны, заказывающие организации хотят получить более эффективный технический объект в короткие сроки и с минимальной стоимостью. Разрешением этого противоречия может служить конкурс, под которым понимается отбор лучшего из предлагаемых технических объектов, разработанных автономно или параллельно несколькими разработчиками.

Для этого разработана методика определения заказчиком лучшего по эффективности технического объекта из представленных разработчиками. Заказчик задает требования в тактико-техническом задании (ТТЗ) потенциальным разработчикам, устанавливает время и лимитную цену. В зависимости от сложности технического объекта на конкурс представляется макет или опытный образец с соответствующими техническими документами. Для сокращения размерности задачи, а также поэтапного оценивания заказчиком разрабатываемых изделий, на этапе формирования ТТЗ, рассчитываются комплексные показатели технического уровня изделий (КПТУ).

Оценка технического уровня создаваемых изделий предусмотрена существующими системами стандартов и номенклатурой типовых показателей качества разработки и производства.

В соответствии с основными положениями нормативных документов технический уровень продукции - это относительная характеристика ее качества, основанная на сопоставлении значений показателей, характеризующих техническое совершенство оцениваемого ее вида с соответствующими базовыми значениями [1].

При этом техническое совершенство изделия определяют по специальным картам технического уровня соответствующими комиссиями или отдельными лицами. Это значит, что оценка технического уровня в определенной мере будет зависеть от субъективных взглядов исполнителя и заказчика. Изменить сложившуюся практику возможно лишь усовершенствовав содержание понятия технического уровня образцов пожарной техники. Для этого была проделана следующая работа:

- произведено обоснование состава базовых составляющих комплексного показателя технического уровня (КПТУ);
- разработаны модели и способы их расчета;
- обоснована расчетная процедура определения КПТУ по критерию чувствительности к изменению значений его базовых составляющих;

– разработан способ графического представления значений базовых составляющих КПТУ.

В качестве таких базовых составляющих, позволяющих в реальных условиях конкурса оценить технический уровень новых разработок, использованы:

– качество разработки образца, выражающееся в численном определении обобщенного показателя качеств изделия [2];

– новизна технических решений, выражающееся в численном определении коэффициента новых технических решений [3];

– функциональная организованность разработки образца, выражающееся в численном определении коэффициента функциональной организованности образца [4];

– конструктивная организованность образца, выражающееся в численном определении коэффициента конструктивной организованности образца [5];

– приспособленность образца к прогрессивной технологии производство, выражающееся в численном определении показателя, учитывающего приспособленность образца к прогрессивным технологиям производства [6];

– надежность образца, выражающееся в численном определении наработки образца на отказ.

В каждой группе рассчитываются соответствующие показатели на основе известных методов теории вероятности, экспертных и эвристических оценок, идеального центра, одномерного метрического шкалирования, теории графов и аппарата функционально-стоимостного анализа. Данная совокупность базовых составляющих КПТУ позволит заказчику всесторонне оценить предлагаемую разработку, с учетом динамики жизненного цикла изделия, выбрать лучший образец из совокупности разработок, представляемых на конкурс. Последовательно оцениваемые заказчиком КПТУ объектов также позволит ему поэтапно снимать часть из них с конкурса. Это отличает предлагаемый подход оценки технического уровня изделий, от ныне существующих в практике деятельности заказывающих организаций. Такой подход позволил заказчику правильно сформулировать ТТЗ на разработку, с учетом перспектив развития изделий пожарной техники, а разработчику правильно, без излишних затрат, реализовать их в проектно-конструкторских решениях.

Таким образом, заказчик в сжатые сроки с минимальными затратами решает проблему создания эффективных технических объектов.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Батечко И.В., Кныш В.А. Методы оценки технического уровня и качества продукции. – Мн.: БелНИИНТИ, 1988. – 72с.

2. Исигава К. Японские методы управления качеством. Сокр. Пер. с англ. – М.: Экономика, 1988. – 215с.

3. Моисеева Н.К. Выбор технических решений при создании новых изделий. – М.: Машиностроение, 1980. – 181с.

4. Алферова З.В. Математическое обеспечение экономических расчетов с использованием теории графов. – М.: Статистика, 1974. – 207с.

5. Хмеловский С.Л. Сложность системы и ее измерение// Автоматика, 1982. N 4/ - с/14-17.

6. Разработка экономико-математических моделей технологичности конструкций изделий и анализ их точности. Отчет НИР-730. – Л.:ЛИАП, 1987. – 230с.

УДК 665.6

*И. Л. Скрипник, Д. В. Савельев, С. В. Воронин*

ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России»

## **ПРОБЛЕМЫ ПРОИЗВОДСТВА ДИЗЕЛЬНЫХ ТОПЛИВ НА ГАЗОКОНДЕНСАТНЫХ И НЕФТЯНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЯХ РОССИИ**

В статье рассматривается предложение применять для удаленных и труднодоступных районов малогабаритные блочно-модульные установки по производству дизельных топлив.

**Ключевые слова:** нефть, дизельное топливо, месторождения.

*I. L. Skrypnyk, D. V. Saveliev, S. V. Voronin*

## **PROBLEMS OF PRODUCTION OF DIESEL FUELS FROM GAS CONDENSATE AND OIL FIELDS OF RUSSIA**

The article discusses the offer to the remote areas to use small, modular installations for the production of diesel fuels.

**Keywords:** crude oil, diesel fuel, deposits.

Многие газоконденсатные и нефтяные месторождения Северо-Западного Федерального округа России расположены в труднодоступных местах, удаленных от транспортных магистралей. Проблема снабжения топливами энергоносителей (буровых, котельных установок, электростанций, транспортных средств) в эти районы сопряжена с огромными сложностями, связанными с бездорожьем, повышенными материальными затратами, если учесть, что затраты производств на топлива в последнее время выросли многократно.

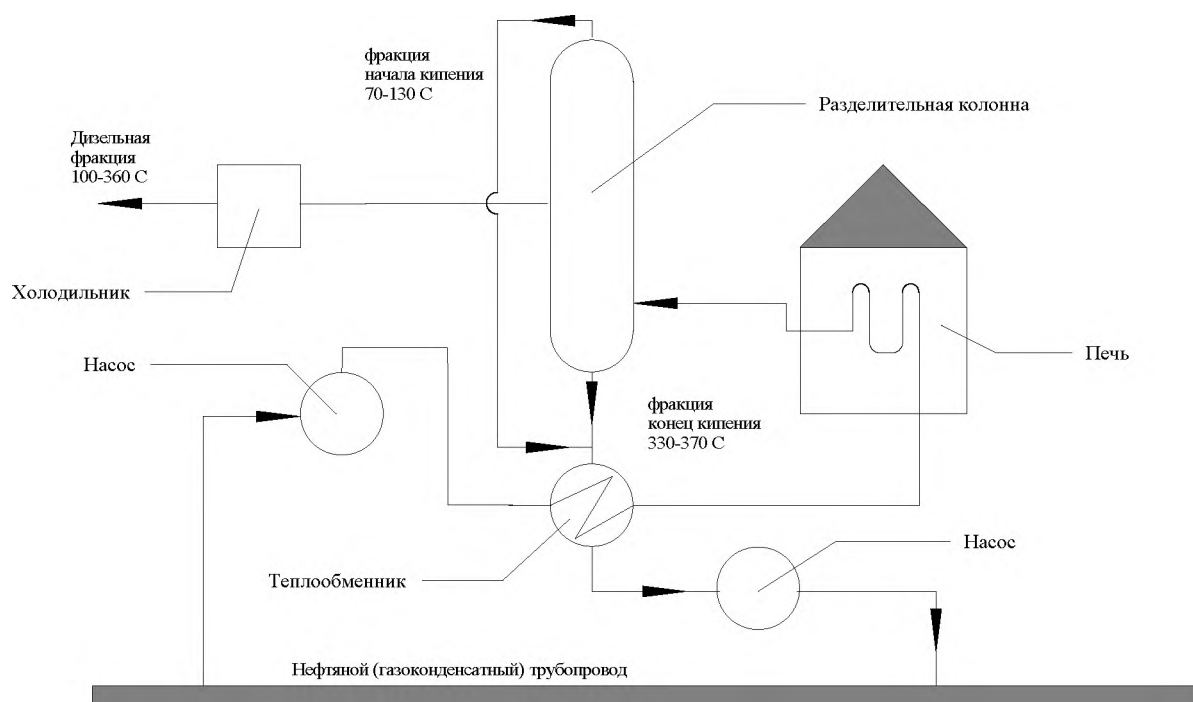
Тенденция экономического развития в этом направлении, предполагавшая неэффективность нефтеперерабатывающих производств производительностью до 25-50 тыс. тонн нефтепродуктов в год, в настоящее время рухнула. Об этом свидетельствуют нефтегазовые и газоконденсатные факелы большого количества малодебитных скважин с так называемыми «непромышленными запасами». Попросту говоря, если месторождение работает на добычу нефти при малом количестве «нефтяного газа», - его пускают на факел, а если работает на добычу газа при малом дебите газового конденсата - сжигают газовый конденсат. Сжигание попутного нефтяного газа и конденсата в факелах не только способствует глобальному разрушению экосистемы Земли за счет выбросов углекислого газа и окислов азота, но и наносит огромный вред местной флоре и фауне, жизни и здоровью людей, и ведет к огромным потерям ценного углеводородсодержащего сырья.

В России имеется богатый опыт использования газоконденсатных дизельных широкофракционных топлив. Эти топлива после 5-ти летних Государственных испытаний в южных и северных климатических зонах были допущены к применению на удаленных месторождениях страны.

При разведочном и эксплуатационном бурении нефтяных скважин в удаленных труднодоступных районах для обеспечения стабильной работы дизельных установок, особенно в осенние и весенние периоды, когда доставка топлив затруднена, целесообразно иметь на дизель-электрических комплексах малогабаритные модульные блоки производства дизельных топлив из добываемой нефти. Предлагаемые различными проектными организациями установки переработки нефти рассчитаны на производство всей номенклатуры нефтепродуктов от бензина до мазута, которую негде использовать, за исключением дизельного топлива.

Малогабаритные блочно-модульные установки по производству дизельных топлив, представляют собой системы автономного энергоснабжения для объектов нефтяных компаний (рисунок). Нефть отбирается из нефтепровода (или ёмкости), насосом подается через подогреватель (он же холодильник) в печь, где подогревается до температуры  $360^{\circ}\text{C}$  и поступает в ректификационную колонну. Из колонны отбирается дизельная широкая фракция (н.к.  $70^{\circ}\text{C}$  – к.к.  $360^{\circ}\text{C}$ ), а легкая и мазутная – возвращаются охлаждаясь обратно в нефтепровод. Производительность блочной установки рассчитывается от конкретной потребности района. Питание электро-подкачивающих насосов производится от дизель-генератора.

### Схема установки по производству дизельного топлива



**Рисунок.** Схема установки по производству дизельного топлива

Широкофракционные дизельные топлива (ШДТ) менее прихотливы к физико – химическим свойствам исходного сырья. Получаемое широкофракционное дизельное топливо соответствует ТУ 51-125 «Топливо дизельное широкофракционное газоконденсатное ДШЛ, ДШЗ». Поэтому мы рекомендуем отбирать из нефти фракции с температурой начала кипения  $70-130^{\circ}\text{C}$  и концом кипения  $330-370^{\circ}\text{C}$ . Температуры на-

чала и конца кипения регулируются в зависимости от физико-химического состава исходного сырья для доводки показателей топлив под требования нормативных документов. При «неблагоприятном» групповом (химическом) составе исходной нефти, например, преобладание парафиновых или ароматических углеводородов - потребуются сезонная доводка показателей по температуре застывания, или температуре вспышки (по требованию эксплуатирующей организации). Физико-химические свойства получаемого топлива представлены в таблице.

Таблица. Физико-химические свойства получаемого топлива

Показатель	Топливо дизельное по ГОСТ 305-62	Топливо дизельное широкофракционное ТУ 51-125	Топливо дизельное по ASTM D975-96
	лето/зима	ГШЛ/ГШЗ	Grade №1-D / Grade №2-D
Цетановое число (не менее)	45	40	40
Начало кипения (не ниже)	-	80 / 70	-
10% перегоняется при t, °C (не ниже)	-	- / 120	-
50% перегоняется при t, °C (не ниже)	270 / 250	210 - 250	-
96% перегоняется при t, °C (не ниже)	360 / 340	360 / 340	288 / 282-338 (90%)
Вязкость кинематическая при 20 °C, мм/с (не ниже)	3,0 - 6,0 / 2,2- 3,2	1,8 / 1,5	1,3 - 2,4 / 1,9 - 4,1 (40°C)
Температура застывания, °C (не выше)	-10 / -35	-15 / -35	-
Температура помутнения, °C (не выше)	-5 / -25	-5 / -25	-
Массовая доля серы, % (не более)	1,0 / 0,6	0,2	0,5
Массовая доля меркаптановой серы, % (не более)	0,01	0,01	-
Испытание на медной пластинке	выдерживает	выдерживает	степень коррозии №3 ASTM D-130
Вода	отсутствует	отсутствует	0,05 моль%
Механические примеси	отсутствуют	отсутствуют	
Фактические смолы, мг/100 мл (не более)	60 / 40	40 / 30	-
Коксуемость 10% остатка (не более)	-	0,2	0,15
Коэффициент фильтруемости (не более)	-	3	*
Зольность, % (не более)	0,01	0,01	0,01
Плотность при 20°C, кг/м³(не более)	-	-	860 (15°C)
Температура вспышки, определяемая в закрытом тигле, t, °C (не ниже)	40 / 35	-	38 / 52

Такие модульные установки, расположенные в непосредственной близости от дизель-генераторных электростанций, резко сокращают эксплуатационные расходы на приобретение и транспортировку дизельного топлива.

Применение этих установок направлено на повышение рентабельности как вновь создаваемых, так и уже действующих промышленных объектов.

Как показывают расчётные показатели производительности и стоимости установок, проектно-сметных и пуско-наладочных работ для установок дизель - генераторов «Перкинс» разной производительности: Р – 650 и Р – 800, без учёта создания соответствующей инфраструктуры (станция заправки, подъездные пути и т.д.). В зависимости от физико-химического состава конкретного исходного сырья общая стоимость работ может быть значительно сокращена.

На первом этапе целесообразно модульными блоками производить объёмы топлив для обеспечения потребностей буровых, местного транспорта и близлежащих поселков, обслуживающих месторождение, а сэкономленные средства направить на повышение зарплаты и развитие инфраструктуры, с выходом на магистрали централизованных перевозок, на втором – параллельными блоками полностью потушить факела.

Блочно-модульные установки (БМУ) производства дизельных широкофракционных топлив полностью автоматизированы, работают в автономном режиме, обслуживаются операторами с пульта управления работой дизель-генераторных установок. БМУ оборудованы автоматическими средствами предупредительной сигнализации и пожаротушения, устанавливаются либо отдельными блоками производства, хранения и отпуска, либо на единой передвижной платформе (без емкостей хранения) в соответствии с противопожарными разрывами по требованиям СП и ППР при эксплуатации нефтеперерабатывающих предприятий. Оценка показателей взрывопожарной опасности БМУ и резервуаров производится по: ГОСТ 12.1.004, ГОСТ Р 12.3.047, СП 12.13.130-2009.

Предусмотрены устройства аварийной остановки МБУ, ограничения свободного растекания жидкостей за счёт обваловки и закрытого подземного резервуара для аварийного слива нефти и нефтепродуктов. Защита основного резервуара от разрушения при взрывах и пожарах осуществляется принципиально новым многофункциональным устройством, либо предусматриваются системы специального пламегашения.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Курочкин А. К., Топтыгин С. П. Синтетическая нефть. Безостаточная технология переработки тяжелых российских нефтей на промыслах // Сфера Нефтегаз, 2010, №1 с. 92–105.
2. СП 12.13130.2009 Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности.
3. ГОСТ Р 12.3.047-2012 ССБТ. Пожарная безопасность технологических процессов. Общие требования. Методы контроля.

УДК 629.33

*И. Л. Скрипник, С. В. Воронин*

ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России»

## **ПРОБЛЕМЫ ПОВЫШЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО УРОВНЯ ОБРАЗЦОВ ПОЖАРНОЙ ТЕХНИКИ**

В статье рассматривается ряд вопросов при решении по разработке новых образцов в предпроектный период, а также раскрыты основные принципы новой концепции оценки технического уровня изделия.

**Ключевые слова:** шаблоны, приборы, критерий.

*I. L. Skrypnyk, S. V. Voronin*

## **THE PROBLEM OF RAISING THE TECHNICAL LEVEL OF THE SAMPLES OF FIRE EQUIPMENT**

The article discusses a number of issues at the decision to develop new samples in the pre-project period, and also reveals the basic principles of a new concept of assessing the technical level of the product.

**Keywords:** templates, tools, criterion.

Современная инженерная практика создания новых образцов пожарной техники однозначно пытается решить вопрос разработки таких изделий, которые отвечали бы лучшим мировым образцам. Однако существующий в определенной мере консерватизм проектирования, ограничивающий поле технического поиска новых решений, ориентация на использование шаблонов, прототипов, изделий-аналогов, позволяет создавать новые образцы приборов приемно-контрольных пожарных (ППКП) весьма далеких от мирового уровня. Между тем мировой рынок образцов ППКП реально существует и успешно функционирует.

Один из вариантов решения данной проблемы заключается в постановке ряда вопросов в предпроектный период и однозначной формулировке ответов на них. Предложен вариант научно-обоснованных ответов на следующие вопросы:

- то такое «технический уровень» для образцов ППКП в современном и мировом понимании;
- каковы сейчас требования мирового рынка в техническом уровне изделий ППКП;
- необходима ли новая концепция технической экспертизы современных изделий ППКП сложной структуры;
- можно ли найти критерий технического уровня изделий ППКП в абсолютном измерении и каков его рабочий вид;
- как измерить мировой уровень изделия, зная величину его технического уровня [1].



Существующая методика оценки технического уровня предполагает суммирование «средневзвешенных» значений групп показателей свойств изделия и коэффициентов и весомости [2]. Эта методика ошибочно перенесена на сложные изделия ППКП из области оценки товаров народного потребления.

Многочисленные попытки совершенствования методики путем изменения значений показателей и коэффициентов их весомости не привели к объективной оценке. Наоборот, доминирующие показатели «растворились» в обилии второстепенных, что создало видимость “точной” оценки и исказило истинное положение дел.

Таким образом, теоретическое несовершенство и практическая необъективность действующей концепции оценки технического уровня изделий ППКП делают ее неперспективной.

Исходя из сказанного следует, что необходима новая концепция, при разработке которой предлагается использовать следующие основные принципы:

- концепция должна опираться на новое определение термина «технический уровень» в его широком современном толковании;
- при разработке критерия оценки технического уровня следует исходить из физической сущности работы изделий ППКП, т.е. рассматривать его как процесс достижения полезного эффекта, присущего данному виду изделий ППКП;
- функциональной мерой оценки работы изделий ППКП может быть только физическая величина, отражающая энергетические, временные, вероятностные и др. характеристики;
- критерий технического уровня должен измерять совокупные достоинства изделия по абсолютным значениям его основных потребительских показателей: полезного эффекта работы, затрат на эксплуатацию, достигнутой добротности конструкции, ее новизне и т.п.;
- оценка каждого образца, по возможности, должна проводиться только автономно, по совокупности параметров и без всякой привязки к параметрам какого-либо аналога или эталона сравнения;
- результат оценки должен выражаться в абсолютных единицах (как это принято в физике), отражать количественную и качественную стороны, иметь свою размерность, сопоставляться с абсолютной шкалой измерения технического уровня подобных изделий, конкурентоспособных на мировом уровне;
- критерий технического уровня должен быть связан с определенной ценой образца: цена-функция абсолютной величины критерия технического уровня изделия ППКП;
- абсолютная величина критерия технического уровня должна быть основой для определения динамики развития всех видов изделий ППКП исходя из современных потребностей, прогнозирования прогресса и выработки обязательных норм для: разработки новых изделий и модернизации старых; аттестации изделий по категориям качества; приемки готовой продукции или ее забракования по совокупности допущенных отклонений; регламентации убыточности применения и др.
- критерий технического уровня должен гарантировать полную независимость и объективность на всех этапах технической экспертизы изделий ППКП, по всем стадиям жизненного цикла, по единым показателям и методике для всех видов изделий ППКП определенного функционального назначения.

Поэтому предлагается новый подход для определения одной из составляющих комплексного показателя технического уровня-обобщенного показателя качества, которая должна определяться исходя из реализации следующих положений [3]:

- выбора значений показателей качества;
- определения базы сравнения, в качестве которой предлагается использовать совокупность показателей, установленных в виде требования тактико-технического задания (ТТЗ) на разработку изделий;
- разбиения показателей, на две группы: условно-альтернативную и условно-пропорциональную, по степени учета влияния на эффективность создаваемого изделия превышения фактически достигнутых значений показателей над заданными в ТТЗ;
- определения обобщенного показателя технического уровня, представляющего собой взвешенную среднеарифметическую, среднегеометрическую или среднегармоническую свертку показателей выделенных групп.

Такой подход позволит заказчику правильно сформулировать ТТЗ на разработку, с учетом перспектив развития изделий пожарной техники, а разработчику правильно, без излишних затрат, реализовать их в проектно-конструкторских решениях.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Бурлаков В.Д.* Что такое мировой уровень техники и можно ли его практически измерить // Стандарты и качество, 1989, N 12. С. 59-63.
2. *Керов И.П., Тимофеева Н.М.* Прогнозирование и оценка технического уровня машин // Стратегическое прогнозирование и перспективное планирование научно-технического прогресса: Сб.науч.тр. – Л.: ЛИЭМ, 1989. – с. 64-71.
3. Классификационные модели и методы принятия решений в системах создания и освоения новой техники. – ВНИИ, “Электростандарт”, 1991. – 128с.

УДК 677.024

*С. Г. Степанов<sup>\*</sup>, П. А. Шомов<sup>\*\*</sup>, А. Е. Арипбаева<sup>\*\*\*</sup>, А. А. Сибилев<sup>\*</sup>*

<sup>\*</sup> ФГБОУ ВО «Ивановский государственный политехнический университет»

<sup>\*\*</sup> Научно-технический центр «Промышленная энергетика» г. Иваново

<sup>\*\*\*</sup> Южно-Казахстанский государственный университет им. М.О. Ауэзова

#### **О ВЫБОРЕ МАТЕРИАЛА НИТЕЙ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА АРМИРУЮЩИХ КАРКАСОВ ПОЖАРНЫХ НАПОРНЫХ РУКАВОВ С УЛУЧШЕННЫМИ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ**

Рассмотрена проблема выбора материала синтетических нитей для производства армирующих каркасов пожарных напорных рукавов с улучшенными эксплуатационными характеристиками.

**Ключевые слова:** пожарный напорный рукав, тканый армирующий каркас пожарного рукава, разрывное усилие точных нитей.

*S. G. Stepanov, P. A. Shomov, A. E. Aripbayeva, A. A. Sibilev*

## ON THE SELECTION OF THE MATERIAL OF THREADS FOR THE PRODUCTION OF REINFORCING FRAMES OF FIRE-PRESSURE HOSES WITH IMPROVED OPERATING CHARACTERISTICS

The problem of the choice of material of synthetic filaments for the production of reinforcing cages fire hoses with improved performance.

**Keywords:** a pressure fire hose, the woven reinforcing framework of a fire hose, bearing strength of weft threads.

Основным несущим элементом пожарных напорных рукавов (ПНР) является тканый армирующий каркас, полностью воспринимающий усилия, обусловленные наличием давления жидкости внутри пожарного рукава, если речь идет о непрорезиненных ПНР, и в определяющей степени, в случае прорезиненных, латексированных и с двухсторонним покрытием ПНР.

Устройство последних трех видов рукавов, в которых тканый армирующий каркас покрыт слоями резины или латекса дает основание отнести эти изделия к композиционным материалам.

Анализ структуры армирующих каркасов ПНР показал, что все они в большинстве случаев состоят из однослойных оболочек полотняного переплетения. По длине ПНР располагаются основные нити, которые взаимно переплетены с уточными нитями, проложенными по его окружности. Расчет на прочность ПНР сводится в основном к расчету на прочность их армирующего каркаса, способность которого сопротивляться разрушению в первую очередь определяется прочностью уточных нитей.

При эксплуатации ПНР подвергаются механическому износу, воздействию низких и высоких температур, действию солнечных лучей, необратимому процессу старения материала, случайному попаданию на них химически активных веществ и т.д. [1]. По этой причине к материалу синтетических нитей ПНР предъявляются повышенные требования, которые должны обладать высокой прочностью, сопротивляемостью абразивному истиранию, относительно высокой температурой плавления, стойкостью при действии химически активных веществ. Большинство ПНР, произведенных в России, изготавливаются из полиэфирных нитей на основе полиэтилентерефталата (ПЭТФ), обладающих незначительной сминаемостью, отличной свето- и атмосферостойкостью, относительно высокой прочностью и температурой плавления, хорошей стойкостью к органическим растворителям. Однако их стойкость к истиранию не достаточна. Практика использования ПНР из полиэфирных нитей на основе ПЭТФ показывает, что основной причиной разрыва рукавов при эксплуатации является абразивный износ их поверхности. В связи с этим, актуальным является вопрос выбора материала синтетических нитей для изготовления новых высокотехнологичных ПНР, превосходящих эксплуатируемые в настоящее время пожарные рукава на основе полиэфирных нитей по прочности, стойкости к абразивному истиранию и удовлетворяющих другим требованиям ГОСТ Р 51049-97 [2] по ПНР.

Мы считаем одним из перспективных направлений для производства новых долговечных и высокотехнологичных ПНР использование наряду с традиционными полиэфирными нитями на основе полиэтилентерефталата (ПЭТФ), нитей из сверхвы-

сокомолекулярного полиэтилена (СВМПЭ - нитей), относящихся наряду с углеродными и арамидными нитями к тройке «супернитей» и отличающихся от традиционных нитей исключительно высокой прочностью и сопротивляемостью абразивному истиранию. Так, удельная разрывная нагрузка СВМПЭ – нитей составляет 310-360 сН/текс, в то время как аналогичный показатель для технических полиэфирных нитей находится в пределах 60-85 сН/текс. Стойкость к абразивному истиранию СВМПЭ – нитей более чем в четыре раза превосходит аналогичный показатель для технических полиэфирных нитей. Однако наряду с низкими отрицательными температурами эксплуатации ( $-100\text{ }^{\circ}\text{C}$  и ниже) СВМПЭ из-за строения молекул является термопластичным веществом с относительно невысокой температурой плавления ( $144-152\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) и термодеструкцией (термическим разрушением структуры) при  $112-115\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Поэтому изделия из СВМПЭ не рекомендуется эксплуатировать при температурах, превышающих  $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Последнее обстоятельство создает две проблемы по использованию СВМПЭ – нитей для производства ПНР.

Первая проблема связана с технологией производства прорезиненных ПНР на основе синтетических нитей, которая состоит в следующем. Одна из технологических операций производства ПНР заключается в том, что во внутрь тканого армирующего каркаса вводится резиновая оболочка с нанесенным на ее поверхности клеем, и в нее подается под давление 5-6 атмосфер пар с температурой около  $150\text{ }^{\circ}\text{C}$  для распрямления резиновой оболочки и ее приклеивания к каркасу. При воздействии такой температуры, даже несмотря на то, что это воздействие передается не непосредственно на СВМПЭ – нити, а через резиновую оболочку, высока вероятность термодеструкции СВМПЭ – нитей. Решение этой проблемы может быть достигнуто снижением давления пара и, как следствие, доведения его температуры до значений близких к  $110\text{ }^{\circ}\text{C}$ , либо использованием вместо пара сжатого воздуха под давлением 5-6 атмосфер с температурой нагрева  $80-100\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Вторая проблема связана с тем, что ПНР с армирующим каркасом только лишь из СВМПЭ – нитей с высокой вероятностью не пройдет испытание по стойкости к контактному прожигу (регламентируется ГОСТ Р 51049-97 [2]) из-за относительно низкой температуры термодеструкции. Данная проблема, по нашему мнению, может быть решена путем использования в армирующем каркасе в качестве уточных комплексной бикомпонентной синтетической нити, состоящих из относительно термостойкой традиционной полиэфирной нити и равнопрочной первой, но имеющей меньшую линейную плотность СВМПЭ-нити. При проектировании армирующего каркаса ПНР на основе методики расчета и рационального проектирования, в основу которой положена формула (1) [3], условно принимаем, что разрывное усилие комплексной нити равно разрывному усилию полиэфирной нити, входящей в ее состав, а прочность на разрыв СВМПЭ-нити не учитываем. Линейная плотность полиэфирных нитей и параметры армирующего каркаса выбираются такими, что бы они полностью удовлетворяли требованиям ГОСТ Р 51049-97, в том числе по разрывному давлению, стойкости к контактному прожигу и др. Таким образом, будет спроектирован армирующий каркас ПНР с фактической удвоенной разрывной прочностью комплексной уточной нити, что, по нашему мнению, будет оправдано в силу следующих соображений. Как отмечалось выше, основной причиной разрыва рукавов при эксплуатации является абразивный износ их поверхности из-за недостаточной стойкости к истиранию полиэфирных нитей. При эксплуатации ПНР, в армирующий каркас которого работает комплексная синтетическая нить, состоящая из полиэфирной нити и равно-

прочной ей СВМПЭ-нити, в первую очередь будет изнашиваться существенно менее стойкая к абразивному износу полиэфирная нить. Но даже полный износ полиэфирной нити, по нашему мнению, не приведет к разрыву рукава, т. к. действие внутреннего гидравлического давления будет воспринимать стойкая к износу СВМПЭ-нить. Вместе с тем, наличие относительно термостойкой традиционной полиэфирной нити необходимо, т. к. последняя обеспечит требуемую стойкость армирующего каркаса к контактному прожигу.

Следует отметить, что такое решение проблемы не приведет к существенному перерасходу материала, а, следовательно, к значительному увеличению массы ПНР и его удорожанию, т. к. дополнительный расход СВМПЭ – нитей составит всего лишь несколько сот граммов.

С другой стороны, такой ПНР будет иметь, как мы ожидаем, существенно более высокие эксплуатационные характеристики по сравнению с традиционными рукавами на основе полиэфирных нитей, а именно:

1) как минимум в двое возрастет прочность ПНР, и он будет соответствовать требованиям ГОСТа не только на рабочее давление 1,6 МПа, но и на 3,0 МПа (по крайней мере для рукавов диаметром 38 мм, 51 мм, 66 мм, 79 мм), что делает его универсальным;

2) в несколько раз возрастет стойкость ПНР к абразивному износу (за счет использования СВМПЭ-нитей) при одинаковых по интенсивности условиях эксплуатации;

3) в несколько раз возрастет надежность и долговечность ПНР.

По нашему мнению, использование в армирующем каркасе ПНР бикомпонентной синтетической нити, состоящей из полиэфирной нити и равнопрочной ей СВМПЭ-нити, которое обеспечит существенно более высокие эксплуатационные характеристики ПНР по сравнению с традиционными рукавами на основе полиэфирных нитей, оправдывает себя, даже не смотря на удорожание ПНР из-за использования СВМПЭ-нитей, т. к. в несколько раз возрастает прочность, износостойкость, надежность и долговечность ПНР.

Нами получен патент на использование в ПНР в качестве уточных комплексных бикомпонентных синтетических нитей, состоящих из традиционных полиэфирных нитей и СВМПЭ-нитей [4].

Мы считаем данное направление одним из перспективных направлений для производства новых долговечных и высокотехнологичных ПНР.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Безбородько М.Д., Алексеев П.П., Максимов Б.А., Новиков Г.И.* Пожарная техника. М. 1979. 435 с.
2. ГОСТ Р 51049-97. Техника пожарная. Рукава пожарные напорные. Общие технические требования. Методы испытания.
3. *Арипбаева А.Е.* О расчете и рациональном проектировании армирующих каркасов пожарных напорных рукавов при действии внутреннего гидравлического давления // Сб. материалов VIII Всероссийской научно-практической конференции «Надежность и долговечность машин и механизмов». - Иваново, 2017.
4. *Степанов О.С., Степанов С.Г., Шомов П.А.* Патент РФ № 140574. 2013.

УДК 658.286

*С. А. Сычев, В. П. Зарубин, И. А. Легкова*

ФГБОУ ВО «Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России»

## **УВЕЛИЧЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ПЕРЕДВИЖНОЙ МАСТЕРСКОЙ ДЛЯ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ПОЖАРНОЙ ТЕХНИКИ**

В статье рассмотрен вопрос расширения возможностей передвижной ремонтной мастерской с помощью применения специального подъемного механизма.

**Ключевые слова:** ремонт, техническое обслуживание, ремонтная мастерская, пожарный автомобиль, подъемный механизм.

*S. A. Sychev, V. P. Zarubin, I.A. Legkova*

## **THE INCREASING CAPACITY OF MOBILE WORKSHOP FOR MAINTENANCE OF FIRE EQUIPMENT**

In the article the question of empowering mobile repair workshop by using special lifting mechanism.

**Keywords:** repair, maintenance, repair shop, fire truck, lifting mechanism..

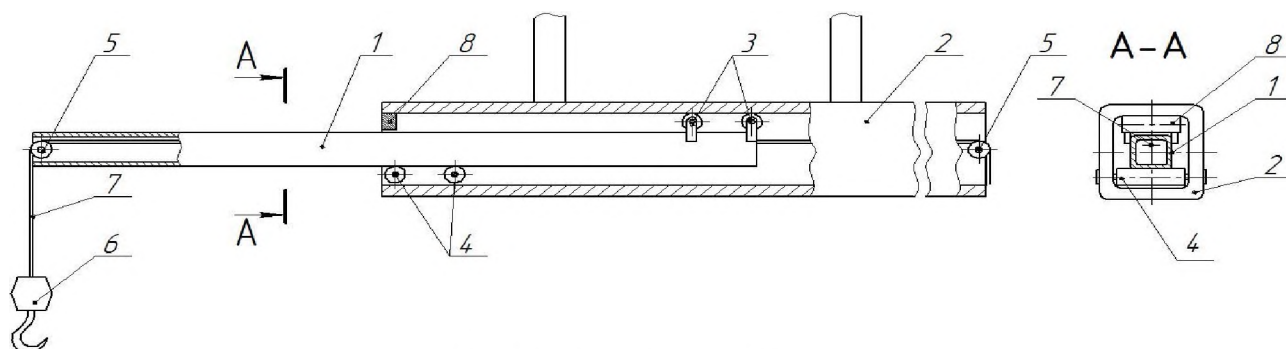
Надежность пожарной техники при эксплуатации возможна при соблюдении определенных требований, к которым относятся своевременное и качественное техническое обслуживание, соблюдение государственных стандартов (ГОСТ) и правил технической эксплуатации. При соблюдении правил эксплуатации техника долгое время находится в исправном состоянии, при котором соответствует всем требованиям нормативно-технической документации. Однако при возникновении какого-либо повреждения пожарная техника переходит в неисправное состояние, что требует проведения ремонтных операций для восстановления работоспособности машин и оборудования.

Ремонт пожарной техники проводится либо в местах дислокации техники, либо на территории специализированных организаций. Проведение ремонта на местах подразумевает наличие специальных постов технического обслуживания. Однако не все пожарно-спасательные части имеют такие посты технического обслуживания, поэтому для проведения ремонтных операций предлагается использовать передвижную ремонтную мастерскую, укомплектованную всем необходимым оборудованием и инструментом. Сконструированная на шасси грузового автомобиля ремонтная мастерская предназначена для доставки ремонтной бригады и ремонтного оборудования к месту поломки пожарной техники для проведения ремонтных работ.

Приказ МЧС России №624 от 25.11. 2016 года предусматривает в качестве основного метода ремонта – агрегатный метод. Этот метод предусматривает замену неисправного агрегата на новый или заранее отремонтированный. А так как некоторые агрегаты пожарной техники имеют значительную массу, то для облегчения условий

труда персонала ремонтной мастерской необходимо предусмотреть подъемное устройство грузоподъемностью не менее 800 кг.

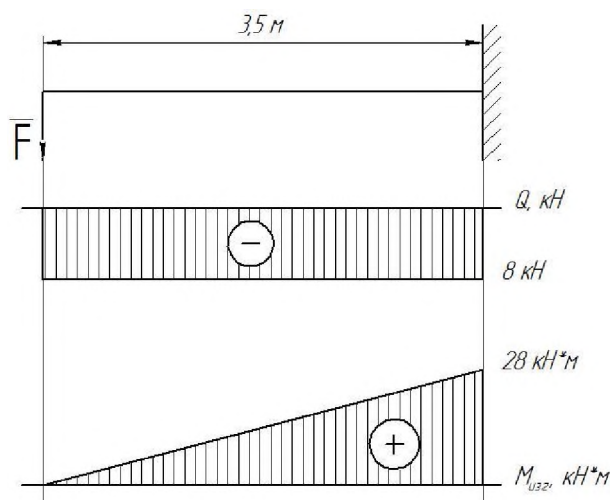
Для проектируемой передвижной мастерской в кузов унифицированный нулевого габарита (КУНГ) предлагается установить телескопическую грузовую стрелу с широкими возможностями. Так конструкция грузовой стрелы позволит не только осуществлять подъем и опускание груза, но и даст возможность перемещать поднятый груз в горизонтальном направлении. Схема грузовой стрелы представлена на рис. 1.



**Рис. 1.** Схема грузовой стрелы

- 1 – балка выдвижная; 2 – балка стационарная; 3 – ролик верхний; 4 – ролик нижний;  
5 – ролик троса направляющий; 6 – крюк; 7 – трос; 8 – упор

Конструирование грузовой стрелы проводится с учетом грузоподъемности и способа ее крепления к КУНГу автомастерской. Учитывая специфику работы с проектируемым подъемным механизмом, определен вид деформации, под который необходимо подобрать габариты профиля стрелы. Конструктивно предполагаем профиль балки выдвижной (рис. 1) в виде трубы квадратного сечения. Таким образом, учитывая грузоподъемность, направление действия основной внешней силы, способ закрепления стрелы и ее длину, принципиальная схема нагружения принимает вид, представленный на рис. 2.



**Рис. 2.** Схема нагружения балки

Исходными данными для расчета являются внешняя сила  $F = 8 \text{ кН}$  и длина деформируемого участка  $l = 3,5 \text{ м}$ . Силовым фактором, влияющим на выбор параметров сечения балки, является изгибающий момент. Значение момента определим по формуле:

$$M_{\text{изг}} = F \cdot l = 8 \cdot 3,5 = 28 \text{ кН} \cdot \text{м}$$

Учитывая значение максимального изгибающего момента, определяем необходимое значение момента сопротивления сечения.

$$W_x = M_{изг} / [\sigma],$$

где  $[\sigma]$  – допустимое нормальное напряжение, Н/мм<sup>2</sup>.

Принимаем  $[\sigma] = 160$  Н/мм<sup>2</sup>, учитывая материал изготовления балки.

$$W_x = 28 \cdot 10^6 / 160 = 1,75 \cdot 10^5 \text{ мм}^3.$$

Таким образом, для того чтобы выдержать нагрузку, сечение балки должно иметь момент сопротивления не менее  $1,75 \cdot 10^5$  мм<sup>3</sup>. Для трубы квадратного сечения момент сопротивления сечения определим по формуле:

$$W_x = \frac{4}{3} B^2 S,$$

где  $B$  – длина стороны квадратного сечения;  $S$  – толщина стенки сечения.

Конструктивно приняв значение  $S = 10$  мм. Определяем длину стороны сечения:

$$B = \sqrt{\frac{3W_x}{4S}} = \sqrt{\frac{3 \cdot 1,75 \cdot 10^5}{4 \cdot 10}} = 114,5 \text{ мм}.$$

Анализируя результаты расчетов, для изготовления выдвижной балки стрелы грузовой окончательно выбираем стандартные размеры квадратной трубы 120x120x10. Стрела, выполненная из такого профиля, выдержит нагрузку и будет иметь необходимый запас прочности, так как стандартный размер профиля больше расчетного. Используя для изготовления подъемного механизма стандартного профиля не требует значительных финансовых вложений, а использование подъемника при агрегатном методе ремонта облегчает работу ремонтной бригаде и сокращает время на проведение операций по замене узлов пожарной техники.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Повышение надежности работы стальных узлов трения / В.П. Зарубин, К.Г. Березин, Б.Р. Киселев, А.Е. Осипов // Современные наукоемкие технологии. Региональное приложение. – 2011. - №3. – С. 81-84.
2. Применение программного продукта MATHCAD в образовательном процессе / В.Е. Иванов, В.П. Зарубин, С.А. Никитина, П.В. Пучков. // Информационные технологии в обеспечении федеральных государственных образовательных стандартов: сборник матер. междунар. научно-практической конф. – 2014. – С. 25-29.
3. Использование трехмерной графики при изучении устройства узлов механизмов / И.А. Легкова, В.П. Зарубин, В.Е. Иванов. Аграрная наука в условиях модернизации и инновационного развития АПК России: сборник матер. всерос. научно-методической конф. с международным участием, посвященной 85-летию Ивановской государственной сельскохозяйственной академии имени Д.К. Беляева. – 2015. – С. 140-143.
4. Трехмерное моделирование как средство визуализации учебного материала / И.А. Легкова, В.П. Зарубин, А.С. Коновалов // Современные технологии обеспечения гражданской обороны и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций. – 2015. – Т. 1. - № 1 (6). – С. 126-128.



УДК 658.286

*С. А. Сычев, В. П. Зарубин*

ФГБОУ ВО «Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России»

## **ВОЗМОЖНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПЕРЕДВИЖНОЙ МАСТЕРСКОЙ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ И РЕМОНТА ПОЖАРНОЙ ТЕХНИКИ**

В статье рассмотрен вопрос проведения технического обслуживания и ремонта пожарной техники с помощью мобильной специализированной ремонтной мастерской.

**Ключевые слова:** ремонт, техническое обслуживание, ремонтная мастерская, пожарный автомобиль.

*S. A. Sychev, V. P. Zarubin*

## **THE POSSIBILITY OF USING A MOBILE WORKSHOP FOR MAINTENANCE AND REPAIR OF FIRE EQUIPMENT**

In the article the question of the maintenance and repair of fire equipment with a mobile specialised repair workshop.

**Keywords:** repair, maintenance, repair shop, fire truck.

При эксплуатации многоцелевых пожарных средств почти всегда создаются неблагоприятные условия, резко снижающие их надежность и долговечность. Своевременное и качественное техническое обслуживание является важнейшим элементом эксплуатации техники и должно обеспечивать:

- постоянную готовность техники к использованию;
- безопасность применения (работы);
- устранение причин, вызывающих преждевременный износ, старение, разрушение, неисправности и поломки составных частей и механизмов;
- надежную работу техники в течение установленных межремонтных ресурсов и сроков их службы до ремонта и списания;
- минимальный расход горючего, смазочных и других эксплуатационных материалов.

Согласно приказа № 555 «Организация эксплуатации техники, Техническое обслуживание, Ремонт пожарных автомобилей» для обслуживания пожарных автомобилей предусмотрено проведение мероприятий для техники повседневного использования и для техники, содержащейся на хранении. Эти мероприятия включают в себя целый ряд работ по техническому обслуживанию техники и делятся на виды.

Номерные виды технического обслуживания (ТО-1, ТО-2 и т.д.) имеют цель обеспечить безотказную работу техники, снизить интенсивность изнашивания деталей, выявить и предупредить отказы и неисправности. Номерные виды технического обслуживания проводятся в объемах и с периодичностью, установленной соответствующим предприятием-изготовителем и по результатам технического диагностирования. Кроме этого, для безотказной работы специальных автомобилей пожарной ох-

раны своевременно устраняются неисправности и проводятся другие работы, а также может проводиться подготовка техники к эксплуатации в сложных условиях и к ее транспортированию. Для качественного и полного проведения мероприятий по техническому обслуживанию техники пожарно-спасательные части должны быть укомплектованы постами технического обслуживания, что в настоящее время не представляется возможным. Поэтому проблема ремонта и обслуживания пожарной техники стоит достаточно остро.

Решить выше указанный ряд проблем на наш взгляд поможет мобильная специализированная ремонтная мастерская. Возможность применения мобильного поста ТО рассматривается на примере ФГКУ «1 отряд ФПС по Нижегородской области».

Учитывая тактико-техническую характеристику техники стоящей на вооружении в ФГКУ «1 отряд ФПС по Нижегородской области», объем проводимых работ по техническому обслуживанию и предполагаемый объем работ по ремонту пожарной техники передвижная мастерская должна быть укомплектована следующим инструментом и оборудованием:

- установка моечная;
- домкрат гидравлический грузоподъемностью 12 т;
- пресс гидравлический до 40 т;
- тележка грузоподъемностью 300 - 500 кг;
- прибор для определения технического состояния цилиндропоршневой группы автомобильных двигателей;
- манометр измерения давления в масляной магистрали двигателей;
- газоанализатор для проверки соединения окиси углерода в отработавших газах;
- прибор универсальный для проверки рулевого управления автомобилей;
- прибор для проверки автомобильного электрооборудования;
- прибор для очистки и проверки свечей зажигания;
- прибор для проверки и регулировки правильности установки автомобильных фар;
- прибор для проверки бензонасосов;
- динамометрический люфтометр;
- прибор для определения расхода рабочей жидкости;
- прибор для определения давления жидкости;
- комплект приборов и инструментов для технического обслуживания аккумуляторных батарей;
- инструмент для ремонта гидросистем;
- комплект инструмента для ремонта топливной аппаратуры;
- комплект слесарно-монтажного инструмента;
- электрический вулканизационный аппарат для ремонта автомобильных камер;
- комплект инструмента аккумуляторный;
- компрессор воздушный;
- электродрель;
- электрическая шлиф машинка;
- комплект оборудования по обслуживанию и ремонту пожарных рукавов;
- аппарат сварочный;
- электрическая пила дисковая;
- солидолонагнетатель ручной рычажный.

Для доставки специалистов и оборудования к месту проведения ТО необходимо использовать передвижную автомобильную ремонтную мастерскую (ПАРМ). В настоящее время промышленность предлагает ряд ПАРМ на различном шасси. Однако приобретение такого рода мастерской потребует значительных финансовых затрат большая часть которых идет на оплату непосредственно шасси на котором смонтирована мастерская. Кроме этого существующие мастерские имеют узкую специализацию и найти готовую ремонтную мастерскую для обслуживания пожарной техники не представляется возможным.

Решить указанные выше проблемы поможет создание универсального кузова со специальным оборудованием, который можно установить на любое грузовое шасси. В качестве шасси предлагается использовать имеющиеся пожарные автомобили подлежащие списанию. Согласно правилам списания пожарная техника Государственной противопожарной службы, отработавшая установленный срок службы, техническое состояние которой не отвечает предъявляемым требованиям, может быть реализована в установленном порядке для использования на объектах экономики.

На примере ФГКУ «1 отряд ФПС по Нижегородской области», для снижения затрат на приобретение ПАРМ, предлагается использовать имеющийся пожарный автомобиль АЦ 3.2-40 (433104) в котором пожарную надстройку планируется заменить кузовом унифицированным нулевого габарита (КУНГ). Основные финансовые вложения при этом потребуются на приобретение самого КУНГа, оснащение его необходимым инструментом и оборудованием, а также на проведение работ по сборке автомобиля. Передвижной пост технического обслуживания позволит проводить все виды номерных видов ТО высококвалифицированными специалистами непосредственно в пожарно-спасательных частях. Это снимет необходимость переброски техники в специализированные мастерские для проведения ТО. Кроме технического обслуживания передвижная мастерская позволит проводить широкий ряд ремонтных мероприятий в полевых условиях при длительных выездах техники на учения или ликвидацию последствий стихийных бедствий, что значительно расширяет область ее применения и увеличивает востребованность.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Зарубин В.П., Киселев В.В., Пучков П.В., Топоров А.В. Улучшение эксплуатационных характеристик автотранспортной техники за счет применения высокоэффективных присадок / В.П. Зарубин, В.В. Киселев, П.В. Пучков, А.В. Топоров // Известия Московского государственного технического университета МАМИ. – 2014. – Т. 3. - № 1 (19). С. 56-62.
2. Зарубин В.П., Киселев В.В., Топоров А.В., Перспективы применения нанопорошков силикатов в смазочных материалах, используемых в пожарной технике / В.П. Зарубин, В.В. Киселев, А.В. Топоров, и др. // Пожаровзрывобезопасность. – 2013. - Т. 22. - № 5. С. 65-70.
3. Киселев В.В., Топоров А.В., Никитина С.А. Повышение качественных характеристик моторных масел за счет введения присадок. / В.В.Киселев, А.В.Топоров, С.А. Никитина и др. // Материалы международной научно-технической конференции «Состояние и перспективы развития электро- и теплотехнологии: (XVIII Бенардосовские чтения)». – 2015. – С. 330-333.
4. Зарубин В.П., Легкова И.А., Пучков П.В. Исследование влияния наполнителей к смазкам на приработку пар трения / В.П. Зарубин, И.А. Легкова, П.В. Пучков // Аграрная наука в условиях модернизации и инновационного развития АПК России.: сборник матер. всерос. научно-методической конф. с международным участием, посвященной 85-летию Ивановской государственной сельскохозяйственной академии имени Д.К. Беляева. – Иваново, 2015. – С. 126-129.

УДК 62-3

*А. В. Топоров, М. В. Смирнов*

ФГБОУ ВО «Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России»

## РАСЧЕТ НА ПРОЧНОСТЬ МЕТОДОМ КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ РАМЫ УСТРОЙСТВА

Представлены результаты расчета на прочность рамы пневмогидравлического привода с применением метода конечных элементов для прочностного анализа.

**Ключевые слова:** метод конечных элементов, пневмогидравлический привод.

*A. V. Toporov, M. V. Smirnov*

## STRENGTH CALCULATION OF THE DEVICE FRAME BY FINITE ELEMENTS METHOD

The results of calculation of the strength of the frame of the pneumohydraulic drive using the finite element method for strength analysis are presented.

**Keywords:** finite element method, pneumohydraulic drive.

С целью снижения габаритов, обеспечения возможности транспортировки и работы с пневмогидравлическим приводом гидравлического аварийно-спасательного инструмента было принято решение выполнить его в виде ранцевой установки. Элементы привода, такие как баллон со сжатым воздухом, расширительный бак, пневмогидронасос предполагается разместить на рамной конструкции, изготовленных из стальных труб квадратного сечения.

Для определения надежности конструкции был произведен прочностной расчет рамы устройства, с помощью метода конечных элементов, реализованного в САПР КОМПАС. На рис 1 приведена экранная область САПР КОМПАС с подключенной процедурой прочностных расчетов методом конечных элементов.

Результаты расчета приведены на рисунках. Как видим из рисунка 2, величина напряжений у основания крепления стойки не превышает допустимое значение для стали (180 МПа) и составляет 30МПа. Такое значение напряжения указывает на то, что конструкция не догружена в механическом плане. Тем не менее, уменьшить сечение труб каркаса при сохранении геометрии рамы не представляется возможным в связи с установочными размерами смонтированного на ней оборудования.

Техническим решением по улучшению конструкции рамы может стать использование для ее изготовления материалов, обладающих меньшей плотностью, чем сталь. Применение здесь вместо стального проката алюминиевых труб аналогичного сечения позволит добиться снижения массы рамы в 2,88 раза. Основываясь на результатах расчета можно рекомендовать для изготовления рамы композиционные материалы. Например, при изготовлении рамы из стеклопластика ее масса уменьшится в 3,5 раза, для композиционных материалов на основе углеродного волокна этот снижение массы составит порядка 7.1 раза.

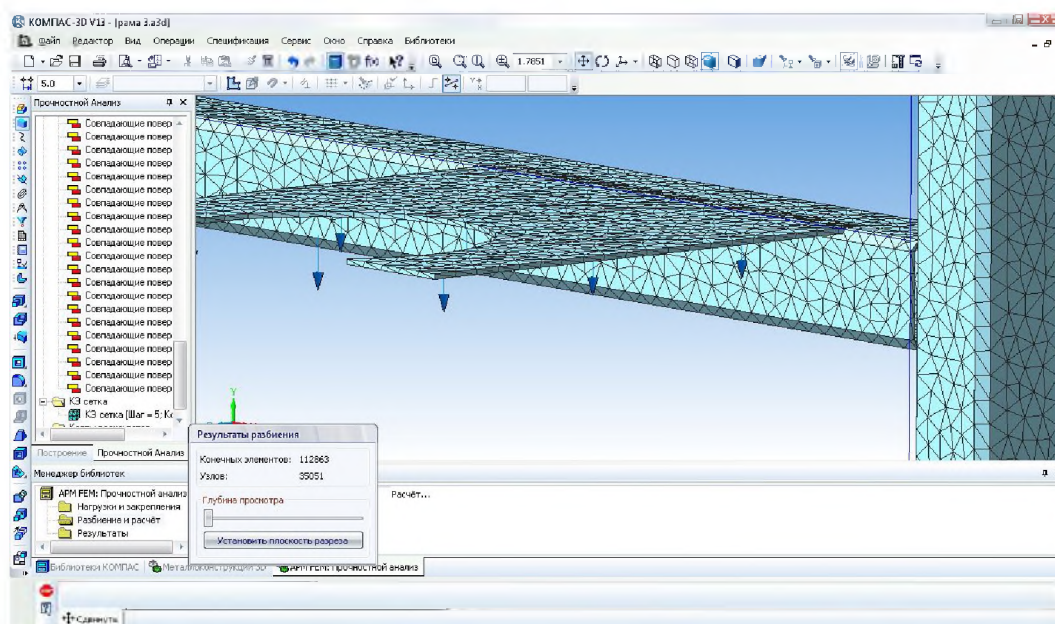


Рис. 1. Триангуляция расчетной области (фрагмент)

Однако применение композиционных материалов требует дополнительного экономического обоснования, поскольку технология изготовления изделий из них достаточно трудоемка, затратна в плане себестоимости исходных материалов и плохо поддается автоматизации. Из представленного на рис. 3 распределения деформаций можно определить, что они незначительны и не превышают 0,2 мм. Таким образом жесткость конструкции является удовлетворительной и не накладывает отпечатка на подбор материала по этому параметру.

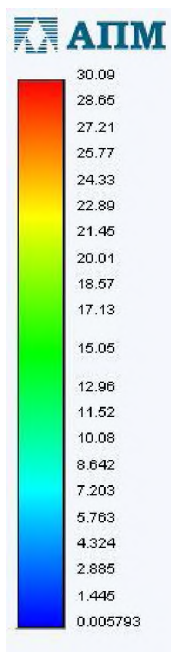


Рис. 2. Картина распределения нормальных напряжений по элементам конструкции

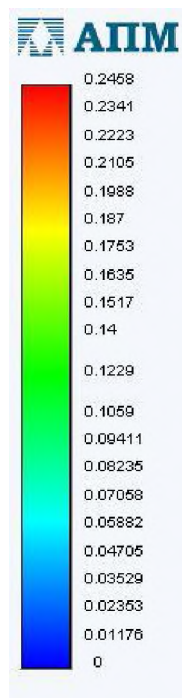


Рис. 3. Картина распределения деформаций по элементам конструкции рамы

Проведенные прочностные расчеты конструкции продемонстрировали ее прочность, устойчивость, долговечность. В дальнейшем, при применении рамной конструкции для размещения узлов пневмогидравлического привод гидравлического аварийно – спасательного инструмента целесообразно выбирать алюминиевый металлопрокат.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Гомонай М.В., Топоров А.В., Смирнов М.В.* Применение сжатого газа в качестве источника энергии для привода гидравлического аварийно-спасательного инструмента // Научные и образовательные проблемы гражданской защиты. 2016. № 3 (30). С. 39-42.
2. *Смирнов М.В., Топоров А.В.* Пневмогидравлический привод аварийно - спасательного инструмента В сборнике: Современное научное знание: теория, методология, практика // Сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции: в 3-х частях. ООО «НОВАЛЕНСО». 2016. С. 65-66.
3. *Топоров А.В., Иванов В.Е., Смирнов М.В.* Перспективы создание аварийно-спасательных комплексов с использованием сжатого воздуха в качестве источника энергии. // Пожарная безопасность: проблемы и перспективы. 2016. Т. 1. № 1 (7). С. 344-345.

УДК 62-3

*А. В. Топоров, М. В. Смирнов*

ФГБОУ ВО «Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России»

#### **РАЗРАБОТКА МЕР БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ РАБОТЕ С ПНЕВМОГИДРАВЛИЧЕСКИМ ПРИВОДОМ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО АВАРИЙНО-СПАСАТЕЛЬНОГО ИНСТРУМЕНТА**

Предложен комплекс мер по безопасному использованию пневмогидравлического привода гидравлического аварийно-спасательного инструмента. Даны рекомендации по предотвращению травматизма при его использовании.

**Ключевые слова:** меры безопасности, гидравлический инструмент, пневмогидравлический привод

*A. V. Toporov, M. V. Smirnov*

#### **DEVELOPMENT OF SAFETY MEASURES WHEN WORKING WITH A PNEUMO-HYDRAULIC DRIVE OF A HYDRAULIC SAFETY INSTRUMENT**

A set of measures for the safe use of the pneumohydraulic drive of a hydraulic emergency rescue tool is proposed. Recommendations are given for the prevention of injuries when using it.

**Keywords:** safety measures, hydraulic tools, pneumohydraulic drive

Пневмагидравлический привод гидравлического инструмента имеет ряд достоинств по сравнению с традиционно применяемыми устройствами. Однако, для дос-

тижения максимальной эффективности использования необходимо учесть ряд конструктивных особенностей, накладывающих отпечаток на его безопасное применение [1, 2, 3]. Применение пневмагидравлического привода позволяет безопасно работать в сырых помещениях, внутри металлических емкостей и в тех местах, где пользование электроэнергией представляет собой опасность [4].

При работе с пневмагидравлическим приводом необходимо знать: безопасные способы работы; безопасные способы подсоединения инструмента к воздухопроводам и его отсоединения; меры защиты от действия вибрации и шума; конструкцию и правила технической эксплуатации каждого вида инструмента; местонахождение запорных кранов или вентилях; причины неисправности инструментов.

При работе с пневмагидравлическим приводом, особенно с подвижным рабочим органом, следует помнить об опасности захвата спецодежды.

При выполнении работ с пневмагидравлическим приводом на высоте более 1,3 м необходимо использовать предохранительный пояс.

Нельзя допускать переломов шлангов, запутывания, а также пересечения их с тросом, электрокабелем и т.д.

Шланги нужно беречь от повреждения, следить за их исправностью.

Запрещается ходить по ним, а также складывать на них различные грузы.

Замерзшие шланги следует отогревать в теплом и по возможности сухом помещении, запрещается отогревать их паром или горячей водой.

До подсоединения шлангов к пневмагидравлическому приводу, а также до отсоединения их необходимо перекрыть вентиль воздушной магистрали.

Для подсоединения шлангов или для соединения шлангов между собой следует применять штуцера и ниппеля с исправной резьбой. Места соединений шлангов не должны пропускать воздух.

Крепить шланги к штуцерам и ниппелям необходимо при помощи стяжных хомутов; пользоваться для крепления шлангов проволокой запрещается.

При перерывах в работе, а также при обрыве шланга и при других неисправностях следует немедленно перекрыть подачу воздуха.

Прекращение подачи воздуха путем переламывания шланга или завязывания его узлом запрещается. Перед присоединением шланга необходимо проверить резьбу соединения шланга с приводом. После присоединения шланга к штуцеру вентиля воздухопровода нужно продуть шланг сжатым воздухом для очистки его от пыли или грязи.

Перекручивать или разминать шланг на морозе не разрешается.

Резиновый шланг присоединяют к пневматическому устройству, а также отсоединяют от него без доступа воздуха, перекрывая его краном или вентиляем.

Хвостовик вставного инструмента должен соответствовать втулке гидравлического инструмента и плотно держаться в ней без заклинивания и люфта.

Приступая к работе, надо проверить исправность пневмагидравлического привода непродолжительным пробным пуском его на холостом ходу, при этом инструмент направлен в безопасную сторону или прижат к обрабатываемой поверхности. Подключать инструмент в воздухопроводную сеть рекомендуется через влагоотделитель с фильтром.

Длина шланга от вентиля воздухопровода или ресивера компрессора до пневмоинструмента не должна превышать 1,2 м.

В объем периодической проверки пневмоинструмента входят: продувка подающего шланга и смазывание пневмодвигателя через каждые 2 часа работы при отсутствии в воздуховоде масленки с автоматической подачей масла.

Не допускается нагрев механизмов пневмогидравлического привода до температуры выше 120-150 С, и превышение давления в пневмосистеме выше величины, указанной в паспорте.

Предложенные меры позволят избежать травматизма при применении пневмогидравлического привода гидравлического аварийно – спасательного инструмента и сделать его эксплуатацию максимально эффективной и безопасной.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Топоров А.В., Зарубин В.П., Иванов В.Е., Пучков П.В., Смирнов М.В.* Анализ различных видов энергии для привода гидравлического аварийно - спасательного инструмента В сборнике: Наука 21 века: открытия, инновации, технологии // Сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции. 2016. С. 76-78.
2. *Топоров А.В., Пучков П.В.* Пирогенератор давления для гидравлического аварийно-спасательного инструмента // Сборник материалов «Есть идея!» VII Международного салона «Комплексная безопасность-2014» Москва, 2014. С. 111-112.
3. *Гомонай М.В., Топоров А.В., Смирнов М.В.* Применение сжатого газа в качестве источника энергии для привода гидравлического аварийно-спасательного инструмента. // Научные и образовательные проблемы гражданской защиты. 2016. № 3 (30). С. 39-42.
4. «Об утверждении Правил по охране труда в подразделениях федеральной противопожарной службы Государственной противопожарной службы». Приказ МЧС России № 1100н от 23.12.2014 года.

УДК 614.846

*Р. И. Харламов, В. А. Годлевский, О. В. Блинов*

ФГБОУ ВО «Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России»

#### **АНАЛИЗ ПАРАМЕТРОВ ЦЕНТРОБЕЖНЫХ НАСОСОВ МЕТОДОМ ТРЕХМЕРНОГО ТВЕРДОТЕЛЬНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ**

В работе представлен метод определения оптимальных параметров центробежных насосов посредством трехмерного твердотельного моделирования, в основе которого содержится расчет зависимости условной гидравлической эффективности насосной установки в зависимости от числа лопастей рабочего колеса.

**Ключевые слова:** центробежные насосы, модель, технические характеристики, производительность, эффективность работы.



*R. I. Kharlamov, V. A. Godlevski, O. V. Blinov*

## ANALYSIS OF THE PARAMETERS OF CENTRIFUGAL PUMPS BY THE METHOD OF THREE-DIMENSIONAL SOLID MODELING

This paper presents a method of determining the optimal parameters of centrifugal pumps through a three-dimensional solid modeling, which is based contains calculation based on conventional hydraulic efficiency of the pumping unit, depending on the number of blades of the impeller.

**Keywords:** centrifugal pumps, model, technical characteristics, performance, efficiency.

Центробежные насосы принадлежат к наиболее распространенному классу гидравлических лопастных машин, которые используются в пожарной технике. Это обусловлено тем, что они имеют существенное преимущество над другими насосами. В первую очередь, из-за высокого КПД, широких границ регулирования расхода, возможности регулирования подачи и напора относительно простыми средствами, возможности непосредственного соединения с высокоскоростными двигателями. Поэтому оптимизация конструкторских параметров пожарных центробежных насосов с целью наиболее эффективного использования их энергетических ресурсов является актуальной задачей.

В предыдущих наших публикациях [1, 2] нами была показана возможность анализа работы центробежного насоса путем компьютерной симуляции, выполненной посредством программ использующих методы конечных элементов. При применении такого подхода исследования лопастных машин возникает необходимость в оценки эффективности работы той или иной конструкции модели. Эффективность работы модели центробежного насоса можно определить следующим образом:

Полезная мощность работы центробежного насоса определяется по формуле:

$$N = \rho \cdot g \cdot Q_{\text{нас}} \cdot H_{\text{п.н.}}, \text{ Вт}, \quad (1)$$

где  $Q_{\text{нас}}$  – производительность насоса,  $\text{м}^3/\text{с}$ ;  $H_{\text{п.н.}}$  – полный напор насоса, Па

Полный напор определяется из следующего выражения:

$$H_{\text{п.н.}} = (P_{\text{наг.}} - P_{\text{вс.}}) / \rho \cdot g, \text{ м}, \quad (2)$$

где  $P_{\text{наг}}$  и  $P_{\text{вс}}$  – измеряемые давления во всасывающей и нагнетательной линиях, Па

В выражении (2) не учитывается разность уровней, на которых измеряются давления, так как предполагается, что во всех оценочных моделях измерения давлений производится на одних и тех же уровнях. Из выражений (1) и (2) следует:

$$N = (P_{\text{наг.}} - P_{\text{вс.}}) / Q_{\text{нас}}, \text{ Вт}, \quad (3)$$

При этом механическая мощность вращающего колеса центробежного насоса (мощность на валу двигателя) определяется по формуле:

$$N_{\text{мех}} = \omega \cdot M, \text{ Вт}, \quad (4)$$

где  $\omega$  – угловая скорость рабочего колеса, рад/с;  $M$  – крутящий момент, всех внешних сил относительно оси вращения рабочего колеса, Н/м.

Эффективность работы модели центробежного насоса определяется [3, 4, 5]:

$$\eta = N / N_{\text{мех}} = (P_{\text{наг}} - P_{\text{вс.}}) Q_{\text{нас}} / \omega \cdot M \quad (5)$$

где  $P_{\text{наг}}$  и  $P_{\text{вс}}$  – манометрические давления во входной и выходной линиях насоса, Па;  $Q$  – создаваемый расход насосом, м<sup>3</sup>/с;  $\omega$  – угловая скорость рабочего колеса, рад/с;  $M$  – крутящий момент, всех внешних сил относительно оси вращения рабочего колеса, Н/м.

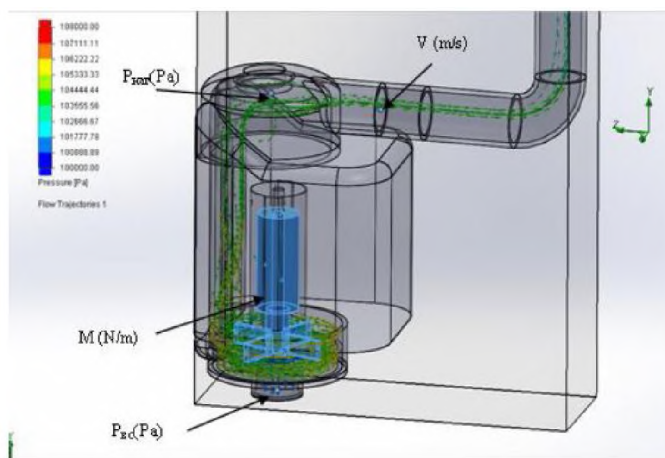
Для сравнения нами были произведены модельные (с помощью программ трехмерного твердотельного моделирования и решателей, использующих численные методы) [4,5] эксперименты (рабочие колеса с разным числом лопастей – от 2 до 8). Модель центробежного насоса представлена на рис. 1.

При этом производительность насоса  $Q$  (расход жидкости) определяется из выражения:

$$Q = V \cdot S, \text{ м}^3/\text{с}, \quad (6)$$

где  $S$  – площадь поперечного сечения трубопровода, м<sup>2</sup>.

Ниже представлены результаты расчета модели центробежного насоса с рабочим колесом, имеющим 4 лопасти (таблица). При этом также были рассчитаны модели с рабочими колесами, имеющими различное число лопастей (от 2 до 10).

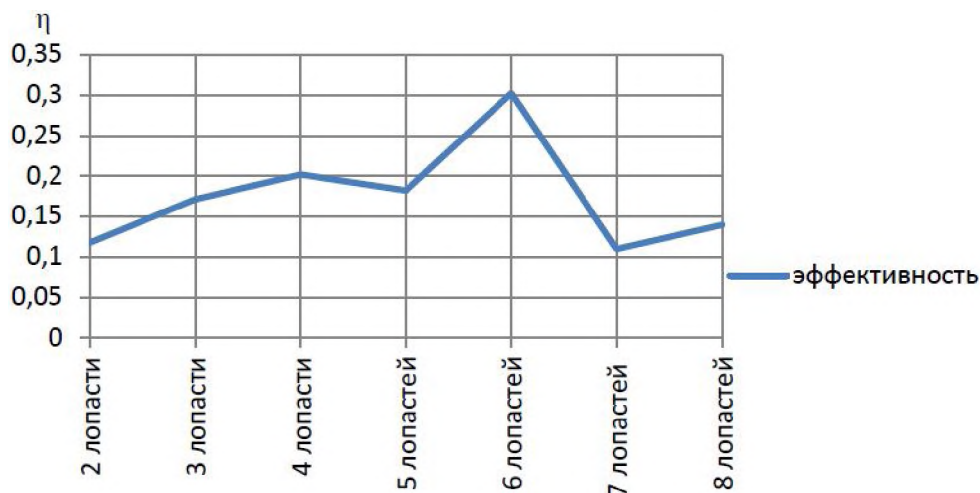


**Рис. 1.** Пример визуализации испытаний рабочего колеса с четырьмя лопастями ( $P_{\text{наг}}$ ,  $P_{\text{вс}}$ ,  $M$ ,  $V$  – рассчитываемые программой параметры насоса)

**Таблица. Результаты расчета модели центробежного насоса с рабочим колесом, имеющим 4 лопасти**

Наименование	Единицы	Значение	Среднее	Минимальное	Максимальное
PG Static $P_{\text{вс}}$	[Pa]	101143	101115	101085	101182
PG Static $P_{\text{наг}}$	[Pa]	104262	103685	103273	104262
PG $V$	[m/s]	0,670780	0,62485	0,580136	0,67078
SG $M$	[N*m]	0,002409	0,001836	0,000493	0,00260
effect		0,188341	0,201954	0,128231	0,53352

Данные расчета эффективности представлены на рис. 2. Причем, по полученным значениям эффективности можно косвенным образом судить о точности расчета, например, если значение эффективности получается больше единицы или отрицательным, то скорой всего расчет выполнен не точно или не точно заданы граничные условия.



**Рис. 2.** Расчетные зависимости условной гидравлической эффективности центробежного насоса в зависимости от числа лопастей рабочего колеса

Из приведенных данных видно, что численный расчет указывает на наличие максимума эффективности при числе лопастей  $z = 6$ . Таким образом, согласно модельному эксперименту наиболее выгодным является рабочее колесо с шестью лопастями. При этом предстоит обосновать возможность перенесения данных, полученных на малогабаритной модели, на реальные высокопроизводительные насосы, используемые на пожарных автоцистернах и насосных станциях.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Блинов О.В. Численное моделирование конструктивных и гидродинамических параметров пожарных центробежных насосов / О.В. Блинов, В.А. Годлевский // Пожарная и аварийная безопасность. Мат. VIII Международной научно-практической конференции. Иваново, 26-27 ноября 2013. ИВИГПС МЧС. – С.121-123.
2. Блинов О.В. Компьютерное моделирование конструктивных параметров рабочего колеса центробежного насоса/ О.В. Блинов, А.С. Худолей, И.А. Петрухин, В.А. Годлевский // Актуальные вопросы противопожарного водоснабжения. Сб. мат. Всеросс. научно-практ. конф. молодых ученых. Иваново, 16 мая 2013. ИВИГПС МЧС. – С. 11-17.
3. Герасимов М.Н. Гидравлика, гидравлические машины и гидроприводы /М.Н. Герасимов // учебное пособие. Иваново, ИГТА, 2011. – 164с.
4. CosmosFlowWorks Tutorial 2008. Эл. Ресурс
5. Алямовский А.А. SolidWorks. Компьютерное моделирование в инженерной практике / А.А. Алямовский, А.А. Собачкин, Е.В. Одинцов // СПб: БХВ. Петербург, 2005. – 800 с.

УДК 614.842

*Р. И. Харламов, М. С. Кнутов, Н. С. Дашин*

ФГБОУ ВО «Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России»

## **ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ ПОЖАРНЫХ РУКАВОВ В ПРОЦЕССЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ**

В работе представлен анализ проблем технического обслуживания пожарных рукавов в подразделениях ГПС МЧС России, предложено решение по разработке устройства оптимизирующего временной показатель технического обслуживания пожарных напорных рукавов.

**Ключевые слова:** пожарные рукава, техническое обслуживание, срок службы, разработка устройства.

*R. I. Kharlamov, M. S. Knutov, N. S. Dashin*

## **IMPROVING THE RELIABILITY OF FIRE HOSES IN THE PROCESS OF OPERATION**

The paper presents the analysis of problems of maintenance of fire hoses in the units of state fire service of EMERCOM of Russia proposed solution for the development of the device optimizes the time index maintenance fire hoses.

**Keywords:** fire hoses, maintenance, service life, development of the device.

На сегодняшний день одной из актуальных проблем человечества являются пожары. Развитие инфраструктуры, большая площадь застройки, увеличение высотных зданий и многое другое способствует потенциальной угрозе возникновения опасных пожаров и усложненным условиям их тушения. На более успешное выполнение задач по тушению пожаров влияют множество факторов, таких как время следования к месту вызова, разведка пожара, развертывание сил и средств, грамотное и рациональное принятие решающего направления, материально-техническое обеспечение, а также наличие огнетушащих веществ. Именно от этих факторов в первую очередь зависят жизни спасенных людей и материальных ценностей.

В процессе эксплуатации рукавного хозяйства наиболее частыми причинами отказов рукавов на пожаре являются: продольный разрыв, поперечный разрыв и ослабление навязки соединительной головки [4]. Перечисленные неисправности возникают не только из-за механических повреждений при тушении пожара и проведении аварийно – спасательных работ, а также из-за нарушения структуры каркаса рукава в результате некачественного технического обслуживания [1,2].

Согласно [1] после возвращения с пожара пожарный автомобиль подвергается техническому обслуживанию (ТО), как и все используемое на пожаре пожарно-техническое оборудование. Техническое обслуживание пожарных рукавов проводится в несколько этапов (рис.1), что требует продолжительного времени и наличие соответствующего оборудования [1]. Более того, в некоторых подразделениях ГПС МЧС России вовсе отсутствуют рукавные базы или же оборудование находится в неработоспособном состоянии.

Техническое обслуживание



Рис. 1. Схема технического обслуживания пожарных рукавов

С целью оптимизации времени и обеспечения качественного выполнения этапов технического обслуживания пожарных рукавов после применения на пожаре, предлагается разработка мобильного устройства, сочетающего в себе функции мойки, удаления огнетушащих веществ из рукавов и последующей двойной скатки напорных пожарных рукавов (рис. 2).

Для изготовления элементов устройства (рис. 3) требуется использование доступного материала с последующей компоновкой и крепежно-сварочными работами.

В частности, для изготовления рамы 1 конструкции целесообразно использовать металлические уголки 30x30 мм и толщиной 5 мм, с учетом прочностных нагрузок последующего размещения элементов устройства. Внутреннюю часть элемента мойки 2 пожарных рукавов предпочтительнее выполнить из металлической трубы диаметром 150 мм с последующим изготовлением в ее стенках отверстий минимального диаметра 2-3 мм. Внешняя составляющая элемента мойки пожарных рукавов изготавливается произвольной формы, в нашей модификации – прямоугольная. Элемент удаления оставшихся огнетушащих веществ 3 из рукавов в своей конструкции предусматривает наличие плотных валиков цилиндрической формы, с возможностью регулировки усилия зажима. Завершающий этап технического обслуживания пожарных рукавов – скатка, которая выполняется посредством ручного приведения в действие элементов под цифрами 4 и 5.



Рис. 2. Натурный образец мобильного комплекса для ТО пожарных рукавов

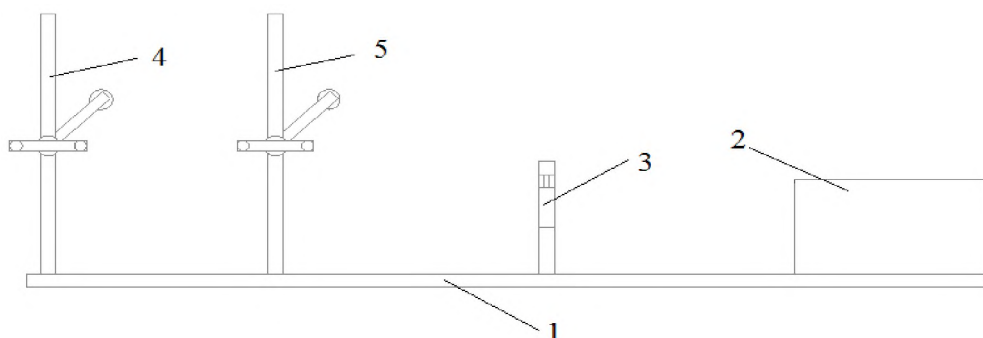


Рис. 3. Схема элементов конструкции устройства

Принцип работы устройства заключается в следующем: устройство устанавливается на ровную поверхность, к элементу мойки посредством соединительной головки присоединяется пожарный напорный рукав с последующей подачей воды любым доступным способом (пожарный насос, гидрант, кран и т.д.). Через отверстия внутренней трубы под давлением осуществляется подача воды, обеспечивающая мойку напорного рукава. После элемента мойки, чистый пожарный рукав помещается в элемент удаления огнетушащих веществ и из рукава удаляются излишки огнетушащих веществ за счет плотного зажатия подвижными валиками. Это же устройство предварительно обеспечивает выравнивание пожарного рукава для последующей скатки. Завершающий этап работы устройства – скатка чистого пожарного рукава и укладка в пожарный автомобиль. По возвращению в подразделение требуется извлечь чистый рукав из автомобиля, и завершить техническое обслуживание окончательной сушкой.

Предлагаемое устройство минимизирует временной показатель технического обслуживания пожарных рукавов в подразделениях ГПС МЧС России, тем самым обеспечит срок службы, надежность пожарных рукавов и оперативную готовность пожарно-спасательных подразделений.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ Р 51049-2008 Техника пожарная. Рукава пожарные напорные. Общие технические требования. Методы испытаний.
2. Методическое руководство по организации и порядку эксплуатации пожарных рукавов, М., 2007 г. – 44 с.
3. Приказ МЧС России от 18.09.2012 г. №555 «Об организации материально-технического обеспечения в системе МЧС России».
4. Официальный сайт МЧС России – Статистика – Пожары – 2011-2016 г. <http://www.mchs.gov.ru/folder/461298>.

УДК 614.843

*Р. И. Харламов, А. Н. Бочкарев, А. Д. Семенов*

ФГБОУ ВО «Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России»

#### **ОПТИМИЗАЦИЯ СУШКИ ПОЖАРНЫХ РУКАВОВ В ПРОЦЕССЕ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ**

В работе представлен анализ причин преждевременного выхода из строя пожарных рукавов и особенностях технического обслуживания. Акцентировано внимание на этапе сушки пожарных рукавов и предложено решение по снижению времени реализации данного этапа.

**Ключевые слова:** пожарные рукава, срок службы, техническое обслуживание, сушка.

*R. I. Kharlamov, A. N. Bochkarev, A. D. Semenov*

## OPTIMIZATION OF DRYING OF FIRE HOSES IN THE MAINTENANCE PROCESS

The paper presents the analysis of the causes of premature failure of the fire hoses and the peculiarities of maintenance. The attention is focused on the stage of drying of fire hoses and the proposed solution for reducing the time of implementation of this stage.

**Keywords:** fire hoses, service life, maintenance, drying.

Исследования, проведенные ВНИИПО МЧС России, показали, что напорные пожарные рукава используются значительно чаще, чем другие виды пожарного оборудования. При этом до 85% отказов пожарной техники приходится на долю пожарных рукавов [4]. Повышение безотказности работы рукавов и уменьшение их дефицита достигается не только разработкой материалов, из которых изготовлены рукава, но и совершенствованием технологий их обслуживания.

На сегодняшний момент в подразделениях ГПС МЧС России при эксплуатации рукавного хозяйства наиболее частыми причинами отказов рукавов на пожаре являются: продольный разрыв, поперечный разрыв и ослабление навязки соединительной головки [4]. Возникшие неисправности требуют в кратчайшие сроки провести ремонт или полную замену вышедшего из строя рукава. Что зачастую выполнить на пожаре невозможно. Перечисленные неисправности возникают не только из-за механических повреждений при тушении пожара и проведении аварийно – спасательных работ, а так же из-за нарушения структуры каркаса рукава в результате недосушивания рукавов, что приводит в процессе эксплуатации к деструкции внутренних и внешних резиновых слоев рукава [1, 2].

Проведенный анализ работы подразделений пожарной охраны показал, что в период несения службы (сутки), дежурная смена выезжает на пожар более 2 раз, а в больших городах этот показатель превышает 5-7 выездов, при этом на каждом пожаре используется 90% рукавов входящих в таблицу положенности пожарного автомобиля. По прибытии в подразделение, после пожара, каждый пожарный автомобиль проходит техническое обслуживание согласно приказа МЧС России № 555 от 18.09.2012 в перечень работ по техническому обслуживанию входит замена использованных на пожаре рукавов на сухие хранящиеся на рукавной базе. Использованные рукава также проходят ТО (мойка, сушка, хранение) [3]. Сушка рукавов занимает большой период времени так как этот процесс проходит естественно, время на просушивания рукавов составляет 17-20 часов. Запас рукавов в пожарной части должен составлять 100% от общего количества рукавов стоящих в расчете на ПА, следовательно при реагировании на пожар более 2 раз в сутки пожарные напорные рукава не проходят полного просушивания, что приводит в процессе их эксплуатации к отказу работы рукавов и осложнению обстановки на пожаре.

Решением проблемы недосушивания рукавов в пожарных частях могут являться специальные агрегаты типа АИСТ (аппарат испытания сушки и талькирования рукавов) (рис 2).



Рис. 1. Структура напорного пожарного рукава



Рис. 2. Аппарат испытания сушки и талькирования рукавов

Исходя из тактико-технических характеристик цикл просушивания АИСТа составляет 30 мин, количество рукавов ограничено – 2 рукава. Стоимость аппарата составляет 93 тыс руб. Использование АИСТ сможет ускорить процесс просушивания рукавов, но исходя из относительно невысокого КПД и больших затрат на приобретение и обслуживание нами была разработана стационарная установка просушивания рукавов (рис. 3), превосходящая по большинству показателей АИСТ.

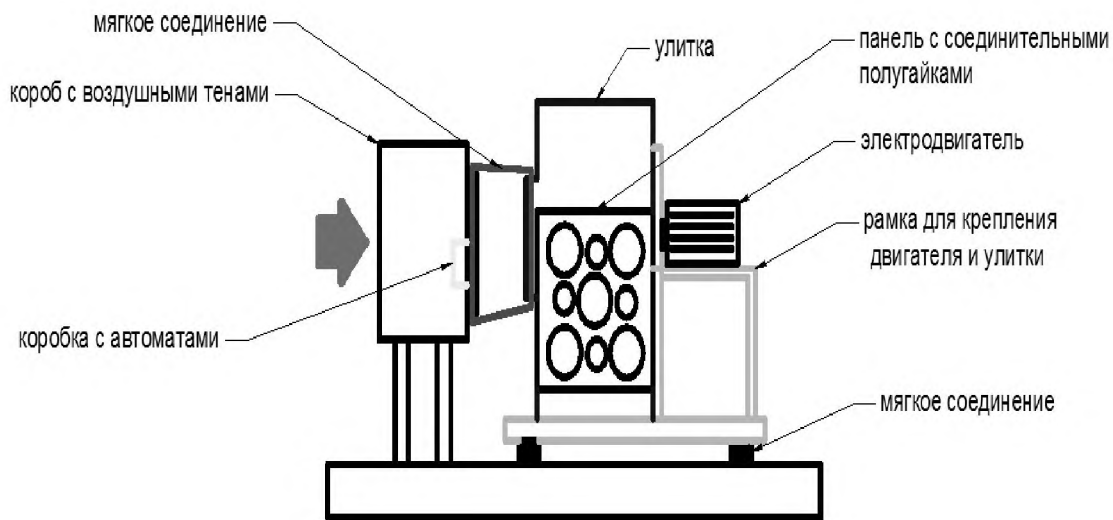
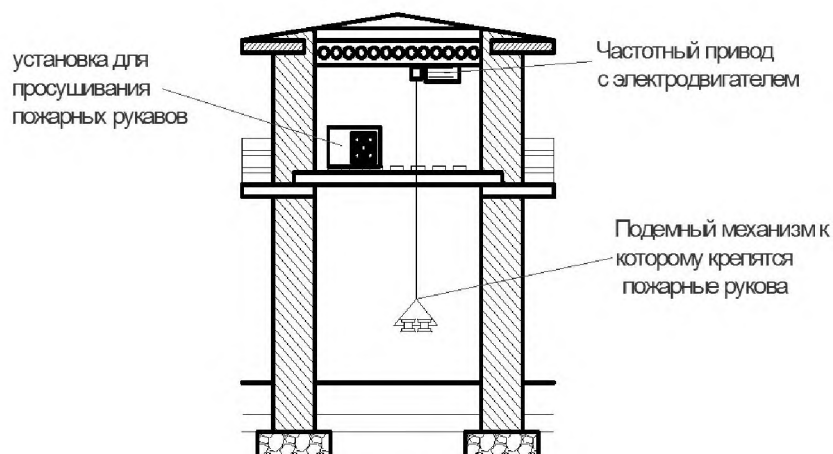


Рис. 3. Установка для просушивания пожарных рукавов

Установка предназначена для просушивания напорных рукавов различного диаметра. Принцип работы основан на всасывании воздуха и прохождении его через нагревательные тэны под напором. Воздух поступает в калорифер где установлены воздушные электро-тэны в количестве 3 штук мощностью по 1,5(кВт). Электро-тэны нагревают входящий воздух 20<sup>0</sup>С до 50<sup>0</sup>С. Затем нагретый воздух попадает в выбранную из расчетов улитку BDRS – 160-60(напряжение 220 В, мощность 225 Вт, производительность 750 м<sup>3</sup>/ч, частота вращения 2200 об/мин), в дальнейшем идет распре-



деление и поступление нагретого воздуха в панель с соединительными головками. Теплый воздух с влажностью 20% попадает в пожарный рукав забирая из него влагу и выводит ее через свободную соединительную головку. Термическая сушка рукава составляет 30 минут. Установка для просушки рукавов расположена в верхней части рукавной башни (рис. 4).



**Рис. 4.** Схема расположения установки для просушивания пожарных рукавов в здании рукавной башни

Пожарные рукава крепятся к установке с помощью специального приспособления состоящего из 9 переходных головок приваренных к раме. С помощью металлического троса и за счет вращения частотного привода с электродвигателем рукава поднимают на необходимую высоту. При включении в работу установки происходит просушивание рукавов.

Разработанная установка для просушивания пожарных рукавов позволяет просушивать одновременно 9 рукавов за 30 минут, что превосходит в 4,5 раза разработанные и эксплуатируемые на сегодняшний день АИСТ - 1 и АИСТ - 2. Стоимость установки для просушивания рукавов, с учетом затрат на монтаж, составляет 32470 рублей, что в 3 раза дешевле АИСТа (93151 рублей). Качественное просушивание напорных рукавов, за короткий промежуток времени, позволит улучшить их прочностные характеристики и повысить надежность в процессе эксплуатации при тушении пожаров и спасении людей.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ Р 51049-2008 Техника пожарная. Рукава пожарные напорные. Общие технические требования. Методы испытаний.
2. Методическое руководство по организации и порядку эксплуатации пожарных рукавов, М., 2007 г. – 44 с.
3. Приказ МЧС России от 18.09.2012 г. №555 «Об организации материально-технического обеспечения в системе МЧС России».
4. Официальный сайт МЧС России – Статистика – Пожары – 2013-2016 г. <http://www.mchs.gov.ru/folder/461298>.

УДК 614.842

*Р. И. Харламов, А. В. Маслов, И. А. Лучинкин*

ФГБОУ ВО «Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России»

## **СПОСОБ ФИКСАЦИИ РУКАВНЫХ ЛИНИЙ ПРИ ТУШЕНИИ ПОЖАРОВ В ЗДАНИЯХ ПОВЫШЕННОЙ ЭТАЖНОСТИ**

В работе представлен анализ проблем, связанный с прокладкой и фиксацией пожарных рукавов при тушении многоэтажных зданий с незадымляемыми лестничными клетками, предложено решение по разработке устройства оптимизирующего временной показатель решения данной проблемы.

**Ключевые слова:** пожары, многоэтажные здания, подъем и фиксация пожарных рукавов, разработка устройства.

*R. I. Kharlamov, A. V. Maslov, I. A. Luchinkin*

## **THE METHOD OF FIXATION OF HOSE LINES TO EXTINGUISH FIRES IN HIGH-RISE BUILDINGS**

The paper presents the analysis of the problems associated with the laying and fixing of fire hoses to extinguish high-rise buildings with stairwells nezadymlyaemye proposed solution for the development of the device optimizes the time indicator of this problem.

**Keywords:** fires, high-rise buildings, lifting and fixing of fire hoses, the development device.

В последние годы в нашей стране широко проводится строительство зданий повышенной этажности высотой 10 этажей и выше. С увеличением высоты здания не только уменьшаются эвакуационные возможности для находящихся внутри людей, но и снижаются возможности пожарных подразделений по проведению спасательных работ и подаче средств пожаротушения на горящие этажи (высокая концентрация продуктов горения, низкая видимость, паника, протяженность путей эвакуации, их удаленность и недостаточность). В этих условиях тушение пожара и эвакуация людей с верхних этажей вызывает огромные трудности.

Статистические данные показывают, что обеспечение надежной противопожарной защиты, успешности ликвидации пожаров, а также обеспечение безопасности людей, находящихся в зданиях повышенной этажности при пожарах, является одной из серьезных проблем, успешное решение которой зависит от принимаемых противопожарной службой мер и возможностей используемого пожарно-технического оборудования [6].

Особенность тушения пожаров в зданиях повышенной этажности заключается в трудности проведения работ по эвакуации людей и сложности подачи огнетушащих веществ на большие высоты [4,5].

Для подачи огнетушащих веществ применяются:

- внутренний противопожарный водопровод;
- сухотрубы с возможностью подключения к ним пожарных автомобилей;

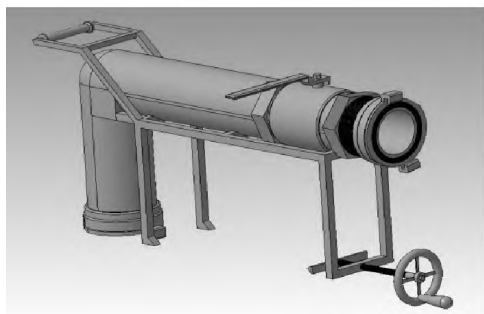
- рукавные линии от пожарных автомобилей;
- промежуточные емкости;
- ранцевые установки пожаротушения;
- огнетушители.

Хотя противопожарная защита многоэтажных зданий постоянно совершенствуется, имеющиеся современные устройства противопожарной защиты зданий еще недостаточно совершенны или не всегда находятся в состоянии постоянной готовности при возникновении пожаров.

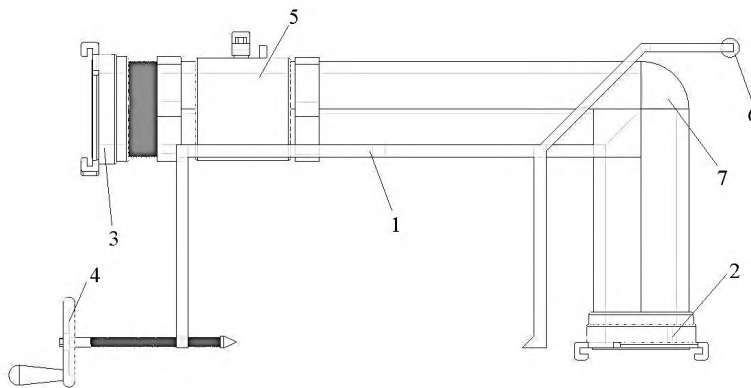
На сегодняшний момент в подразделениях ГПС МЧС России отсутствуют специальные технические устройства, позволяющие быстро и без больших усилий проложить рукавную линию в зданиях, в которых имеются незадымляемые лестничные клетки с поэтажными выходами на открытую зону (балкон). Поэтому пожарные вынуждены прокладывать рукавные линии непосредственно по лестничным маршам, что значительно увеличивает время подачи огнетушащего вещества в очаг пожара, требует большого количества напорных рукавов, а также возникает угроза причинения вреда жизни и здоровью людей при эвакуации [1,2].

С целью оптимизации прокладки рукавных линий в верхние этажи многоэтажных зданий для дальнейшего тушения пожара и обеспечения безопасности людей при эвакуации, предлагается разработка мобильного устройства (рис.1), сочетающего в себе функции рукавной задержки, рукавного колена, наличие перекрывного устройства, а также устройства, исключающего преждевременный износ спасательной веревки при подъеме/спуске рукавных линий и пожарно-технического оборудования на верхние этажи.

Для изготовления устройства (рис. 2) требуется использование доступного материала, с последующими крепежно-сварочными работами. В частности для изготовления рамы 1 конструкции целесообразно использовать металлическую профильную трубу 30x15 мм и толщиной 1,5 мм, с учетом прочностных нагрузок для последующего размещения элементов устройства. Для изготовления патрубка 7 понадобится труба диаметром 80 мм, отвод стальной 80x4 мм, кран шаровой резьбовой 5, головка напорная соединительная муфтовая 2 и 3 диаметром 77. Элемент для поднятия пожарных рукавов и пожарно-технического оборудования 6 выполнен из ролика, по которому будет скользить пожарно-спасательная веревка. Фиксация устройства производится регулировочным винтом 4 14x180 мм.



**Рис. 1.** 3D-модель перекрывной рукавной задержки



**Рис. 2.** Схема элементов конструкции устройства

Принцип работы устройства заключается в следующем: устройство устанавливается на кирпичную кладку балкона незадымляемой лестничной клетки и надежно фиксируется регулировочным винтом. Свободный конец веревки, скользя по ролику, опускается вниз для подъема пожарных рукавов, после чего магистральная линия подсоединяется к соединительной головке 2, а рабочая линия к соединительной головке 3. Убедившись в надежности соединения рукавных линий, начинается подача огнетушащего вещества и происходит тушение пожара. Наличие перекрывного устройства обеспечит экономию огнетушащих веществ и времени при восстановлении работоспособности рукавных линий. Вращающийся ролик препятствует преждевременному износу спасательной веревки при подъеме/спуске пожарно-технического оборудования. Жесткая металлическая конструкция обеспечивает беспрепятственное транспортирование огнетушащих веществ в связи с отсутствием перегибов, а соединительные головки надежно и герметично фиксируют рукавные линии.

Предлагаемое устройство значительно повысит эффективность прокладки рукавных линий и тушения пожаров в зданиях повышенной этажности, имеющих незадымляемую лестничную клетку, обеспечит надежность фиксации рукавных линий, проложенных по наружной стене зданий и повысит срок службы спасательных веревок.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ Р 51049-2008 Техника пожарная. Рукава пожарные напорные. Общие технические требования. Методы испытаний.
2. Методическое руководство по организации и порядку эксплуатации пожарных рукавов, М., 2007 г. – 44 с.
3. Приказ МЧС России от 18.09.2012 г. №555 «Об организации материально-технического обеспечения в системе МЧС России».
4. СП 10.13130.2009 Системы противопожарной защиты внутренних противопожарный водопровод требования пожарной безопасности
5. Методические рекомендации по тушению пожаров в зданиях повышенной этажности. – М.: МЧС России, 2006. – 31 с.
6. Официальный сайт МЧС России – Статистика – Пожары – 2011-2016 г. <http://www.mchs.gov.ru/folder/461298>.

УДК 614.842

*Р. И. Харламов, О. К. Михалев, Ю. Н. Моисеев*

ФГБОУ ВО «Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России»

#### **ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ ПОЖАРНЫХ НАСОСОВ ПРИ ЗАБОРЕ ВОДЫ ИЗ ЕСТЕСТВЕННЫХ ВОДОИСТОЧНИКОВ**

В работе представлен анализ проблем технического обслуживания пожарных центробежных насосов и пожарно-технического оборудования в подразделениях ГПС МЧС России, предложено решение по разработке устройства для повышения надежности и безотказной работы пожарных насосов и пожарно-технического оборудования.

**Ключевые слова:** пожарные насосы, всасывающая сетка, преждевременный износ, разработка устройства, надежность.

*R. I. Kharlamov, O. K. Mikhalev, U. N. Moiseev*

## **INCREASING THE RELIABILITY OF FIRE PUMPS IN THE FENCE WATER FROM NATURAL RESERVOIRS**

The paper presents the analysis of problems of maintenance of centrifugal fire pumps and fire-technical equipment in the units of state fire service of EMERCOM of Russia proposed solution for the development of devices to improve the reliability and uptime of fire pumps and fire-technical equipment.

**Keywords:** fire pumps, suction grid, premature wear, device development and reliability.

Из всего многообразия пожарно-технического вооружения насосы представляют наиболее важный и сложный их вид. Исследования в области пожарных насосов на протяжении многих лет проводились во ВНИИПО и ВИПТШ.

В машинах пожарных автомобилей различного назначения используется широкая номенклатура насосов, работающих по различным принципам. Они, прежде всего, обеспечивают подачу воды на тушение пожаров, функционирование вакуумных систем, работу гидравлических систем управления. Они же применяются во многих вспомогательных системах, таких как вакуумные системы, гидроэлеваторы и др. Одно из важных требований, обеспечивающих успешное тушение пожара, надежность насосной установки. Глубокое знание не только их устройства, но и рабочих характеристик, особенностей режимов их работы обеспечивают эффективное их применение для тушения пожаров [1,2,3].

Эксплуатацию и техническое обслуживание насосов пожарных автомобилей выполняют в соответствии с ГОСТ Р 52283-2004 «Насосы центробежные пожарные. Общие технические требования. Методы испытаний», инструкциями заводов-изготовителей на пожарные автомобили, паспортами на пожарные насосы, и другими нормативными документами [1].

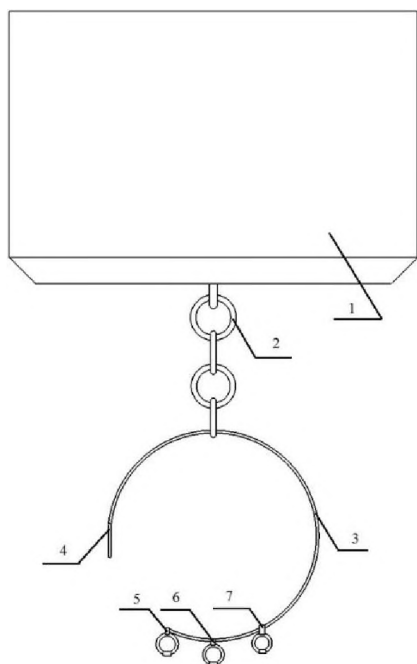
Работоспособность центробежных насосов во многом определяется совершенством его герметизации. Внутренняя герметизация рабочего колеса от корпуса и крышки осуществляется уплотнительными кольцами в корпусе и крышке и на колесе. Радиальный зазор между кольцами находится в пределах 0,2...0,3 мм. Эти щелевые уплотнения уменьшают циркуляцию жидкости в насосе. При изнашивании колец она увеличивается. Герметизация внутренней полости насоса от внешней среды осуществлена двумя способами. Все стенки соединяемых корпусных деталей герметизируют резиновыми прокладками. Герметизация насоса по валу производится резиновыми манжетами, размещаемыми в специальном уплотнительном стакане.

На срок эксплуатации пожарного насоса и гидравлического пожарно-технического оборудования вредное влияние оказывают твердые частицы песка, глины, грязи, мелкого щебня и другого абразивного материала, который попадает при заборе огнетушащих веществ из открытых водисточников, и способствует преждевременному износу рабочих элементов пожарных насосов [3,4].

С целью предотвращения негативного влияния вышеперечисленных факторов на безотказную работу пожарно-технического оборудования, быстрого изнашивания сальниковых уплотнителей и механического износа внутренних частей насоса предлагается разработка плавающего устройства, которое будет поднимать всасывающую сетку к поверхности воды, тем самым препятствуя попаданию твердых частиц песка в рабочую полость пожарных насосов и гидравлическую арматуру (рис. 1).

Для изготовления устройства (рис. 2) требуется использование доступного материала с последующими крепежно-сварочными работами.

В частности, для изготовления прямоугольного корпуса 1 конструкции целесообразно использовать металлические листы с габаритными размерами корпуса 300x250x200 мм и толщиной 1 мм, с учетом обеспечения подъема к поверхности воды всасывающей сетки и всасывающей линии. Соединительную часть 2 предпочтительнее выполнить из металлической цепи диаметром 5 мм с учетом прочностных нагрузок. Крепежный элемент 3 и замок 4 целесообразнее выполнить из металлического троса диаметром 4 мм. Фиксирующие затворы под цифрами 5, 6, 7 располагаются на определенном расстоянии для фиксации сеток всасывающих СВ-125, СВ-100 и СВ-80 соответственно.



**Рис. 1.** Схема элементов конструкции устройства



**Рис. 2.** Опытная модель плавающего устройства для всасывающих сеток

Принцип работы устройства заключается в следующем: при заборе воды пожарным насосом из открытого водоем, перед тем как погрузить всасывающую сетку в водоем, устройство предварительно крепится на всасывающую сетку с помощью крепежного элемента и фиксирующих затворов. После чего собранная конструкция погружается в водоем, обеспечивая плавучесть всасывающей сетке. Соответственно при заборе воды, устройство удерживающее всасывающую сетку под поверхностью воды исключает возможность попадания в рабочую полость пожарного

насоса песка и других посторонних предметов, повышая ресурс его работоспособности. Предлагаемое устройство найдет практическое применение при заборе грязной воды в лесах, болотах, мелких прудах, торфяниках и прочих водоемах, где твердые частицы могут попасть в пожарный насос, тем самым предотвращая преждевременный износ рабочих элементов и способствуя повышению надежности и безотказной работы центробежных пожарных насосов и пожарно-технического оборудования.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ Р 52283-2004 Насосы центробежные пожарные. Общие технические требования. Методы испытаний.
2. ГОСТ Р 53253-2009 Сетки всасывающие. Общие технические требования. Методы испытаний.
3. *Годлевский В.А., Моисеев Ю.Н.* Трибологические проблемы пожарной и аварийно-спасательной техники // «Пожарная и аварийная безопасность». Сетевое издание ИПСА МЧС. РФ 1916. № 2. <http://pub.edufire37.ru>.
4. *Годлевский В.А., Лобач А.В., Назаров Г.Е., Моисеев Ю.Н., Федотов Е.В.* Влияние водного загрязнения на работоспособность смазочных материалов // Физика, химии и механика трибосистем. Межвуз. Сб. науч. Тр. Иваново. Изд-е ИвГУ. 2011. С. 169–172.

УДК 62.03

*В. А. Щукин, Н. Л. Сафонова*

ФГБОУ ВО «Воронежский институт ГПС МЧС России»

#### **ТКАНИ НА ОСНОВЕ НАНОТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ СПЕЦОДЕЖДЫ СОТРУДНИКОВ МЧС РОССИИ**

Среди разработок, находящихся на стадии, близкой к внедрению, приведены практические нанотехнологические разработки, представляющие интерес для МЧС России. Текстиль на основе наноматериалов должен приобретать огнестойкость, водонепроницаемость, грязеотталкивание, теплопроводность и другие свойства.

**Ключевые слова:** нанотехнологии, наноматериалы, спецодежда, современные технологии, огнестойкость.

*V. A. Shchukin, N. L. Safonova*

#### **FABRICS BASED ON NANOTECHNOLOGY FOR CLOTHING EMERGENCY WORKERS**

Among the developments at the close to implementation stage, practical nanotechnology offers that are of interest for the Emercom of Russia are presented. Textiles based on nanomaterials must gain fire resistance, water resistance, gasettelive, thermal and other properties.

**Keywords:** nanotechnology, nanomaterials, clothing, modern technology, fire-resistance.

Интерес, проявляемый к нанотехнологиям мировой общественностью, вызван тем, что материалы, основу которых составляют структуры и элементы нанометрового масштаба, обладают уникальными свойствами и большими перспективами практического применения.

Практически во всех крупных научных центрах страны проводятся фундаментальные исследования в сфере наноматериалов. Это исследования по созданию и изучению свойств наноструктурированных керамик, металлокерамик, полимеров, а также производство нанокремниевых материалов (фуллерены и фуллероидные продукты) и разработка способов их применения. В научных лабораториях продолжают совершенствовать методы и продукты нанотехнологий по тем направлениям, которые уже были сформированы, получили старт и обрели патентную, проектную и опытную линейку ранее. Вся продукция нанотехнологий постоянно совершенствуется по таким важным параметрам, как износостойкость, жаропрочность, сверхтвердость, сверхлегкость, гидрофобность, восстанавливаемость, энергоёмкость, компактность, экологичность, светоотражательность или поглощаемость и т.д.

Не менее важны разработки по использованию наноматериалов и нанотехнологий в целях защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций и обеспечения пожарной безопасности. Для МЧС России представляют интерес следующие нанотехнологические разработки:

- светотехника на основе светодиодов;
- сверхтвердый режущий инструмент с эффектом памяти формы на основе никелида титана;
- наноаккумуляторы, которые имеют малый ток саморазряда;
- датчики взрывоопасных газов;
- нанопокрyтия (для придания износостойкости, влагозащитности, снижения трения в парах механических передач, повышения стойкостей поверхностей к воздействию неблагоприятных факторов, таких как контрастные значения температур, влажности, радиации, пыли и т. д.);
- технологии капсулирования газового огнетушащего вещества;
- жаростойкие стекла на основе гелевых нанокмозитов;
- ткани на основе нанотехнологий — металлизированные, на основе хитозанового волокна.

В настоящее время в использовании у спасателей и пожарных находится спецодежда, защищающая от многих вредных факторов, но имеющая свои минусы. Основные свойства, которые необходимо придать большинству видов защитной одежды: водо- и маслоотталкивание; огнестойкость (огнезащитность); антимикробность. Из дополнительных можно отметить защиту от вредных токсичных веществ в твердой, жидкой и газообразной форме; защиту от различных видов радиации ( $\gamma$ ,  $\alpha$ ,  $\beta$ , УФ); защиту от пуль, осколков снарядов, взрывной волны; защиту от обнаружения людей и техники в дневное и ночное время (маскировка); беспроводную связь (коммуникации) с внешним миром.

Именно для этого учеными был разработан уникальный диспергатор для рассеивания частиц так, чтобы они создавали магнитное поле. Метод магнетронного напыления позволяет наносить на текстильные материалы из натуральных и химических волокон тонкие многослойные покрытия меди, алюминия, титана, латуни, серебра, нержавеющей стали, нитрида титана, бронзы и других металлов, сплавов и их соединений. Новшество заключается в разработке металлургической технологии по-



лучения волокнистых магнитных материалов, обеспечивающих комплексную защиту человека от внешних факторов. Все это стало возможным из-за перспективных материалов, которые имеют в своем составе ультрадисперсные магнитотвердые частицы феррита стронция и на основе кобальта и никеля. Текстиль на основе наноматериалов приобретает уникальные по своим показателям водонепроницаемость, грязеотталкивание, теплопроводность, способность проводить электричество и другие свойства. Ученые Национального исследовательского технологического университета «Московский институт стали и сплавов» разработали такой материал: его свойства преувеличивают максимальный существующий на данный момент уровень коррозионной стойкости, рабочей температуры и прочности на разрыв в 2 раза. Защитная одежда, изготовленная с использованием нового материала, стала не только функциональнее — она рассчитана теперь на температуру 800°С, тогда как предшествующее поколение только на 200°С, — но и получила новые свойства: в течение 5 секунд выдерживать открытое пламя температурой 1200°С, что позволяет человеку быстро выбраться из огня. Но и после такого «теплового удара» материал не сгорает полностью, а только начинает частично крошиться.

Работы по созданию таких тканей поддержало МЧС России, по заказу министерства уже изготовлена первая партия защитной одежды. Применение вышеперечисленных разработок повысит уровень безопасности личного состава спасательных и пожарных подразделений при проведении аварийно-спасательных и других неотложных работ. Планируется, что после успешных испытаний, костюм поступит в серийное производство.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Щукин В.А., Сафонова Н.Л.* Нанотехнологии в спецодежде спасателей./ Всероссийская научно-практическая конференция «Актуальные вопросы эксплуатации систем охраны и защищенных телекоммуникационных систем»: сборник материалов. – Воронеж: Воронежский институт МВД России, 2016. – 263 с. – С. 19-21.

2. Nano News Net. Электронный ресурс <http://www.nanonewsnet.ru/news/2015/v-nitumisis-sozdali-unikalnyi-material-dlya-zashchitnykh-kostyumov-mchs> (дата обращения: 11.03.2017).

УДК 658.286

*В. М. Яковлев, В. В. Киселев, И. А. Легкова*

ФГБОУ ВО «Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России»

#### РАСЧЕТ СИЛОВЫХ ЭЛЕМЕНТОВ РЕМОНТНОГО ПОДКАТНОГО ЛЕЖАКА

В работе приводится прочностной расчет силовых элементов подкатного лежака, предназначенного для проведения технического обслуживания и ремонта пожарной техники. Предварительный расчет выполнен в графическом редакторе КОМПАС с использованием метода конечных элементов. Выявлены наиболее нагруженные детали конструкции, выполнен их прочностной анализ.

**Ключевые слова:** ремонт, автомобиль, техническое обслуживание.

V. M. Yakovlev, V. V. Kiselev, I. A. Legkova

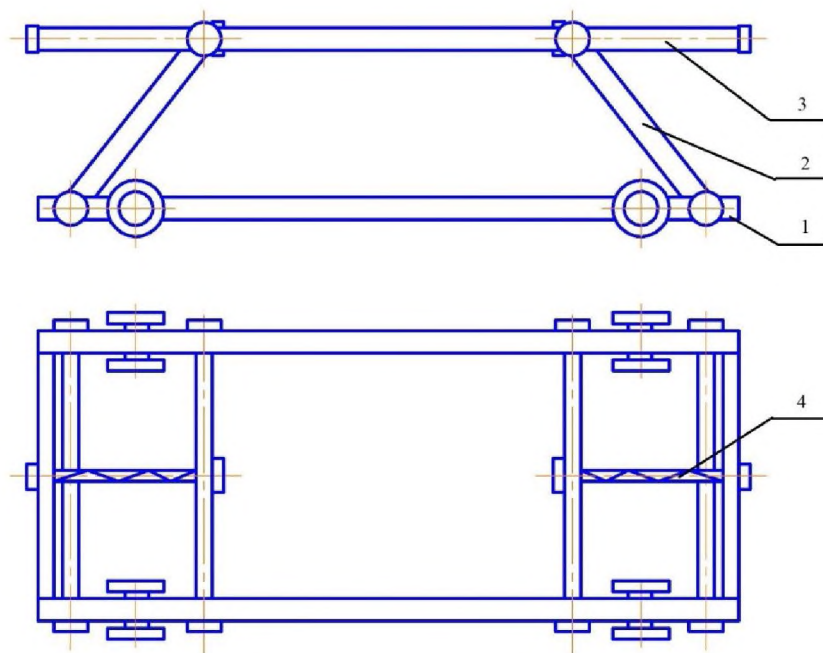
## CALCULATION OF POWER ELEMENTS OF REPAIR WOVEN LOUD

In work the strength calculation of power elements of a rolling lounger intended for maintenance and repair of fire fighting equipment is given. The preliminary calculation was carried out in the graphical editor KOMPAS using the finite element method. The most loaded parts of the structure are identified, their strength analysis is performed.

**Keywords:** repair, car, maintenance.

В работе [1] приводится описание конструкции одного из приспособлений, которое находит широкое применение при проведении ремонта и технического обслуживания пожарной техники в тех случаях, когда пожарное депо не оснащено смотровыми ямами, это ремонтные лежаки. По конструкции большинство лежаков схожи между собой и имеют один, на наш взгляд, существенный недостаток. Они не могут обеспечить регулировку высоты подъема. Клиренс пожарных автомобилей различен, как высота рук автомеханика, поэтому возможность регулировки высоты подъема будет способствовать как облегчению труда, так и снижению травматизма. Основными силовыми элементами проектируемой конструкции станут стандартные стальные профили П-образного и квадратного сечений. Основной задачей данного расчета является выбор номера профиля. Номер профиля необходимо выбрать таким образом, чтобы обеспечить необходимый запас прочности, а также легкость конструкции.

Принципиальная схема конструируемого подъемного лежака, представлена на рис. 1. Подъем лежака (3) будет обеспечиваться вращением двух ходовых винтов (4). Конструкция позволит кроме горизонтального подъема устанавливать лежак на нужный угол.



**Рис. 1.** Принципиальная схема подъемного лежака:

1 – основание лежака; 2 – подъемный рычаг; 3 – лежак; 4 – ходовой винт

Для того чтобы выявить наиболее напряженный участок, воспользуемся методом конечных элементов.

Решение полевых задач методом конечных элементов заключается в определении такого распределения напряжений, при котором сохранялась бы его непрерывность во всей расчетной области.

Внутри треугольного элемента напряжение «А» аппроксимируется выражением.

$$A_{(x,y)} = a + bx + cy \quad (1)$$

Считая, что уравнение (1) справедливо для вершин треугольника Р, К, О, можно записать систему уравнений:

$$\begin{aligned} A_p &= a_p + bx_p + cy_p \\ A_k &= a_k + bx_k + cy_p \end{aligned} \quad (2)$$

$$A_o = a_o + bx_o + cy_o$$

Решая систему уравнений (2) относительно коэффициентов а, b и с и подставляя полученные значения этих коэффициентов в уравнение (1), получим выражение для напряжений:

$$A_{(x,y)} = 1/2S_1A_p[(x-x_o)(y_k-y_o)-(y-y_o)(x_k-x_o)] + 1/2S_1A_k[(x-x_p)(y_o-y_p)-(y-y_p)(x_o-x_p)] + 1/2S_1A_o[(x-x_k)(y_p-y_k)-(y-y_k)(x_p-x_k)] \quad (3)$$

где  $S_1$  - площадь треугольного элемента.

Порядок подготовки модели и выполнения расчета:

1. Подключение библиотеки APM FEM: прочностной анализ;
2. Подготовка модели к расчету – задание закреплений и приложение нагрузки;
3. Задание совпадающих граней (для КЭ-анализа сборки);
4. Генерация КЭ-сетки;
5. Выполнение расчета;
6. Просмотр результатов в виде карт напряжений, перемещений (рис. 2, рис. 3).

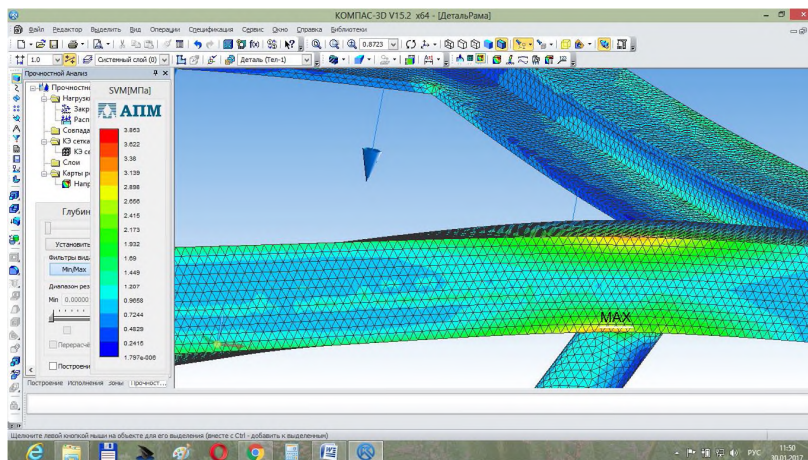


Рис. 2. Распределение напряжений в конструкции

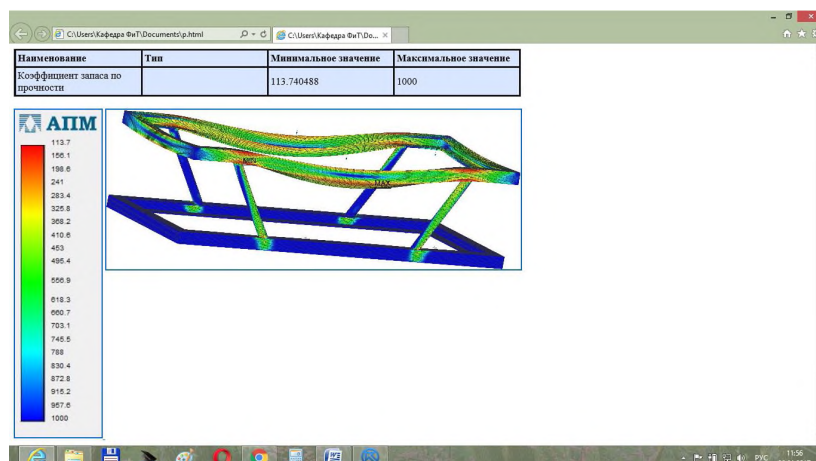


Рис. 3. Распределение напряжений в конструкции

Анализ полученных данных позволяет сделать вывод о том, что в наибольшей степени в проектируемой конструкции нагружены четыре подъемных рычага. Эти рычаги воспринимают деформацию сжатия. Воспользуемся основным уравнением прочности для определения необходимого размера поперечного сечения этих рычагов.

Зададим вес, поднимаемый рычагами 150 кг. Это значение позволяет учитывать вес самого водителя – до 100 кг и вес поднимающиеся части самого лежака – до 50 кг.

Основное уравнение прочности имеет вид:

$$\sigma = \frac{N}{S} \quad (4)$$

Из уравнения (4) выразим значение площади сечения четырех подъемных рычагов, которая обеспечит надлежащую прочность.

$$S \geq \frac{N}{[\sigma]}, \quad (5)$$

где  $N$  – нагрузка на лежак, Н;  $[\sigma]$  – допускаемое нормальное напряжение, материала рычагов, МПа.

Поскольку предполагается изготовление конструкции из стальных профилей, то  $[\sigma] = 160$  МПа.

$$S = \frac{150 \cdot 10}{160} \geq 9,4 \text{ мм}^2.$$

Таким образом, требуемая площадь сечения из расчета на сжатие одного рычага составляет  $S_1 = 2,5 \text{ мм}^2$ .

Поскольку рычаги имеют длину, превышающую размер поперечного сечения многократно, то в качестве дополнительного силового расчета можем использовать расчет на устойчивость по методике Эйлера.

$$P_{кр} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_{\min}}{(\mu \cdot l)^2}, \quad (6)$$

где  $E$  – модуль упругости стали;  $E = 200000$  МПа,  $I_{\min}$  - минимальный момент инерции сечения рычагов,  $\text{мм}^4$ ;  $\mu$  - коэффициент, учитывающий вариант закрепления рычагов;  $\mu = 4$ ;  $l$  - длина рычагов,  $l = 400$  мм.

Таким образом,

$$I_{\min} = \frac{P_{kp} \cdot (\ell \cdot \mu)^2}{\pi^2 \cdot E} = \frac{150 \cdot 10 \cdot (4 \cdot 400)^2}{4 \cdot 3,14^2 \cdot 200000} = 487 \text{ мм}^3 .$$

По найденному значению минимального момента инерции выполним подбор профиля.

Согласно ГОСТу 8240 – 39 достаточным для обеспечения прочности и жесткости будет швеллер с уклоном полок №5, с  $[I] = 22,8 \text{ см}^4$  или труба квадратная 30x2 ГОСТ 8639-68.

Таким образом выбранные для изготовления опорных рычагов профили позволят обеспечить значительный запас прочности (более 100 раз). Выбор профиля меньшего сечения не представляется возможным из конструктивных соображений.

Механизм регулировки подъема лежака на нужную высоту представляет собой два ходовых винта с нарезанной метрической резьбой. Поэтому расчет данного узла проектируемого подъемного лежака будет представлять собой расчет резьбового соединения на прочность, выполненный по стандартной методике.

Определим площадь поперечного сечения болта по внутреннему диаметру резьбы  $F_1$ .

$$F_1 = \frac{P_p}{[\sigma]_p} , \quad (7)$$

где  $[\sigma]_p$  – допускаемое касательное напряжение на растяжение материала болта;  $[\sigma]_p = 120$  МПа;  $P_p$  - расчетное растягивающее усилие, определяемое в зависимости от условий нагружения и сборки; Н;  $P_p = 1,3P = 1,3 \cdot 1500 = 1950$  Н.

$$F_1 = \frac{1950}{120} = 16,3 \text{ мм}^2 .$$

Определим внутренний диаметр резьбы ходового винта.

$$d_1 \geq 1,13 \sqrt{\frac{P_p}{[\sigma]_p}} , \quad (8)$$

$$d_1 \geq 1,13 \sqrt{\frac{1950}{120}} = 4,6 \text{ мм} .$$

Таким образом, для обеспечения надежной работы устройства регулировки высоты подъема лежака необходимо использовать болт с резьбой М6 и более. В нашем случае принимаем болт М8.

Определим нормальное напряжение, возникающее в регулировочном болте и проверим его на прочность.

$$\sigma = \frac{P_p}{F_1} = 1,27 \frac{P_p}{d_1^2} \leq [\sigma]_p, \quad (9)$$

где  $P_p$  - расчетное растягивающее усилие,  $P_p = 1950$  Н;  $d_1$  - внутренний диаметр резьбы болта М8, мм;  $d_1 = 7,35$  мм;  $[\sigma]_p$  - допускаемое нормальное напряжение материала болта,  $[\sigma]_p = 120$  МПа.

$$\sigma = 1,25 \cdot \frac{1950}{7,35^2} = 45 \text{ МПа.}$$

Таким образом, запас прочности регулировочного болта составит 2,7.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Киселев В.В.* Развитие технических средств для поведения обслуживания и ремонта пожарной техники. / NovaInfo.Ru. – 2016. – Т. 3. – № 57. – С. 151-156.
2. <http://ingeborga.xyz/oborudovanie-dlya-texnicheskogo-remonta-avtomobilej>.
3. *Туревский И. С.* Техническое обслуживание автомобилей. Организация хранения, технического обслуживания и ремонта автомобильного транспорта. / Издательство Форум, Инфра-М. – 2008. – 256 с.
4. *Беднарский В.В.* Организация капитального ремонта автомобилей. / Издательство Феникс. – 2005. – 592 с.
5. *Киселев В.В.* Использование современных методов при проведении ремонта и восстановления гидроцилиндров пожарных автомобилей. / NovaInfo.Ru. – 2016. – Т. 1. – № 52. – С. 3-6.

УДК 658.286

*В. М. Яковлев, В. В. Киселев*

ФГБОУ ВО «Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России»

#### **К ВОПРОСУ ОРГАНИЗАЦИИ РЕМОНТА И ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ АВТОТРАНСПОРТНОЙ ТЕХНИКИ**

Рациональные организация и технология технического обслуживания и ремонта автомобилей, внедрение новой техники и передовой технологии, механизация и автоматизация производственных процессов, максимальное сокращение ручного труда способствуют повышению производительности труда, созданию благоприятных санитарно-гигиенических и безопасных условий труда. В докладе рассмотрено технологическое и подъемно-транспортное оборудование, используемое при организации ремонта автомобилей.

**Ключевые слова:** ремонт, автомобиль, техническое обслуживание.

*V. M. Yakovlev, V. V. Kiselev*

## **TO THE QUESTION OF THE ORGANIZATION OF REPAIR AND MAINTENANCE OF MOTOR TRANSPORT ENGINEERING**

The rational organization and technology of vehicle maintenance and repair, the introduction of new technology and advanced technology, the mechanization and automation of production processes, the maximum reduction of manual labor contribute to higher labor productivity, the creation of favorable sanitary and hygienic and safe working conditions. The report considers the technological and lifting-transport equipment used in the organization of car repairs.

**Keywords:** repair, car, maintenance.

Поддержание пожарной техники в исправном состоянии, проведение ее ремонта и технического обслуживания требуют больших материальных затрат. Средний годовой пробег пожарных автомобилей составляет около 12000 км. Это приводит к необходимости уделять повышенное внимание тем узлам и механизмам, которые определяют работоспособность автомобиля в целом. Эти узлы изнашиваются быстрее, чаще вызывают необходимость проведения текущих ремонтов. Сбор информации об отказах пожарной техники весьма полезен для дальнейшего совершенствования механизмов при разработке пожарной техники нового поколения.

Своевременное и качественное техническое обслуживание пожарной техники является важнейшим элементом ее эксплуатации и должно обеспечивать: постоянную готовность техники к использованию; безопасность ее применения; устранение причин, вызывающих преждевременный износ, старение, разрушение, неисправности и поломки составных частей и механизмов; надежную работу техники в течение установленных межремонтных ресурсов и сроков их службы до ремонта и списания; минимальный расход горючего, смазочных и других эксплуатационных материалов.

Техническое состояние любого автомобильного транспорта постепенно ухудшается, причем это справедливо даже для тех машин, которые долгое время не эксплуатируются. Разумеется, основная часть деталей таких автомобилей не страдает, ведь они не работают, но резиновые элементы, а именно всевозможные уплотнения, сальники, шины стареют и со временем приходят в негодность. То же касается моторного масла и прочих жидкостей. Так или иначе, в них попадает влага, в результате теряются важные свойства. Поэтому в ситуации, когда автомобиль с пробегом 3-4 тысячи километров простояла в течение года в гараже, прежде чем возобновить эксплуатацию, ей также необходимо провести техническое обслуживание.

Техническое обслуживание автомобилей должно проводиться по так называемой плано-предупредительной системе. Особенность этой системы заключается в том, что все автомобили проходят техническое обслуживание по плану-графику в обязательном порядке. Основная цель технического обслуживания – предупреждение отказов и неисправностей, предотвращение преждевременного износа деталей, своевременное устранение повреждений, препятствующих нормальной работе автомобиля. Таким образом, техническое обслуживание является профилактическим мероприятием.

В техническое обслуживание входят уборочно-моечные, контрольно-диагностические, крепежные, смазочные, заправочные, регулировочные и другие работы, выполняемые, как правило, без разборки агрегатов и снятия с автомобиля отдельных узлов.

Рациональные организация и технология ТО и ремонта автомобилей, внедрение новой техники и передовой технологии, механизация и автоматизация производственных процессов, максимальное сокращение ручного труда способствуют повышению производительности труда, созданию благоприятных санитарно-гигиенических и безопасных условий труда ремонтных рабочих.

Технологическое оборудование, предназначенное для механизации производственных процессов ТО и ремонта, по своему назначению делится на следующие группы:

- оборудование для выполнения работ ЕО автомобилей – уборки, мойки, заправки и других работ;

- оборудование для выполнения работ ТО-1 – подъемно-транспортное, для обслуживания шин, экспресс-диагностики (Д-1), диагностирования тормозной системы, рулевого управления, установки колес, выполнения крепежных работ, обслуживания приборов системы питания, электрооборудования и т. д.;

- оборудование для выполнения работ ТО-2 – подъемно-транспортное диагностическое оборудование и приборы для углубленного диагностирования (Д-2) тягово-экономических качеств автомобиля, тормозной системы, переднего моста, рулевого управления, электрооборудования, двигателя и его систем, ходовой части, трансмиссии и т. д.;

- оборудование для выполнения ТР автомобилей, комплектующее производственные участки – агрегатный, моторный, кузнечно-рессорный, медницких работ, кузовной, малярный, электротехнический, ремонта аккумуляторов, ремонта систем питания отдельно карбюраторных двигателей и дизелей, ТР газобаллонных автомобилей, шиномонтажных и шиноремонтных работ.

Подъемно-транспортное оборудование, применяемое при ТО автомобилей, в зависимости от назначения и устройства подразделяется на следующие группы:

- конвейеры для перемещения автомобилей на поточных линиях ЕО и ТО-1 грузовых автомобилей, автобусов и легковых автомобилей;

- подъемники напольные для ТО и ТР автомобилей бывают стационарные и передвижные, электрогидравлические и электромеханические, одноплунжерные и двухплунжерные, стоечные и др.;

- подъемники канавные – передвижные, стационарные, гидравлические, одноплунжерные и т. д.;

- тележки передвижные применяются для снятия и установки колес грузовых автомобилей и автобусов, снятия рессор грузовых автомобилей, транспортировки деталей и агрегатов и т. п.;

- краны передвижные для замены агрегатов и механизмов грузовых автомобилей и автобусов, снятия и перемещения двигателей;

- приспособления для снятия и установки коробок передач грузовых автомобилей, гидромеханических передач автобусов с гидравлическим, пневматическим или механическим приводом;



– домкраты для вывешивания на небольшую высоту передней или задней части автомобиля (передвижные грузоподъемные механизмы, состоящие из силового агрегата и подъемного устройства гидравлического действия и ручного привода).

Как известно, ремонт представляет собой комплекс конкретных операций по восстановлению работоспособного состояния автомобилей и оборудования по обеспечению их безотказной работы. Он может выполняться по потребности или после определенного пробега. Ремонт, связанный с разборкой или заменой агрегатов и узлов выполняется по результатам предварительного диагностирования.

В соответствии с назначением и характером выполняемых работ ремонт пожарных автомобилей подразделяется на следующие виды: для автомобилей – текущий, средний, капитальный; для агрегатов - текущий, капитальный.

Соблюдение всех правил проведения технического обслуживания, а также своевременность его выполнения позволит в значительной степени увеличить надежность и безотказность работы пожарной техники.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Киселев В.В.* Развитие технических средств для поведения обслуживания и ремонта пожарной техники. / NovaInfo.Ru. – 2016. – Т. 3. – № 57. – С. 151-156.
2. <http://ingeborga.xyz/oborudovanie-dlya-texnicheskogo-remonta-avtomobilej>.
3. *Туревский И. С.* Техническое обслуживание автомобилей. Организация хранения, технического обслуживания и ремонта автомобильного транспорта. / Издательство Форум, Инфра-М. – 2008. – 256 с.
4. *Беднарский В.В.* Организация капитального ремонта автомобилей. / Издательство Феникс. – 2005. – 592 с.
5. *Киселев В.В.* Использование современных методов при проведении ремонта и восстановления гидроцилиндров пожарных автомобилей. / NovaInfo.Ru. – 2016. – Т. 1. – № 52. – С. 3-6.

УДК 658.286

*В. М. Яковлев, В. В. Киселев, П. В. Пучков*

ФГБОУ ВО «Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России»

#### **РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ ПОДКАТНОГО ЛЕЖАКА С РЕГУЛИРУЕМОЙ ВЫСОТОЙ ПОДЪЕМА ДЛЯ РЕМОНТА ПОЖАРНОЙ ТЕХНИКИ**

В работе приводится обзор ремонтных лежачков, используемых для проведения технического обслуживания и ремонта автотранспортной техники. Описывается новая конструкция подкатного лежачка, обеспечивающая возможность регулировки высоты подъема лежачка с целью облегчения ремонтных операций.

**Ключевые слова:** ремонт, автомобиль, техническое обслуживание

V. M. Yakovlev, V. V. Kiselev, P. V. Puchkov

## DEVELOPMENT OF THE DESIGN OF A FLAX SLEEVE WITH A CONTROLLED HEIGHT LIFT FOR REPAIRING FIRE-FIGHTING EQUIPMENT

The paper provides an overview of the repair deck chairs used for maintenance and repair of vehicles. A new design of a sliding lounge is described, which makes it possible to adjust the height of the lounge lift to facilitate repair operations.

**Keywords:** repair, car, maintenance

Своевременное и качественное техническое обслуживание пожарной техники является важнейшим элементом ее эксплуатации и должно обеспечивать постоянную готовность техники к боевому применению. В пожарно-спасательных частях в соответствии с имеющимися нормативными документами проводится техническое обслуживание автомобилей. Для выполнения ряда работ по техническому обслуживанию требуется специальное оборудование и вспомогательные устройства, позволяющие с большей эффективностью выполнять работы.

Одними из таких устройств, входящих в перечень оборудования для специализированных предприятий и станций технического обслуживания пожарных автомобилей, являются подкатные лежаки. С ними работы по ремонту пожарного автомобиля становятся если не легче, то хотя бы удобнее.

Обычно лежак ремонтный изготавливают из металлического каркаса. Длина его примерно с человеческий рост. Основание изготавливают из прочного пластика, у некоторых моделей бывает обтяжка мягким материалом. Дополнительно делается масло-бензостойкая обшивка для исключения возгорания при контакте с бензином и маслом. В большинстве случаев лежак подкатной имеет шесть колес, хотя существуют и модели с четырьмя колесами. Шасси имеет круговое вращение, что дает большую свободу передвижения. Лежаки изготавливают с удобной спинкой-изголовьем, которая имеет регулировки для настройки оптимально удобного положения головы, но также применяются модели, которые имеют складную конструкцию, которая трансформируется в сиденье – этот вариант используют для работы в гараже. Существуют также ремонтные сиденья, которые используются при рихтовке кузовных частей автомобиля, при демонтаже деталей, когда приходится откручивать много крепежных элементов, поскольку делать это стоя крайне неудобно. Колеса позволяют быстро перемещаться по участку, не вставая с сиденья. Есть модели с микролифтом, которые предусматривают возможность поменять высоту положения сиденья, под рост рабочего.

Одним из ведущих иностранных производителей ремонтного оборудования является фирма по изготовлению качественных и удобных ремонтных лежаков - Topin Big Red. Продукция данного производителя показана на рис. 1.

Главным недостатком существующих устройств лежаков, используемых для проведения ремонта и технического обслуживания пожарной техники, является то, что лежаки не регулируются по высоте подъема, что существенно снижает перечень ремонтных операций, которые можно выполнять без использования смотровой ямы или автоподъемника.

Как правило конструкции используемых в настоящее время лежаков весьма примитивны, как с конструкторской точки зрения, так и с эргономической. У них отсутствуют подголовники, боковые бардачки, что усложняет специалисту проведение ремонта. Кроме этого лежаки не снабжены утеплителями, что может привести к простудным заболеваниям автомехаников. Анализ применяемых конструкций подкатных лежаков также выявил, что они не имеют возможности регулировки высоты подъема. Поскольку клиренс пожарных автомобилей варьируется от 250 мм до 850 мм, то разработка конструкции лежака с возможностью регулировки высоты подъема является актуальной задачей.



Рис. 1. Трансформируемый лежак

Авторами была разработана конструкция подкатного лежака с регулировкой высоты подъема (рис. 2), а также выполнены необходимые расчеты.

Лежак представляет собой сварную конструкцию, установленную на ролики, позволяющие перемещаться слесарю под автомобилем. Силowymi элементами конструкции являются труба квадратная 40x3 ГОСТ 8639-68 и швеллер 5У ГОСТ 8240-97. Верхнюю и нижнюю платформы силовой конструкции лежака соединяют также трубы квадратные, но меньшего сечения 30x2. Механизм регулировки высоты подъема представлен на рис. 3.

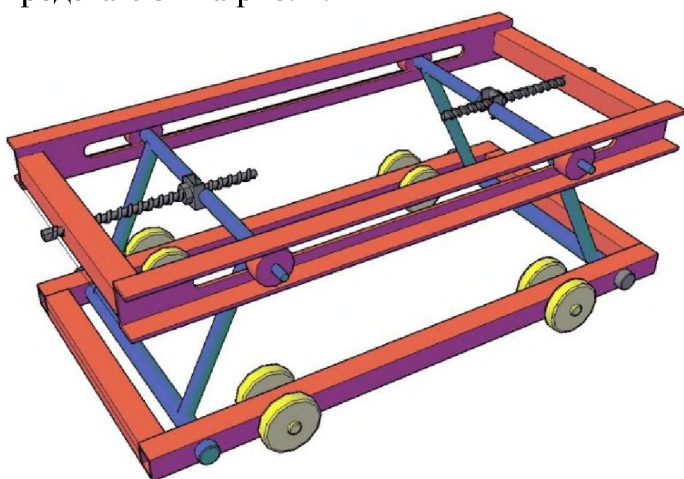


Рис. 2. Конструкция подкатного лежака с регулируемой высотой подъема

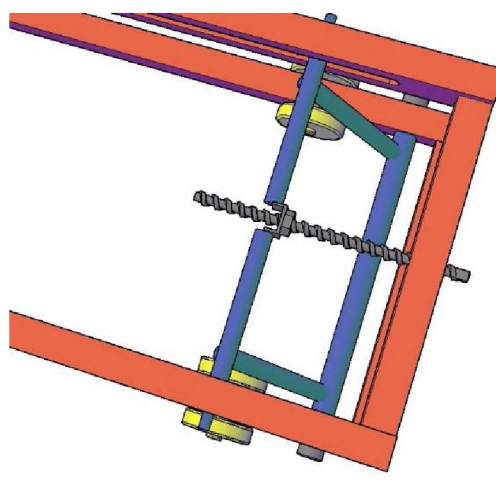


Рис. 3. Механизм регулировки высоты подъема лежака

Подъем верхней платформы лежака может регулироваться с обеих сторон при помощи передачи винт – гайка. Вращение рукоятки винта позволяет перемещаться роликам, установленным во внутренних полостях швеллеров верхней платформы, обеспечивая, таким образом, регулировку высоты подъема. Сконструированное устройство может обеспечивать, как горизонтальный подъем лежака, так и подъем одной из его сторон. Такой способ регулировки обеспечит лучшую эргономику и позволит облегчить лучший доступ к узлам и деталям автомобиля.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Киселев В.В.* Развитие технических средств для поведения обслуживания и ремонта пожарной техники. / NovaInfo.Ru. – 2016. – Т. 3. – № 57. – С. 151-156.
2. <http://ingeborga.xyz/oborudovanie-dlya-texnicheskogo-remonta-avtomobilej>.
3. *Туревский И.С.* Техническое обслуживание автомобилей. Организация хранения, технического обслуживания и ремонта автомобильного транспорта. / Издательство Форум, Инфра-М. – 2008. – 256 с.
4. *Беднарский В.В.* Организация капитального ремонта автомобилей. / Издательство Феникс. – 2005. – 592 с.
5. *Киселев В.В.* Использование современных методов при проведении ремонта и восстановления гидроцилиндров пожарных автомобилей. / NovaInfo.Ru. – 2016. – Т. 1. – № 52. – С. 3-6.

## СМАЗОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ПРОЦЕССЫ

УДК 621.821

*Е. В. Березина*<sup>\*</sup>, *В. А. Годлевский*, *А. Г. Железнов*<sup>\*</sup>, *А. С. Парфенов*<sup>\*\*</sup>,  
*Р. И. Харламов*

ФГБОУ ВО «Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России»

<sup>\*</sup> ФГБОУ ВО «Ивановский государственный политехнический университет»

<sup>\*\*</sup> ФГБОУ ВО «Ивановская государственная медицинская академия»

### НОВЫЕ ПУТИ И ВОЗМОЖНОСТИ ИССЛЕДОВАНИЯ СТРУКТУРЫ ГРАНИЧНЫХ СМАЗОЧНЫХ СЛОЕВ НЕПОСРЕДСТВЕННО ПРИ ТРЕНИИ

Описаны подходы для изучения надмолекулярной структуры в граничном смазочном слое на базе методики поляризационной трибометрии. Показано, что в качестве параметра анизотропии смазочного слоя можно принять интенсивность светового потока плоскополяризованного излучения, прошедшего сквозь слой в процессе трения.

**Ключевые слова:** Смазочный слой, структура, моделирование, оптические методы.

*E. V. Berezina, V. A. Godlevskiy, A. G. Zheleznov, A. S. Parfenov, R. I. Harlamov*

### NEW WAYS AND POSSIBILITIES FOR BOUNDARY LUBRICATION LAYERS INVESTIGATION JUST DURING THE FRICTION

The approach for studying the supramolecular structure in boundary lubrication layer based on the method of polarizing tribometry was described. It is shown that the intensity of light ray from source of polarized radiation passed through greasing film can be taken as the parameter of anisotropy of lubricating layer.

**Keywords:** lubrication layer, structure.

Вопросы, связанные со структурой и свойствами смазочного материала (СМ) и механизмами, обеспечивающими их трибологическую эффективность, являются одними из важнейших вопросов трибологической науки. Сложность и многофакторность процессов, происходящих при трении различных типов поверхностей в присутствии смазки, препятствует разработке универсального теоретического обоснования действия СМ в зоне трения. Очевидна необходимость работ в области теории трения со смазкой по созданию различных моделей смазочного действия, которые годились бы для описания процессов трения на нано- и мезоскопическом структурных уровнях [1].

Из приведённых в [2] рассуждений следует, что изменение условий трения ведёт к изменению структурного состояния СМ, однако одна лишь гидродинамика не позволяет судить о пространственной структуре смазочного слоя (СС). В работе [3] отмечается, что смазочное действие слоёв адсорбционного происхождения определяется, прежде всего, уровнем ориентации молекул смазочной среды относительно по-

верхностей трения. Таким образом, следует заключить, что и поверхность, и сдвиговое течение играют определяющую роль в возникновении структурной упорядоченности СС в различных режимах смазки [4].

С тем, чтобы выявить, каким образом молекулярные ориентационные эффекты влияют на реологические и трибологические свойства СС, были предложены устройства, использующие взаимодействие поляризованного света со смазочным веществом, в котором происходит сдвиг. Известны попытки получения изображений мезогенного СМ *in situ* в поляризованном свете при поступательном движении одной поверхности трения относительно другой [1] или при движении по замкнутой траектории [5]. В.А. Левченко разработал «поляризационный трибометр», который позволял измерять коэффициент трения, идентифицировать жидкокристаллическую текстуру граничных слоёв СМ при различных нагрузках. Исследования П. Освальда и П. Пирански описывали поведение жидкого кристалла нематического типа при непрерывном сдвиге, для чего определяли вязкий вращающий момент, влияющий на директор [6]. Данные методики не обеспечивали установившегося движения и контроля величины рабочего зазора.

Традиционно для исследования частично упорядоченных сред применяется поляризованный свет, анализ которого даёт информацию о пространственной упаковке молекул в анизотропном образце. В настоящей работе была сделана попытка развить идеологию поляризационных исследований анизотропных сред для целей описания структурного состояния слоёв смазочного материала непосредственно в процессе трения.

Главная цель работы по созданию методической основы исследования структуры смазочных слоев непосредственно в контактной зоне при трении состоит в необходимости теоретического и экспериментального обоснования нового метода исследования надмолекулярной структуры смазочных слоёв, содержащих анизометричные трибоактивные компоненты, способные к формированию как граничных, так и объёмных структурно-упорядоченных фаз, наличие которых влияет на смазочный эффект. В предположении, что степень упорядоченности СС определяет их трибологическую эффективность, актуальной представляется задача получения количественного критерия анизотропии слоя.

Можно считать, что параметр анизотропии СС пропорционален интенсивности пропускания поляризованного света, которая, в свою очередь, зависит от среднего слоевого напряжения деформации. Для вращательной пары трения диск—диск, в которой диски контактируют их торцевыми поверхностями, величина сдвигового напряжения пропорциональна крутящему моменту, который измеряется «поляризационным трибометром» [7]. Полезно было бы рассмотреть параметр анизотропии как некоторую интегральную величину, пропорциональную усреднённому параметру ориентации отдельных молекул в состоянии покоя и вращательной составляющей анизотропии, зависящей от угловой скорости и радиуса, на котором регистрируется оптический сигнал.

Хотя мезогенный материал в исходном состоянии будет иметь некоторый начальный (статический) уровень анизотропии, для простоты будем считать анизотропию системы в состоянии покоя равной нулю. Анизотропию, вызванную сдвигом, предположим зависящей от компонентов скоростей (параллельной и перпендикулярной) и определяющей наличие двулучепреломления, возникающего при прохождении плоскополяризованного луча через анизотропную среду.

Рассмотрим движение слоя СМ между двумя плоскопараллельными пластинами в поляризационном трибометре с заданным зазором [7]. Пусть нижняя пластина закреплена жёстко, а верхняя вращается с постоянной угловой скоростью  $\omega$ . Положим, что поверхности трения идеально гладкие. Будем рассматривать установившийся режим гидродинамического трения. В данном случае возможно возникновение явления Максвелла, т. е. ориентация оптически анизотропных молекул в механическом поле [8, 9].

Такая ориентация обязательно должна влиять на эффективную вязкость СМ. Для проявления данного эффекта необходимо, чтобы форма молекул СМ была геометрически анизотропной, т. е. отличалась бы от сферической и, чем более вытянутой является форма молекул, тем выше этот эффект. При выполнении данных условий в потоке СМ возникает градиент скорости движения различных его слоёв, при этом ориентирующим полем является градиент скорости потока. Молекулы ориентируются под действием силы трения. Это явление называют *динамическим двулучепреломлением*.

При возникновении градиента скорости движения потока СМ, жидкость становится оптически анизотропной. Она уподобляется двухосному кристаллу с тремя разными показателями преломления. Если через поток СМ пропустить поляризованный луч света в направлении, перпендикулярном плоскости вращения, то он разбивается на два луча с электрическими векторами, распространяющимися с различными скоростями. Благодаря этому, между двумя лучами возникает разность фаз, и из потока жидкости выходит эллиптически поляризованный луч. Будем считать, что параметр анизотропии равен интенсивности светопропускания, которая, в свою очередь, зависит от напряжения деформации, а значит — от скорости относительного перемещения поверхностей трения.

По результатам проведенного нами математического моделирования и проведенных экспериментов можно заключить, что в качестве параметра анизотропии СС, а значит и трибологической эффективности, СМ можно принять интенсивность светового потока плоскополяризованного излучения, прошедшего сквозь слой СМ в процессе трения [10]. Возможность такого эксперимента при нормированных параметрах процесса трения обеспечена в недавно разработанной конструкции нового прибора «поляризационный1 трибометр [11].

Показано, что рассматриваемый параметр существенным образом зависит от скорости взаимного перемещения поверхностей трения и объёмной вязкости СМ. Это означает, что предлагаемый метод оптической оценки эффективен для исследования как ньютоновских, так и неньютоновских смазочных составов, так как изменение вязкости неньютоновских смазок в изотермических условиях обусловлено структурными изменениями, происходящими в СС под действием сдвиговой деформации.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Современная трибология: Итоги и перспективы / Отв. ред. К.В. Фролов. Изд. стереотип. – М.: Издательство ЛКИ. – 2014.
2. Кравчик К. Трибологическая идентификация самоорганизации при трении со смазкой: Дис ... докт. техн. наук. – Ростов-на-Дону. – 2000.
3. Буяновский И. А. и др. Ориентационная упорядоченность граничных слоёв и смазочная способность масел // Трение и износ. – 2008 (29), № 4, С. 375–381.

4. Алисин В. В. и др. Исследование коллоидных смазочных материалов с твердыми наночастицами алюмосиликатов для снижения износа стальных пар трения // Трение и износ. – 2013 (34), № 6, С. 603-609.
5. Oswald P., Pieranski P. Nematic and Cholesteric Liquid Crystals: Concepts and Physical Properties Illustrated by Experiments. – London: Taylor and Francis Group. – 2005.
6. Годлевский В.А., Корсаков М.Н., Сандлер В.А., Березина Е.В. Поляризационный трибометр // Тез. докл. Межд. научн.-техн. конф. “Полимерные композиты и трибология” – ПОЛИКОМТРИБ-2011. Гомель. Беларусь. 27-30 июня 2011 г. Электр. Ресурс.
7. Годлевский В.А., Березина Е.В., Железнов А.С. Фомичев Д.С. // Тр. Межд. симпозиума по транспортной триботехнике “Транстрибо-2013”. С.-Пб, 10–11 октября 2013 г. – 2013. – С. 286–289.
8. Вукс М.Ф. Электрические и оптические свойства молекул и конденсированных сред: Учеб. пособие. – Л.: Изд-во Ленингр. ун-та. – 1984.
9. Березина Е. В. и др. Аналитическое описание структурированного смазочного слоя // Жидкие кристаллы и их практическое использование. — 2014 (14), №1. – С. 74–79.
10. Березина Е.В., Годлевский В.А., Железнов А.Г. Исследование надмолекулярной структуры смазочного слоя in situ // Трение и износ. 2015. Т. 36. № 3. – С. 244–251.
11. Патент 2569038 РФ МПК G01N (2006.01), G01D (2006.01). Поляризационный трибометр. №2014113720/28. Березина Е.В. Годлевский В.А. Железнов А.Г. и др. Заявлено 08.04.2014. Оpubл. 20.11.2015. Бюл №32.

УДК 621.89.012.7

*О. В. Блинов<sup>\*</sup>, В. А. Годлевский, Ю. Н. Моисеев, А. С. Парфенов<sup>\*\*</sup>*  
ФГБОУ ВО «Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России»,  
<sup>\*</sup> ФГБОУ ВО «Ивановский государственный политехнический университет»,  
<sup>\*\*</sup> ФГБОУ ВО «Ивановская государственная медицинская академия»

## ОСНОВНЫЕ ОГРАНИЧЕНИЯ ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДА МОЛЕКУЛЯРНОЙ ДИНАМИКИ ПРИ ОПИСАНИИ СМАЗОЧНЫХ СЛОЕВ

В статье обсуждаются возможности и ограничения методов молекулярной динамики, применяемых для моделирования процесса граничного трения и молекулярной структуры смазочных слоев.

**Ключевые слова:** Смазочный слой, моделирование, молекулярная динамика, программное обеспечение

*O. V. Blinov, V. A. Godlevskiy, Yu. N. Moiseev, A. S. Parfenov*

## THE MAIN LIMITATIONS FOR APPLICATION OF MOLECULAR DYNAMICS METHODS BY THE DESCRIPTION OF LUBRICATION LAYERS

In the paper the main possibilities and limitations of molecular computer modelling methods concerning to boundary lubrication layers are discussed. Some perspective directions of the approach are shown.

**Keywords:** lubrication layer, modelling, molecular dynamics.



Применение методов компьютерного молекулярного моделирования для построения динамических моделей граничного смазочного слоя находится в начальной стадии [1, 2], поэтому имеется необходимость на этом этапе обсудить возможности и ограничения данной модельной идеологии.

Процедура моделирования трибосистемы как единого целого предполагает построение атомно-молекулярных образов твердых поверхностей трения и собственно разделяющего слоя смазочного вещества. Структура металлических твердых поверхностей относительно просто может быть построена в виде соответствующей кристаллической решетки в несколько слоев. Сам смазочный слой тоже имеет граничную природу и соответственно толщину молекулярного порядка. В таком тонком слое на процесс трения влияет не только характер взаимодействия между частицами смазочного вещества, но также и влияние силового поля твердой поверхности, вызывающее адсорбцию, хемосорбцию, поверхностную миграцию, молекулярную поляризацию и другие эффекты.

Очевидно полагать, что молекулярные ориентационные эффекты, в том числе и такие, которые вызваны сдвиговым процессом в толще слоя, могут проявляться как среднестатистические оценки по молекулярному кластеру из большого числа молекул. Однако, существенное увеличение числа молекул слоя в модели быстро ведет к увеличению расчетного времени. Этот временной фактор и является главным ограничителем возможностей метода. В силу этого приходится разрабатывать такие программные методы, которые делают расчет более компактным.

К сожалению, на данном этапе невозможно в рамках молекулярной динамики оценить вклад химических процессов в смазочное действие. Так, известно, что переход физической адсорбции в химическую является нечетким, и его характеризует условная энергетическая граница в примерно в 40 кДж/моль. К тому же трение всегда сопровождается тепловыделением, которое способствует преодолению барьера активации для протекания поверхностных твердотельных химических процессов. Все это потребует создания сложных программных модулей, более полно моделирующих процесс формирования смазочного слоя при напряженном режиме трения. В такой же степени ждет своего решения вопрос о том, каким образом учитывать тепловое движение молекул слоя. С этим связана напрямую кинетика протекания ориентационных процессов.

Как было показано в работе [1], программный комплекс для описания трибосистемы со слоем смазочного материала (СМ) удобно построить, используя готовый программный продукт, предназначенные для моделирования молекул. Наиболее известен в этом отношении пакет HyperChem – комплексный программный продукт, предназначенный исследовать процессы, протекающие на молекулярном и атомном уровнях.

Он включает в себя программы, реализующие методы классической молекулярной механики и квантовой теории. HyperChem позволяет рассчитать энергии для различных частей молекулярной модели, определять физические характеристики соединения молекул в различных конформациях. Опыт наших расчетов [2] показал, что время обработки одного «кадра» процесса, в течение которого происходит оптимизация молекулярной группировки, представляющей смазочный материал, зависит от производительности компьютера, и для выбранного числа итераций может занять несколько часов. Для больших молекулярных моделей времена счета может достигать несколько суток или даже недель [3].

«Прямым» способом увеличения скорости расчета было бы повышение тактовой частоты процессора. В случае однопоточного расчета следует предпринимать специальные меры для того, чтобы время обработки модели было приемлемым. Наиболее эффективными из этих подходов, по нашему опыту, были следующие:

1) При построении моделей твердых поверхностей нужно строить их не более, чем из двух слоев. При этом структуру виртуальной поверхности выстраивать «принудительно», располагая атомы и молекулы согласно предположительной структурной схеме. Для металлов это может быть стандартная кристаллическая решетка данного вида атомов.

2) Молекулярная масса CM, особенно для органических компонентов, должна быть существенно ограничена. На данном этапе пределом могут быть размеры типичных коллоидных ПАВ. Необходимость учета конформации молекулярных цепей требует резкого повышения вычислительного ресурса

3) Размер обрабатываемого молекулярного кластера из условий скорости счета не может быть более нескольких сотен частиц, но снижение их числа снижает достоверность информации о процессе надмолекулярной самоорганизации. Разумеется, расчет взаимодействия каждой частицы кластера со всеми другими частицами займет слишком много времени, поэтому расчет взаимодействий нужно ограничивать некоторым эффективным радиусом.

4) Расчет молекулярного «директора» для анизотричных частиц может отбирать значительную долю вычислительного ресурса, в особенности, если в расчетный цикл включена процедура определения трех пространственных углов каждой частицы. Поэтому следует, задавшись одним конформационным вариантом молекулы, «жестко привязать» позицию «директора» к частице.

Перечисленные меры позволили свести время расчета модели на типичном ПК к приемлемой величине. Для ограничивающих факторов в свете перспективных задач молекулярного моделирования трибосистем можно было бы предложить следующую схему (таблица). В трибологии, как нам представляется, существуют предпосылки для возникновения новых сложных задач молекулярной динамики, (например, изучение роли малых концентраций присадок в относительно большом объеме смазочного материала), что требует увеличения моделируемого кластера до нескольких тысяч частиц [4]. Пока это находится за пределами доступного нам вычислительного ресурса. Поскольку HyperChem является однопоточным приложением, этот пакет не может воспользоваться всеми ресурсами многоядерной технологии современных процессоров и программных средств, использующих параллельные вычисления. Надеемся, что такие подходы будут реализованы в ближайшем будущем.

*Таблица. Ограничительные факторы в свете перспективных задач молекулярного моделирования трибосистем со смазочным слоем*

№	Класс задач	Ограничивающие факторы для построения моделей молекулярной динамики
1	Моделирование твердых поверхностей	1. Степень совершенства кристаллической решетки (моделирование дефектов структуры поверхностей), «глубина» модели твердой поверхности.
		2. Моделирование неметаллических поверхностей (полимер, эластомер, текстильное волокно, композит и т. д.).

№	Класс задач	Ограничивающие факторы для построения моделей молекулярной динамики
2	Моделирование смазочного слоя	3. Моделирование молекулярной шероховатости поверхностей.
		1. Размеры молекулы трибоактивного компонента СМ.
		2. Количество частиц в модельном кластере СМ (Объем моделируемого рабочего пространства), обеспечивающий заданную толщину граничного смазочного слоя.
		3. Учет молекулярных конформаций частиц СМ.
3	Программное обеспечение, расчетные алгоритмы	4. Наличие растворителя, концентрация в нем трибоактивного компонента, роль растворителя как конкурирующей смазочной субстанции.
		1. Выбор метода оптимизации и его программная реализация. Возможности «параллелизации» вычислений.
		2. Введение эффективных радиусов взаимодействия в кластере СМ.
		3. Величина шага дискретизации сдвигового процесса.
		4. Учет контактной температуры.
		5. Учет скорости процесса.
6. Выбор расчетного параметра для количественной оценки упорядоченности системы.		
4	Приборные параметры применяемой компьютерной техники	1. Одно- или многопроцессорные компьютеры.
		2. Тактовая частота процессора.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Березина Е.В., Годлевский В.А., Кузнецов С.А. Молекулярное моделирование строения смазочного слоя // Трение и смазка в машинах и механизмах. 2009. № 2. – С. 4–12.
2. Godlevskiy V.A., Kuznetsov S.A., Berezina E.V., Bogomolov M.V. A Software Complex for Molecular Simulation of Boundary Lubrication Layers // Journal of Friction and Wear, 2012, Vol. 33, No. 1, pp. 5–10.
3. Годлевский В.А., Маншиов А.Г. Компьютерная модель граничного смазочного слоя в капиллярной системе // Тез. докл. междунар. научно-техн. конференции. «Состояние и перспективы развития электротехнологии» «(Бенардосовские чтения)». Иваново, 2003. Т. II. С. 120. Иваново, 2003. Т. II. – С. 120.
4. Блинов О.В., Годлевский В.А., Фомичев Д.С. Труды X Всеросс. науч.-техн. конф. с участием иностр. спец. «Трибология – машиностроению». Москва, 19–21 ноября 2014 г. ИМАШ РАН. – С. 49–50.

УДК 669.2

*В. В. Бойцова, М. Ю. Колобов, Б. Р. Киселев, Н. И. Замятина*

ФГБОУ ВО «Ивановский государственный химико-технологический университет»

## **ПОРОШКОВЫЕ КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ ТРИБОТЕХНИЧЕСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ**

Проведены экспериментальные исследования на износостойкость композиционных бронз. Определены оптимальными параметрами изготовления материалов. Разработан порошок бронзографит, содержащий омедненные порошки твердых включений. Порошковые композиционные материалы имеют высокую износостойкость и низкие коэффициенты трения и могут быть использованы для изготовления тяжело- и теплонагруженных подшипников скольжения.

**Ключевые слова:** Порошковый композиционный материал, бронзографит, коэффициент трения, износ.

*V. V. Boytsova, M. Yu. Kolobov, B. R. Kiselev, N. I. Zamyatina*

## **POWDER COMPOSITE MATERIALS FOR TRIBOTECHNICAL PURPOSE**

Experimental studies on durability of composite bronze. The optimal parameters of manufacturing materials. Developed powder will bronchographic containing copper powder solids. Powder composite materials have high wear resistance and low coefficients of friction and can be used for the manufacture of hard and thermally loaded bearings.

**Keywords:** Powder composite material, bronzografit, coefficient of friction, wear.

Одним из путей повышения срока службы и эксплуатационной надежности машин и механизмов является создание новых антифрикционных материалов, обладающих повышенной износостойкостью, низким значением коэффициента трения, способностью работать при высоких скоростях и больших нагрузках, в различных агрессивных средах.

Существующие узлы трения отличаются конструктивными особенностями, условиями работы (со смазкой, при граничном трении, трении без смазки, при повышенной температуре, в вакууме, в воде, агрессивных средах и т.д.), при однонаправленном и при возвратно-поступательном движении, причем параметры работы подшипников могут изменяться по нагрузкам и скоростям в самых широких пределах.

Все эти обстоятельства не позволяют создать универсальный антифрикционный материал, удовлетворяющий перечисленным требованиям во всем диапазоне возможных условий трения. Каждому материалу соответствуют определенные условия нагрузочно-скоростных параметров и среды, в которых проявляется его работоспособность. Это является основной причиной многообразия применяемых материалов и служит стимулом для разработки новых.

В последние годы наиболее широкое применение получили порошковые материалы на медной основе [1, 2].

Особое место среди порошковых подшипниковых материалов на основе меди занимают бронзографиты, поскольку здесь в первую очередь представляется возможность получить относительно однородную структуру материала.

Графит в бронзографите, смешиваясь с маслом, содержащимся в порах, образует высококачественный маслографитовый смазочный препарат. Во время работы по мере нагревания подшипника масло, удерживаемое в порах и мельчайших каналах материала капиллярными силами, постепенно вытесняется наружу и образует смазочную пленку на рабочей поверхности, а при остановке и последующем охлаждении частично всасывается обратно в поры. Благодаря этому пористые подшипники могут работать в тяжелых условиях, а в отдельных случаях в течение длительного времени без введения дополнительной смазки. Коэффициент трения таких порошковых подшипников ниже, чем у некоторых баббитовых сплавов, а износ – в 7-8 раз меньше.

Графит в порошковых подшипниках скольжения играет роль сухой смазки, что ведет к значительному снижению коэффициента трения и увеличению значения произведения  $P \cdot V$ , но при этом прочность материала понижается.

Исследование триботехнических характеристик композиционных материалов проводили на машине для испытания материалов на трение и износ модели СМТ-1. При исследовании износостойкости порошкового металлостеклянного бронзографитового вкладыша в присутствии масел, режимы трения были выбраны усредненными, применительно к режимам работы узлов трения машин и аппаратов. При этом скорость скольжения металлического ролика в основном брали  $V = 0,5-2,5$  м/с. Нагрузку на образец повышали ступенчато от 1 МПа до предельных значений, при которых сохранялась работоспособность пары трения. В процессе изнашивания измеряли линейный износ с использованием метода искусственных баз.

Независимо от состава материала и давления прессования потери массы образцами находятся в пределах (в среднем) от 0,5 % до 0,7 %, что является приемлемым для изготовления деталей узлов трения из этого материала.

В работе для оценки и сравнения разработанного материала были исследованы триботехнические характеристики – зависимости коэффициента трения от приложенной нагрузки, величины износа от пути трения при постоянной нагрузке и зависимость интенсивности изнашивания от приложенной нагрузки при фиксированном пробеге. Эти характеристики определяют границы работоспособности пары трения. Стойкость материалов к изнашиванию в различных режимах трения определяют ресурс и срок службы узлов трения. При испытании образцов сначала проводили их приработку для увеличения площади контакта с контртелом.

Испытания показали, что на износостойкость композиционных бронз в большей степени влияет содержание твердых включений и давление прессования, значительно меньше влияет температура спекания. Оптимальными параметрами изготовления таких материалов выбраны следующие: температура спекания – 760-780 °С, давление прессования – 350-400 МПа. Частицы стекла, равномерно распределенные в порошковом материале, воспринимают основную часть нагрузки, уменьшая износ матрицы. При повышенных температурах частицы стекла могут подплавляться и предотвращать схватывание и заедание.

Данный материал имеет высокую износостойкость и низкие коэффициенты трения и может быть использован для изготовления тяжело- и теплонагруженных подшипников скольжения.

При трении порошкового бронзографита, наполненного молибдатным стеклом, в водногликолевом растворе (Тосол-40) на поверхности стального контртела появляется сервовитная пленка меди, после чего коэффициент трения и износ достаточно резко снижаются.

Разработан порошковый бронзографит, содержащий омедненные порошки твердых включений (низкотемпературного стекла и оксида алюминия). Введение в бронзографитовую матрицу омедненных порошков твердых включений различной природы позволило увеличить более, чем в 2 раза нагрузочную способность при трении без смазки, снизить содержание дефицитного олова в материале на 20-40% масс. без снижения триботехнических характеристик.

Результаты исследований структуры порошковых материалов показали, что стеклонаполненный бронзографит содержит равномерно распределенные по всему объему мелкие поры. Структура этих материалов мелкозернистая с равномерным распределением по объему  $\alpha$ -твердого раствора олова и стекла. Все это в совокупности приводит к лучшим триботехническим свойствам: более мелкие поры равномерно и более дозированно подают на поверхность трения смазку, находящуюся в этих порах, равномерность распределения стекла, растекшегося по порам, подтверждает правило антифрикционности Шарпи.

Исследованы и обоснованы механизмы изнашивания порошковых материалов с металлизированными наполнителями в различных режимах трения, включая коррозионные среды.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Патент № 2223341, МПК С 22 С 9/02, С 22 С 1/05. Порошковый антифрикционный композиционный материал на основе меди / Мельников В.Г., Гунина В.В., Замятина Н.И., Щипалов Ю.К.; заявитель и патентообладатель ИГХТУ. – № 2002135853/02; заявл. 31.12.2002; опубл. 10.02.2004, Бюл. № 4. – 4 с.

2. Патент № 2395602, МПК С 22 С 1/05, С 22 С 9/02. Порошковый антифрикционный композиционный материал на основе меди / Годлевский В.А., Манерцев А.А., Замятина Н.И., Бойцова В.В.; заявитель и патентообладатель ИГХТУ. – № 2009126388/02; заявл. 09.07.2009; опубл. 27.07.2010, Бюл. № 21. – 5 с.

УДК 621.892

*А. А. Буров, В. А. Годлевский, Ю. Н. Моисеев*

ФГБОУ ВО «Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России»

#### **ПРИМЕНЕНИЕ МОДИФИКАТОРОВ ТРЕНИЯ В ТРИБОСОПРЯЖЕНИЯХ ПОЖАРНОЙ ТЕХНИКИ**

С целью оценки перспектив дальнейшего использования в узлах трения пожарной техники проведены сравнительные испытания на трение и изнашивание ряда присадок — модификаторов трения.

**Ключевые слова:** Трибология, пожарная техника, узел трения, модификаторы трения.

*A. A. Burov, V. A. Godlevskiy, Yu. N. Moiseev*

## APPLICATION OF FRICTION MODIFIERS IN THE FIRE TECHNICS FRICTION COUPLES

In order to assess the prospects for further use in the units of firefighting equipment the additives of friction modifier class were tested on friction and wear parameters.

**Keywords:** Tribology, firefighting equipment, friction units, friction modifiers.

Применение функциональных присадок к смазочным маслам является эффективным методом повышения надежности узлов трения [1]. Эксплуатационные характеристики пожарной техники, по нашему мнению, можно повысить путем применения в трансмиссионных смазочных материалах особого типа активных добавок — геомодификаторов [2, 3].

Геомодификаторы — это порошковые минерало-силикатные композиции на основе подвидов минерала серпентинита. При введении мелкофракционных порошков серпентина на поверхности трения деталей образуется упрочненный металлокерамический слой. Твердые фракции порошка, попадая в тонкие зазоры между поверхностями трения, производят их микрошлифовку, убирая следы износа. Процесс сопровождается сильным разогревом поверхностей, которому способствует выделение внутренней энергии при разрушении серпентина. Высокие температуры размягчают микронеровности поверхностей трения вплоть до их перехода в пластическое состояние. В размягченные слои внедряются твердые частицы минералов, образуется композит «металл-минералы», который обычно называют металлокерамикой.

Использование природного геомодификатора – серпентина сопровождается рядом недостатков: трудоемкий и энергоемкий процесс измельчения минерала; сложность отделения частиц асбеста, который, как известно, являясь сопутствующим компонентом минерала, обладает фрикционными свойствами; большой разброс содержания отдельных компонентов (магния, кремния, асбеста, железа, никеля, базальта, шамота и др.). Для устранения этих недостатков, была исследована возможность, получать искусственный серпентин в условиях лаборатории. Было получено соединение по стехиометрии подобное природному серпентину. Однако в ходе химической реакции выделяется значительный избыток воды, присутствие которой в смазывающем материале нежелательно. Для удаления воды применялись методы: выпаривание воды из соединения вместе с носителем, выпаривание воды из соединения без носителя, декантация.

Принципиальное отличие геомодификаторов от других материалов (присадок) следующее:

1. В случае с геомодификаторами используется особая структура минералов и их небольшая дисперсность.

2. Чешуйчатая структура позволяет частично «сгладить» поверхности пар трения. Взаимодействие пар трения происходит не в прямом контакте металл – металл, а через мелкодисперсную коллоидную смесь. Чешуйки как бы сглаживают микронеровности за счёт образовавшейся «чешуйчатой кольчуги».

3. За счёт чисто механической нагартовки в поверхность металлов они способны вызвать и небольшое увеличение твёрдости, что в некоторых случаях тоже хорошо.

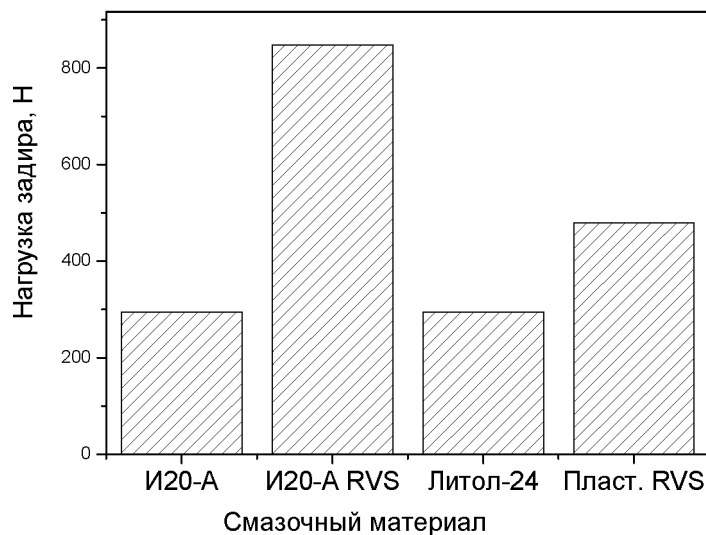
4. Недостатками являются достаточно высокая твёрдость (молибденит, нитрид титана, оксид алюминия, мелкодисперсный алмаз) по грани, что при определённых условиях является абразивом.

В нашей работе подверглись испытаниям образцы модификатора типа PBC. Оценивали предельную нагрузку задира при добавлении присадки-геомодификатора к маслу индустриальному И-20 и пластичной смазке Литол-24 (рис. 1).

Анализ приведенных материалов по испытаниям геомодификатора марки RVS позволяет сделать следующие выводы об изученном процессе трения сталей на выбранных нами режимах:

1. В испытанных условиях RVS-состав продемонстрировал значимое повышение смазочной способности минерального масла (в 1,3 раза) и пластической смазки (в 1,1 раза).

2. Введение RVS-состава повышает задиростойкость трибосопряжения для масла в 2,8 раза и для пластичной смазки в 1,6 раз.



**Рис. 1.** Результаты испытания добавки PBC на предельную нагрузку задира, Н

В результате проделанной работы можно заключить, что использование геомодификаторов трения в узлах трения пожарной техники повысит ее износостойкость и долговечность. Также это позволит тратить гораздо меньшее количество средств на ремонт техники и её техническое обслуживание.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Аратский П. Б. и др.* Сравнительные исследования влияния присадок к смазочным маслам на показатели трения и износа узлов ДВС. - Двигателестроение, 1999г., №2, с. 30-31.
2. *Аратский П. Б. и др.* Использование модификаторов трения нового поколения для повышения ресурса судовых дизелей. - Судостроение, 1999г., №3, с. 24-27.
3. *Погодаев Л.И., Дудко П.П., Кузьмин В.Н.* Износостойкость пар трения хром гальванический – серый чугун при использовании смазочных композиций с различными присадками. // Двигателестроение. 2000, № 4. С.32-37.



УДК 621.7.06

*А. М. Власов, В. А. Полетаев, Т. А. Пахолкова*

ФГБОУ ВО «Ивановский государственный энергетический университет (ИГЭУ)»

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК МАГНИТОЖИДКОСТНЫХ ГЕРМЕТИЗАТОРОВ**

Описана экспериментальная установка и результаты исследования эксплуатационных характеристик магнитожидкостных герметизаторов в зависимости от величин шероховатости и волнистости поверхностей полюсов и втулок из разных материалов, контактирующих с магнитной жидкостью разного типа.

**Ключевые слова:** шероховатость, волнистость, магнитное поле, ферромагнитная жидкость, температура.

*A. M. Vlasov, V. A. Poletaev, T. A. Pakholkova*

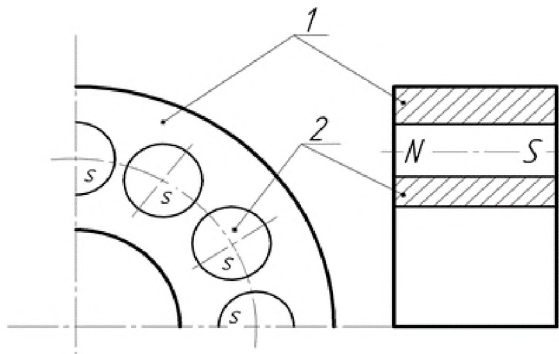
## **INVESTIGATION OF PERFORMANCE CHARACTERISTICS OF A MAGNETIC FLUID DOCK**

Described the experimental setup and the results of a study of ex-operational characteristics of a magnetic fluid dock, depending on the surface roughness and waviness of the surfaces of the poles and sleeves of different materials, contacting with magnetic fluid of different types.

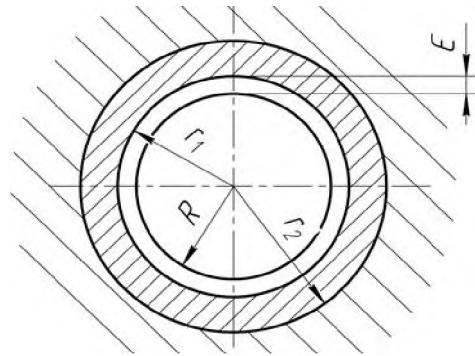
**Keywords:** roughness, waviness, magnetic field, ferromagnetic fluid, temperature.

Момент трения является одним из важнейших параметров электромеханических устройств. В магнитожидкостных герметизаторах (МЖГ) стремятся к снижению момента трения, определяющего внутренние тепловыделения и разогрев устройства. Поэтому представляет большой интерес исследование влияния на момент трения в МЖГ характера перераспределения магнитного поля около магнитопроводящей поверхности, где поле является неоднородным, и на каком удалении от поверхности неоднородность поля, вызванная шероховатостью и волнистостью, отсутствует. В зависимости от условий эксплуатации конструктивное исполнение МЖГ на основе нанодисперсных магнитных жидкостей очень разнообразно, как и величина рабочего зазора в них. Дальнейшее развитие и применение МЖГ требуют тщательного моделирования и расчета их магнитных систем с учетом строения рабочего зазора в них в зависимости от величины шероховатости и волнистости внутренних поверхностей магнитных полюсов и наружных поверхностей валов из различных материалов, контактирующих с магнитной жидкостью разных марок, а также свойств и особенностей поведения магнитных жидкостей в различных условиях, влияющих на изменение моментов трения. В случае необходимости герметизации вала большого диаметра, когда нет возможности выполнить цельный постоянный магнит, его выполняют сборным из большого числа элементов. Чаще всего для этого изготавливается дисковый сепаратор 1 из немагнитного материала, и который и укладываются стандартные дисковые постоянные магниты 2 (рис. 1).

В условиях жидкостной (гидродинамической) смазки между поверхностями трения взаимодействующих деталей возникает зазор, превышающий сумму максимальных высот микронеровностей и волн этих поверхностей. Подшипники скольжения со смазочной магнитной жидкостью и магнитожидкостные уплотнения [1-2], как правило, просты по конструкции (рис.2.).



**Рис. 1.** Дисковый сепаратор:  
1–сепаратор; 2–магниты



**Рис. 2.** Схема магнитожидкостного герметизатора при гидродинамической (жидкостной) смазке

Из-за различия в размерах вала и втулки между ними имеется радиальный зазор, заполненный ферромагнитной жидкостью:

$$\varepsilon = r_1 - R, \quad (1)$$

где  $r_1$  – внутренний радиус втулки;  $R$  – радиус вала.

Толщина слоя магнитной жидкости и зависит от угловой скорости и вязкости магнитной жидкости. Чем больше эти параметры, тем больше  $h$ . При установившемся режиме работы толщина  $h$  слоя магнитной жидкости должна быть больше суммы микронеровностей полюса  $R_{z1}$  и вала (втулки)  $R_{z2}$ , (рис.3).

Момент трения является одним из важнейших параметров магнитожидкостных герметизаторов, оказывающий влияние на величины передаваемых моментов и мощности. На момент трения магнитожидкостных герметизаторов влияют вязкость используемой магнитной жидкости, напряженность магнитного поля, градиент скорости сдвига в рабочем зазоре устройства, величина рабочего зазора, включающая величины шероховатости поверхностей полюсов и втулки, контактирующих с магнитной жидкостью, а изнашивание контактирующих поверхностей здесь практически исключается.

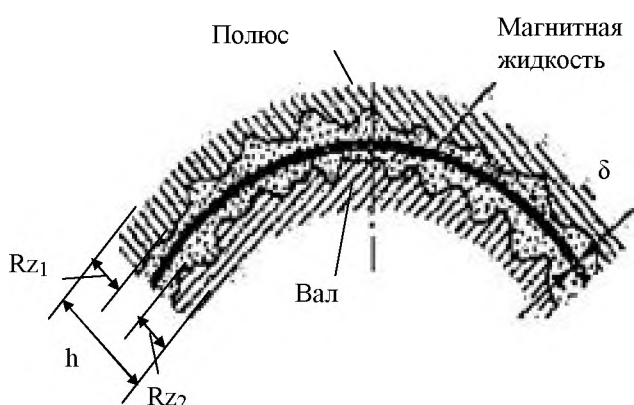
Для определения момента сопротивления вращения вала, обусловленного трением с магнитной жидкостью (момента трения) воспользуемся формулой Н.П. Петрова, справедливой при ламинарном течении жидкости между соосными цилиндрами, один из которых вращается и малом зазоре между ними

$$M_{\text{тр}} = \eta \cdot R \cdot S \cdot \omega / \delta \quad (2)$$

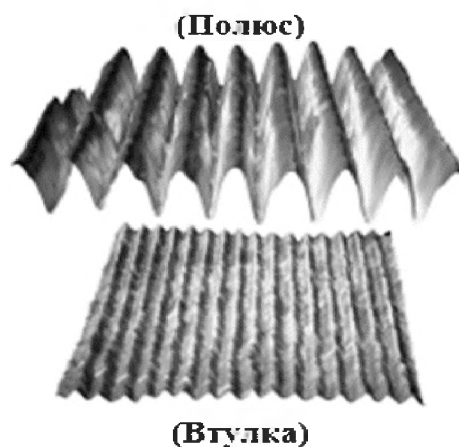
где  $\eta$  – динамическая вязкость жидкости,  $R$  – радиус вращающегося вала, соприкасающегося с магнитной жидкостью;  $U$  – окружная скорость вала;  $\delta$  – зазор между валом и полюсом, заполненный жидкостью;  $S$  – площадь соприкосновения прослойки магнитной жидкости с валом.

Фактическая площадь контакта в рабочем зазоре магнитожидкостных герметизаторов определяется не только площадью соприкосновения прослойки магнитной жидкости с валом, а суммой площадей внутренней поверхности съемного полюса и наружной поверхности сменной втулки с прослойкой из ферромагнитной жидкости [3].

На рис. 4 показана разработанная модель рабочего зазора магнитожидкостного герметизатора, образованного поверхностями с разной величиной шероховатости [4].



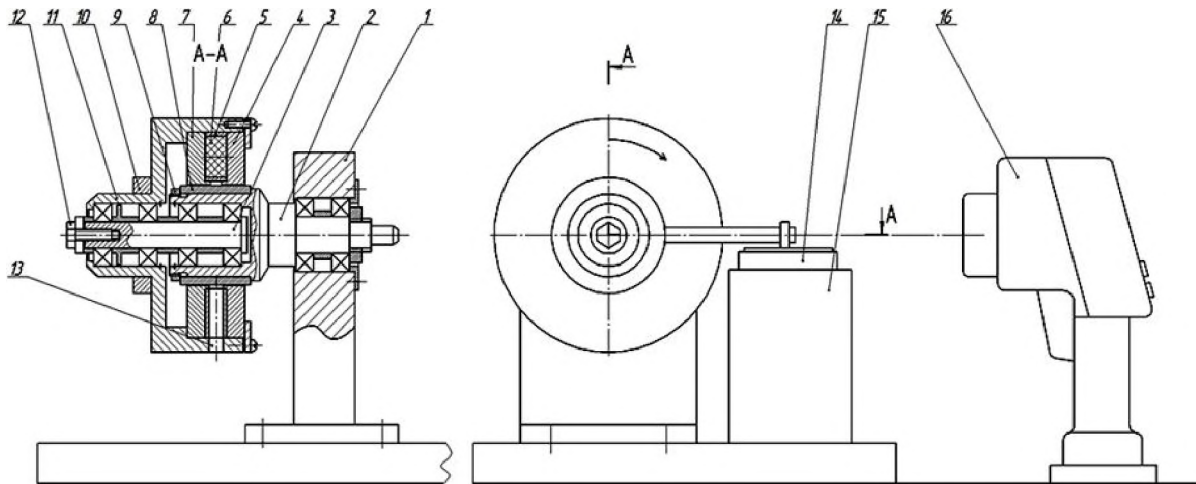
**Рис. 3.** Слой магнитной жидкости при установившемся режиме работы:  $\delta$  – радиальный зазор;  $h$  – толщина слоя магнитной жидкости;  $R_{z1}$  – величина микронеровностей полюса;  $R_{z2}$  – величина микронеровностей вала (втулки)



**Рис. 4.** Модель рабочего зазора, составленного из поверхностей втулки (сталь 40Х13) с шероховатостью  $R_a=0,945$  мкм ( $R_z = 4,026$  мкм) и полюса (сталь 3) с шероховатостью  $R_a=3,301$  мкм ( $R_z = 14,333$  мкм)

Для определения влияния вязкости используемой магнитной жидкости, температуры, напряженности магнитного поля, частоты вращения вала, величин шероховатости  $R_a$  и волнистости поверхностей сменных втулок и полюсов на момент трения в рабочем зазоре магнитожидкостного герметизатора использовалась установка с радиальным магнитожидкостным уплотнением [5-6], представленная на рис. 5.

Магнитная жидкость размещается с равномерным рабочим зазором с однородным магнитным полем между сменными полюсами 4 и сменной втулкой 9. Источником магнитного поля являются цилиндрические постоянные магниты 6, равномерно размещенные по окружности между полюсными приставками. Вал 2 приводится в движение электродвигателем с регулируемой скоростью вращения. Момент трения, создаваемый магнитной жидкостью и опорными подшипниками, передается на магнитную систему устройства и измеряется электронными весами 14. Температура на поверхности сменной втулки 8 измеряется через отверстие 13 при помощи тепловизора 16.



**Рис. 5.** Схема экспериментальной установки: 1 – стойка; 2 – подвижный вал; 3 – неподвижный вал; 4 – съемный полюс; 5 – диск (обойма); 6 – магнит; 7 – съемный полюс; 8 – сменная втулка; 9 – гайка; 10 – хомут; 11 – корпус; 12 – болт; 13 – отверстие для измерения температуры; 14 – весы; 15 – стойка; 16 – тепловизор

Для проведения исследований применялся тепловизор Testo 882 с размером матрицы 320x240 пикселей, температурной чувствительностью  $< 60$  мК при  $30^{\circ}\text{C}$ . Температурный диапазон  $-20^{\circ}\text{C} \dots +100^{\circ}\text{C}$ . Погрешность измерения  $\pm 2\%$  от величины показания. При измерении температуры применялся коэффициент излучения 0,95.

Для исследований использовались магнитные жидкости технического назначения, изготовленные в Проблемной научно-исследовательской лаборатории прикладной феррогидродинамики Ивановского государственного энергетического университета (ПНИЛ ПФГД ИГЭУ).

Разработанная экспериментальная установка позволяет проводить исследования изменения температуры и моментов трения в рабочих зазорах магнитожидкостных герметизаторов в зависимости от величины шероховатости и волнистости поверхностей полюсов и втулок из разных материалов, контактирующих с магнитной жидкостью разного типа.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Перминов С.М., Перминова А.С., Полетаев В.А.* Патент № 22531070 РФ. Магнито-жидкостное уплотнение вала с пониженным моментом трения; опубл. 20.10.2014, Бюлл. №29. 2с.

2. *Перминов С.М., Перминова А.С., Полетаев В.А.* Патент № 2536863 РФ. Способ повышения ресурса и надежности устройств с нанодисперсной магнитной жидкостью; опубл. 20.12.2014, Бюлл., №36.2с

3. *Полетаев В.А., Власов А.М., Пахолкова Т.А.* Расчет фактической площади контакта в подшипниках скольжения при гидродинамической (жидкостной) смазке. *Полетаев В.А., Власов А.М., Пахолкова Т.А.* // Трение и смазка в машинах и механизмах: журнал. Москва: ОООНТИ «Машиностроение» 2014. №11. С.26–31

4. *Власов А.М., Полетаев В.А., Пахолкова Т.А.* Построение трехмерной модели шероховатой поверхности. *А.М. Власов, В.А. Полетаев, Т.А. Пахолкова* // Новые материалы и

технологии в машиностроении: сборник научных трудов. Брянск: Брянская государственная инженерно-технологическая академия. 2014. №20. С.19–22.

5. *Поletaев В.А., Пахолкова Т.А., Власов А.М.* Установка для исследования величины рабочего зазора на момент трения магнитожидкостных устройств. *В.А. Поletaев, Т.А. Пахолкова, А.М. Власов*, //Трение и смазка в машинах и механизмах: Журнал. - Москва: ООО НТИ «Машиностроение».№ 9. 2013 С.29–31

6. *Перминов С.М., Поletaев В.А.* Распределение магнитного поля в рабочем зазоре и окружающем магнитную систему пространстве магнитожидкостных герметизаторов / *С.М. Перминов, В.А. Поletaев* //16-я Международная Плесская научная конференция по нанодисперсным магнитным жидкостям, (Плес 9-12 сентября, 2014)Россия: сборник научных трудов. Иваново: ФГБОУВПО «Ивановский государственный энергетический университет им. В. И. Ленина».2014.С.401–410

УДК 621.822

*В. А. Годлевский, М. В. Колбашов, Ю. Н. Моисеев*

ФГБОУ ВО «Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России»

## **ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ПОЛИМЕРНЫХ АНТИФРИКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ В УЗЛАХ ТРЕНИЯ ПОЖАРНОЙ ТЕХНИКИ**

С целью оценки перспектив дальнейшего использования в узлах трения пожарной техники проведены сравнительные испытания на трение и изнашивание ряда антифрикционных полимерных материалов и одной марки спеченного бронзографита.

**Ключевые слова:** трибология, пожарная техника, узел трения, полимерные антифрикционные материалы.

*V. A. Godlevskiy, M. V. Kolbashov, Yu. N. Moiseev*

## **PERSPECTIVES OF ANTI-FRICTIONAL POLYMER MATERIALS APPLICATION IN FRICTION UNITS OF FIREFIGHTING EQUIPMENT**

In order to assess the prospects for further use in the units of firefighting equipment the various anti-frictional polymer materials were tested on friction and wear parameters. Also for comparison one sort of sintered graphitized bronze was investigated.

**Keywords:** tribology, firefighting equipment, friction units, anti-frictional polymer materials.

Полимерные материалы широко применяются в узлах трения современных машин и механизмов. Применение пластмасс позволяет увеличить надежность и ресурс машин, улучшить их эксплуатационные, технико-экономические характеристики и технологичность, отказаться от дефицитных сплавов цветных металлов и снизить стоимость машин [1].

Пластмассы подразделяются на термопластичные и термореактивные. К термопластичным относятся пластмассы с линейной или разветвленной структурой полимеров, свойства которых обратимо изменяются при многократном нагревании и ох-

лаждении. К термореактивным пластмассам относятся полимеры, в которых при термическом воздействии возникают реакции химического связывания цепных молекул друг с другом с образованием сетчатого строения. Такие пластмассы не могут переходить в пластичное состояние при повышении температуры без нарушения пространственных связей в структуре полимера.

Полимеры (термопластичные и термореактивные) могут использоваться в качестве антифрикционных материалов, как в чистом виде, так и в виде композиционных материалов с различными наполнителями. Из полимерных материалов изготавливают зубчатые колеса, шкивы, трущиеся элементы подшипников скольжения, кулачковых механизмов, направляющих, уплотнений, сепараторы шарикоподшипников, втулки шарниров и т.д.

Антифрикционные материалы на основе термопластов отличает высокая технологичность, низкая себестоимость, хорошие демпфирующие свойства. Детали из термопластов изготавливают высокопроизводительными методами - литьем под давлением и экструзией; крупногабаритные детали - центробежным литьем, ротационным формованием, анионной полимеризацией мономера непосредственно в форме, нанесением антифрикционных покрытий из расплавов, порошков, дисперсий.

Термореактивные полимеры обрабатываются преимущественно методами компрессионного и литьевого прессования, они более прочны и термостойки. Порошкообразные термореактивные композиции наносят на трущиеся поверхности деталей в виде тонких покрытий. В качестве антифрикционных термопластичных материалов наиболее широко используют полиамиды (капрон, П68, П6, П12 и др.), обладающие низким коэффициентом трения и высокой износостойкостью и работающие при температуре от  $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$  до  $+80\text{ }^{\circ}\text{C}$ . К недостаткам полиамидов следует отнести их относительно высокое водо- и маслопоглощение. Деталям из полиамидов свойственна хорошая сопротивляемость воздействию циклических нагрузок, возможность работы без смазки в паре с закаленной сталью. Коэффициент трения полиамидов по стали без смазки 0,1–0,2, со смазкой маслом - в пределах 0,05–0,10.

Для повышения механических свойств полиамиды армируют волокнистыми и другими материалами, а для улучшения антифрикционных свойств в них вводят различные твердосмазочные графитоподобные компоненты. Полимерные поверхности трения присутствуют во многих узлах пожарной техники. Они являются деталями автомобильной трансмиссии, подъемных устройств и других многочисленных узлов. Кроме того, материал современных пожарных рукавов часто содержит износостойкие и эластичные слои полимеров. В связи с этим, в контексте выбора оптимального полимерного продукта для узла трения была поставлена задача выполнить сравнительные испытания нескольких полимерных подшипниковых материалов при трении в паре со стальной поверхностью. В опытах использовали следующие марки полимеров (таблица). Для сопоставления испытаниям подвергали еще один перспективный антифрикционный материал – бронзографит. Условия испытания на приборах отличаются от действительных условий работы смазочных материалов в реальных машинах. Однако преимущества лабораторных испытаний способствуют их широкому применению, особенно для разработки новых наполнителей и смазочных композиций. В настоящей работе для оценки и сравнения полимерных материалов были исследованы триботехнические характеристики: зависимости коэффициента трения от приложенной нагрузки, величины износа от пути трения при постоянной нагрузке и зависимость интенсивности изнашивания от приложенной нагрузки при фиксированном пути трения.

Таблица. Избранные для испытаний подшипниковые антифрикционные материалы

№ п/п	Наименование материала	Марка	Условное обозначение
1.	Полиэтилен низкого давления	ПЭ80Б-275 (ПЭ80Б-285)	П1
2.	Полиэтилен высокого давления	ПЭ2НТ15-5	П2
3.	Полиамид	ПА6-ЛПО-Т18	П3
4.	Тефлон	ТЕ 9302-N	П4
5.	Бронзографит	БР4	П5

Кроме триботехнических характеристик, разработанные наполнители оказывают действие на поверхностный слой материалов пары трения. Поэтому для сравнения действия антифрикционных материалов в данной работе фиксировалось изменение микротвердости поверхностного слоя деталей пары трения в зависимости от нагрузки при фиксированном пробеге и изменение микротвердости поверхностного слоя деталей пары трения от пути трения при постоянной нагрузке. Эти характеристики определяют границы работоспособности пары трения.

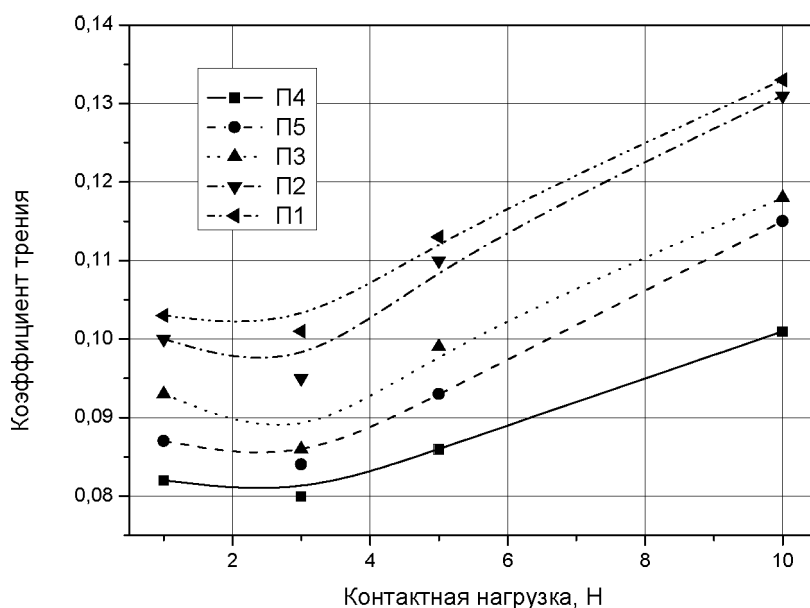
Испытания исследуемых материалов проводилось в несколько этапов 1) физико-механические испытания образцов; 2) испытание материалов на трение и износ в лабораторных условиях на машинах трения по определению параметров износостойкости материалов. Проводилась оценка влияния различных наполнителей к смазкам, на поверхности трения используемых материалов и режимов трения на триботехнические характеристики смазки с наполнителем; 3) испытания контактирующей пары на трение и износ при различных режимах.

Исследование триботехнических характеристик композиционных материалов проводилось на машинах для испытания материалов на трение и износ моделей СМЦ-2. Момент трения на валу вращающегося диска измерялся с помощью бесконтактного индуктивного датчика.

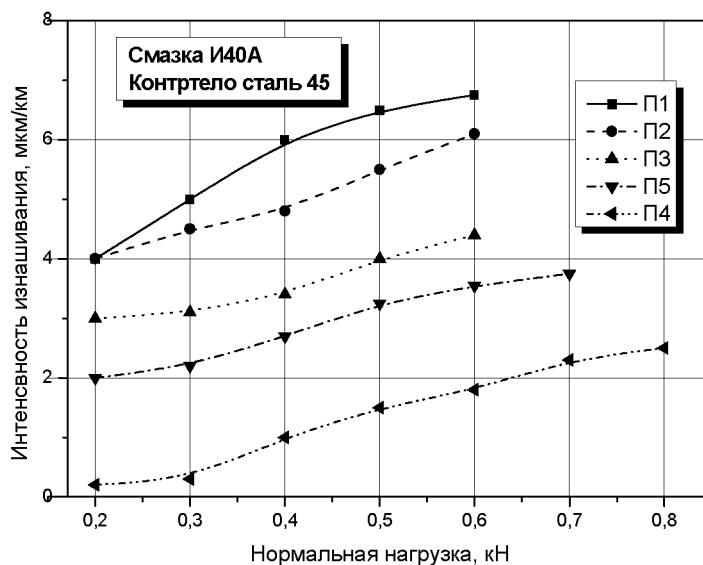
В начальной серии экспериментов были получены зависимости коэффициента трения от нагрузки. Далее нами выполнялись эксперименты по исследованию процесса изнашивания. Мы выявили, как влияет полимерный материал на интенсивность изнашивания по сравнению с индивидуальным или отдельным введением присадок (рис. 1). На рисунке можно также наблюдать аномально низкое изнашивание поверхности трения в случае применения материала П4.

Далее нами выполнялись эксперименты по исследованию процесса изнашивания. Мы выявили, как влияет полимерный материал на интенсивность изнашивания по сравнению с индивидуальным или отдельным введением присадок (рис. 1). На рисунке можно также наблюдать аномально низкое изнашивание поверхности трения в случае применения материала П4.

Рис. 2 дает представление о том, как меняется коэффициент трения в зависимости от пути трения. Графики не только дают возможность сравнить антифрикционную эффективность разных материалов, но и показывают кинетику приработочного процесса. Близкое ранжирование испытанных материалов по эффективности было обнаружено и для зависимости интенсивности изнашивания от пути трения. Здесь так же обнаруживается наилучшее действие композитной присадки П4.



**Рис. 1.** Зависимость коэффициента трения от контактной нагрузки при трении образцов антифрикционных материалов в паре со сталью 45. Смазочное материал масло индустриальное И40. П1 – П5 – условные обозначения полимерных материалов согласно таблице



**Рис. 2.** Зависимость интенсивности изнашивания пары сталь 45 – антифрикционный материал от нормальной нагрузки в присутствии масла И40А (обозначение материалов см. таблицу)

Таким образом, по основным трибологическим характеристикам при трении в среде минерального масла по параметрам коэффициента трения и интенсивности изнашивания наилучшие данные показал тефлон (политетрафторэтилен). Этот материал хорошо известен уникальными антифрикционными свойствами, широко применяется в разнообразных парах трения, однако, его применение ограничено пониженной несущей способностью и склонностью к пластическому течению поверхностей.



Тем не менее, имеются указания на то, что путем легирования тефлона наноразмерными наполнителями, например, фуллеренами, имеется возможность обеспечить новый подшипниковый материал набором необходимых свойств для успешного применения в узлах трения машин, в том числе пожарно-технического назначения [2].

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мошков Ю.К., Овчар З.Н., Байбарацкая М.Ю., Мамаев О.А. Полимерные композиционные материалы в триботехнике. М.: Недра, 2004. 262 с.
2. Гинзбург Б.М. Структура, термические и трибологические свойства фуллеренсодержащих композиций. 3-я международная научно-технич. конф. «Полимерные композиты в триботехнике. Проблемы создания и применения. Опыт эксплуатации». 26-28 апреля 2005г. С.-Петербург. ЦНИИ КМ «ПРОМТЕЙ»

УДК 621.891

**В. А. Годлевский, Р. И. Харламов, В. А. Сандлер\*, С. Диарра\***  
 ФГБОУ ВО «Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России»  
 \*ФГБОУ ВО «Ивановский государственный университет»

### ПРИМЕНЕНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ИССЛЕДОВАНИЯ СМАЗОЧНОГО СЛОЯ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЕГО СУПРАМОЛЕКУЛЯРНОЙ УПОРЯДОЧЕННОСТИ

Исследовали пару трения в присутствии смазочного слоя путем измерения силы трения, и электрических параметров слоя фрикционного *in situ*. Показано, что чувствительность измерительной схемы является достаточной не только для оценки слоя гидродинамической смазки, но и для, граничного слоя, сформированного мезогенными ПАВ.

**Ключевые слова:** смазочный слой, электрическая характеристика, супрамолекулярная упорядоченность.

**V. A. Godlevskiy, R. I. Harlamov, V. A. Sandler, S. Diarra**

### ELECTRIC METHOD APPLICATION FOR ESTIMATION OF LUBRICATION LAYER'S SUPRAMOLECULAR ORGANIZATION

The friction couple in the presence of lubrication layer was investigated by measurement of friction force and electrical parameters of layer *in situ*. It was shown that the sensibility of the measurement scheme proposed was quite enough for evaluation of hydrodynamic lubricating layers as far as layers formed by mesogenic boundary-active additive.

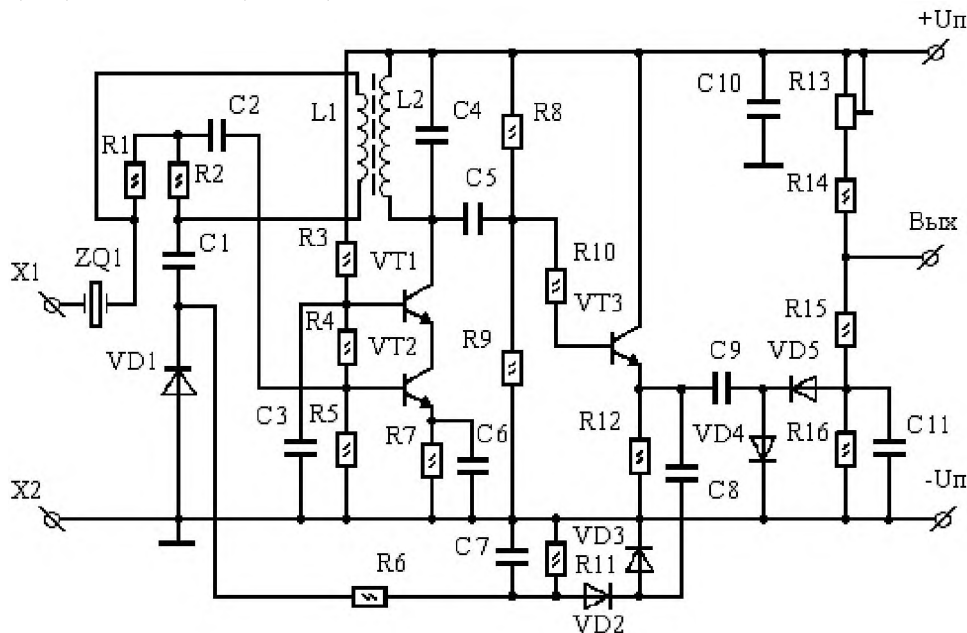
**Keywords:** lubrication layer, electrical characteristic, supramolecular organization

Известно, что толщина смазочного слоя и особенности его строения имеют устойчивую связь с электрическими характеристиками контактной зоны [1]. Особенно информативны в этом смысле электропроводность и электрическая емкость смазочного

слоя. Поскольку многие смазочные материалы по своей природе являются диэлектриками, то при реализации режима гидродинамической или эластогидродинамической смазки (толщина смазочного слоя порядка  $10^{-5}$  и  $10^{-7}$  м соответственно) значения контактного сопротивления составляют  $R_c$   $10^4 \dots 10^6$  Ом и более. Вместе с тем локальные разрушения смазочной пленки при смешанном режиме трения сопровождаются кратковременными флуктуациями  $R_c$  до величины порядка  $10^{-2} \dots 10^{-1}$  Ом) [2].

Это позволяет использовать электрические методы для оценки способности смазочной плёнки эффективно разделять поверхности трения, проводить оценку толщины, сплошности, несущей способности и структурных особенностей смазочного слоя. Формирование поверхностных надмолекулярных структур, адсорбция, поляризация молекул и другие граничные эффекты, несомненно, должны находить отражение в электрических свойствах слоя. Большинство электрических методов в трибологии основаны на применении постоянного тока [1, 2]. К основным недостаткам его использования следует отнести: а) поляризацию смазочного материала; б) неконтролируемый массоперенос в пределах слоя.

Для исключения основных недостатков применения постоянного тока было предложено проводить измерения контактного сопротивления на переменном токе. Контролируемой величиной являлась активная составляющая полного сопротивления контакта  $R_d$ . Если представить контактную зону в виде емкостной ячейки, то сопротивление  $R_d$  характеризует потери в диэлектрике. Для измерения сопротивления  $R_d$  применяют резонансные методы измерений, основанные на использовании LC колебательных контуров, но в связи с ограниченной величиной реальной добротности  $Q$  используемых LC колебательных контуров ( $Q = 100 \dots 450$ ), резонансные методы характеризуются недостаточно широким диапазоном измерений. В качестве измерительного прибора поэтому был выбран в качестве колебательного контура кварцевый резонатор (КР) с  $Q > 10^4$  (Рис.1).



**Рис. 1.** Принципиальная электрическая схема для измерения активного сопротивления пары трения в присутствии смазочной среды

В данном устройстве используется как управляемая параметрами диэлектрика высокочастотная колебательная система, изменение характеристик которой регистрируется измерителем активного сопротивления кварца [4]. Эквивалентное активное сопротивление цепи «кварцевый резонатор – ёмкостный датчик» рассчитывается согласно выражению:

$$R = R_q \cdot \left(1 + \frac{C_0}{C_d}\right)^2 + \frac{R_0}{1 + \omega^2 \cdot C_0^2 \cdot R_0^2}, \quad (1)$$

где:  $R_d$  – сопротивление потерь датчика;  $R_q$  – эквивалентное активное сопротивление КР;  $\omega$  – циклическая частота колебаний КР;  $C_0$  – межэлектродная ёмкость КР;  $C_d$  – ёмкость датчика.

КР ZQ1 и пара трения образуют измерительное плечо моста Уитстона, состоящего из элементов  $R_1$ ,  $R_2$ ,  $C_1$  и  $VD_1$ . Ёмкость  $C_1$  и диод  $VD_1$  образуют эталонное плечо, где диод является компенсационным элементом. Измерительный мост включен в цепь обратной связи каскодного усилителя, выполненного на транзисторах  $VT_1$  и  $VT_2$ , нагрузкой которого является колебательный контур  $L_1C_4$ , настроенный на частоту КР.

Схема настроена так, что при разбалансировке измерительного моста возникает автогенерация. Режим и амплитуда колебаний поддерживаются автоматически за счёт подачи детектируемого выходного напряжения усилителя на компенсационный элемент  $VD_1$ . Изменение активного сопротивления измерительного плеча приводит к соответствующему изменению напряжения на компенсационном элементе, активное сопротивление которого изменяется таким образом, чтобы восстановить прежнее значение разбаланса моста. Компенсационное напряжение со второго детектора  $VD_4$ ,  $VD_5$  через согласующий усилитель подаётся на самописец. Градуировочная кривая имеет логарифмический вид, что расширяет диапазон измерения сопротивления  $R$  до 6 кОм.

В конструкции установки используется схема трения «палец—диск», где палец имеет сферическую поверхность ( $\varnothing$  6 мм). Материал пальца и диска — закаленная сталь ШХ-15 и Р6М5 соответственно. Схема узла трения представлена на рис. 2. К электрическим контактам  $X_1$  и  $X_2$  подключают выводы КД. Контакт  $X_1$  представляет собой полый цилиндр 1, жёстко закреплённый на корпусе установки. Цилиндры 1 и 2 образуют воздушный конденсатор  $C = 135$  пФ, где цилиндр 2 может совершать вращательное движение. Контакт  $X_2$  является зажимной винт блока индентора 4. Нагрузочный столик 11 и скоба 12 выполнены из непроводящих материалов. Скоба с укрепленным на ней корпусом 13 держателя шарика индентора 14 крепится к уравновешенному рычагу с горизонтальной осью крепления.

Несущим элементом установки является ось 10 радиально-осевого подшипника скольжения, где укреплен предметный столик 5. Крутящий момент оси 10 сообщается через шкив 7, где укреплен пластина стробоскопа 8 вместе с фотодатчиком 15, используемая для контроля частоты вращения оси 10. Эквивалентная электрическая схема замещения цепи исследуемой пары трения представлена на рис. 2.

Исследуемый контакт представлен параллельной схемой замещения: емкостью  $C_d$  и сопротивлением потерь  $R_d$ . Искомое сопротивление потерь в зоне контакта определяется из выражения (1). Изучали процесс трения в среде минеральных масел различной вязкости И-40А, И-20А и И-12А (ГОСТ 20799-75). Все измерения осуществлены на частоте 1 МГц, поскольку кварцевый диэлькометр, должен измерять сопротивление в диапазоне от 100 до  $10^6$  Ом. Из уравнения (1) следует необходимость измерения емкости пары трения, для чего решено применить частотный метод. Выражение для расчета емкости имеет вид:

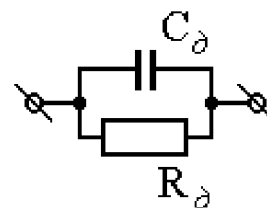


Рис. 2. Эквивалентная электрическая схема замещения цепи пары трения

$$C_n = \frac{C_q}{(f'/f)^2 - 1} - C_0, \quad (2)$$

где  $C_n$  – искомая емкость;  $C_q$  – эквивалентная емкость КР;  $f$  – частота последовательного резонанса КР;  $f'$  – частота резонанса КР с определяемой емкостью;  $C_0$  – межэлектродная ёмкость КР.

На рис. 3 представлены экспериментальные данные измерения емкости  $C$  и сопротивления  $R$  пары трения в присутствии масла И-40А. Результаты измерения емкости и сопротивления для различных масел представлены на рис. 4. Расчеты сопротивления  $R$  выполнены исходя из приведенных величин емкости  $C$  пары трения.

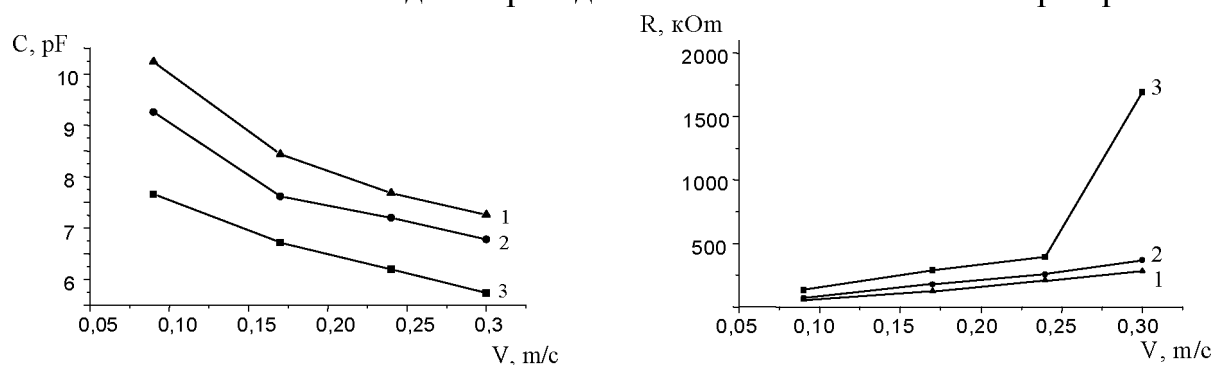


Рис. 3. Зависимость емкости  $C$  и сопротивления  $R$  пары трения от скорости скольжения для индустриального масла И-40А при различных нагрузках: 1 – 0.9Н; 2 – 0.5Н; 3 – 0.2Н

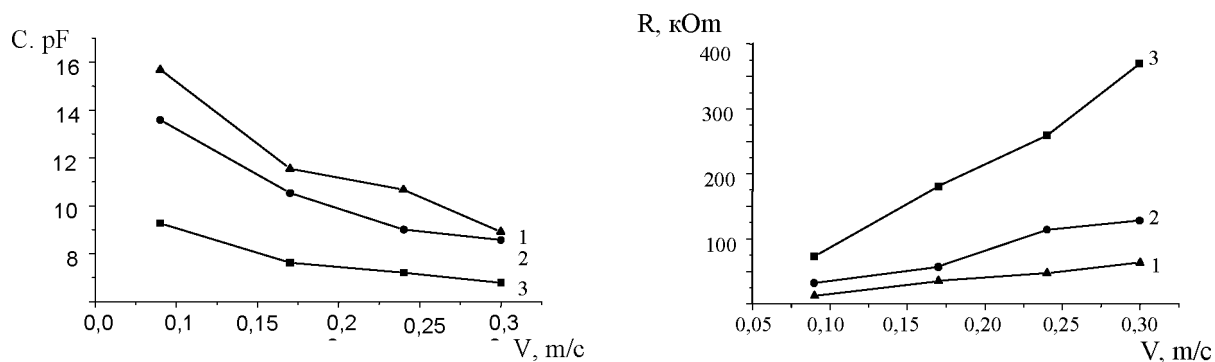
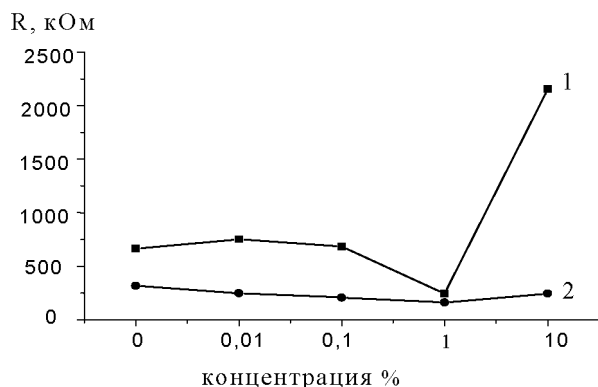


Рис. 4. Зависимость емкости  $C$  и сопротивления  $R$  пары трения от скорости скольжения при нагрузке 0.5Н для различных масел: 1 –И-12А; 2 – И-20А; 3 – И-40А



**Рис. 5.** Зависимость сопротивления  $R$  пары трения от концентрации олеиновой кислоты в вазелиновом масле при нагрузке  $0,5Н$  для различных скоростей скольжения: 1 –  $0,3$  м/с; 2 –  $0,09$  м/с

В таблице представлены данные об изменении емкости пары трения в присутствии  $0,01\%$  раствора олеиновой кислоты по отношению к чистому растворителю. На рис. 5 представлены кривые изменения активной составляющей сопротивления. Резкий рост сопротивления на кривой 1, по-видимому, обусловлен эффектом структурирования слоя.

**Таблица.** Изменение электрической емкости пары трения (в %) при введении  $0,01\%$  масс. олеиновой кислоты в вазелиновое масло для двух уровней скорости скольжения  $V$  и нагрузки

$V = 0,09$ м/с		$V = 0,3$ м/с	
Нагрузка		Нагрузка	
0,5 Н	0,9 Н	0,5 Н	0,9Н
+6,1%	+11,4%	+1,6%	+5,6%

Таким образом предложена методика которая позволяет при различных скоростях и нагрузках определять ёмкость  $C$  и активную составляющую сопротивления  $R$  смазочного слоя.

Установлено, что предлагаемая методика диагностики смазочного слоя может быть распространена не только на слои смазки в гидродинамическом режиме, но и на гораздо более тонкие адсорбированные слои граничной смазки.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Свириденко А.И., Мьшкін Н.К., Калмыкова Т.Ф., Холодильов О.В. Акустические и электрические методы в триботехнике. Минск: Наука и техника, 1987.
2. Кончиц В.В. Электропроводность точечного контакта при граничной смазке // Трение и износ. 1991. Т. 12, № 2. С. 267-277.
3. Савченко В.Е. Энергетический метод измерения неэлектрических величин с помощью кварцевых резонаторов. // Инженерно-физический журнал, 1997. Т. 70, № 1. С. 163-166.

УДК 621.891

*Г. В. Даровской, В. Н. Поляков, А. Р. Шайхиев*

ФГБОУ ВО «Ростовский государственный университет путей сообщения»

## **РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ИССЛЕДОВАНИЯ ДЛИТЕЛЬНОСТИ СУЩЕСТВОВАНИЯ СПЛОШНОЙ СМАЗОЧНОЙ ПЛЕНКИ**

Разработана, апробирована и внедрена в практику трибологических исследований методика исследования длительности существования сплошной смазочной пленки методом электропроводимости в тяжело нагруженных неконформных сопряжениях, позволяющая существенно сократить трудоемкость проведения процедуры испытаний и увеличить точность получаемых экспериментальных данных.

**Ключевые слова:** Тяжелонагруженные неконформные сопряжения, длительности существования сплошной смазочной пленки, трибологические исследования, машина трения, метод электропроводимости.

*G. V. Darovskoy, V. N. Polyakov, A. R. Shayhiev*

## **DEVELOPMENT OF A METHOD TO STUDY THE DURATION OF THE EXISTENCE OF A CONTINUOUS LUBRICANT FILM**

A technique for studying the lifetime of a continuous lubricating film by the method of electrical conductivity in heavily loaded nonconformal conjugation has been developed, tested and introduced into the practice of tribological studies, which makes it possible to significantly reduce the laboriousness of carrying out the test procedure and to increase the accuracy of the experimental data.

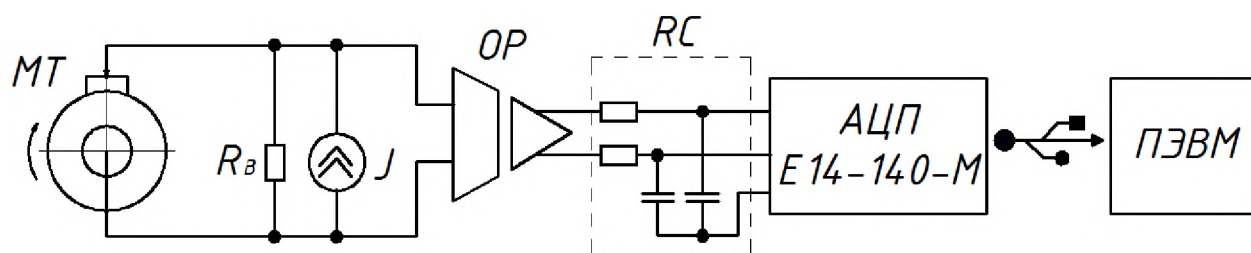
**Keywords:** heavy non-conformal conjugations, duration of the existence of a continuous lubricant film, tribological studies, friction machine, electric conductivity method.

Аналитический обзор показал, что в настоящее время оборудование для оценки условий смазывания в неконформных сопряжениях отечественной промышленностью не выпускаются. Поэтому при проведении экспериментов обычно применяются оригинальные лабораторные установки, которые включают в себя набор стандартного оборудования [1, 4].

Это приводит к увеличению трудоемкости подобных испытаний из-за систематической градуировки измерительной системы, что в свою очередь оказывает влияние на процесс регистрации условий смазывания.

В настоящее время широкое распространение получил метод измерения относительной длительности существования промежуточного смазочного слоя, т.к. его применение не требует внесения изменений в конструкцию узла трения.

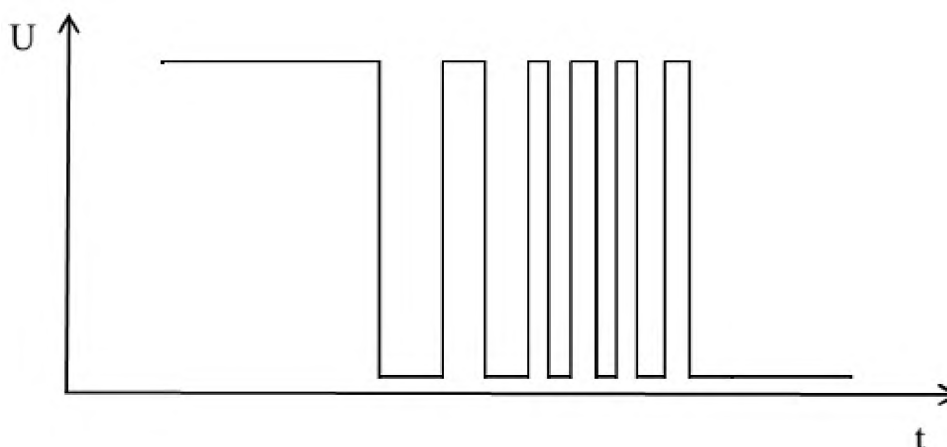
Для автоматизации процесса измерения длительности существования сплошной смазочной пленки (ДСП) в тяжело нагруженных неконформных сопряжениях авторами разработан и внедрен в практику трибологических исследований прибор, функциональная схема которого показана на рис. 1.



**Рис. 1.** Функциональная схема прибора для измерения длительности существования сплошной смазочной пленки: *MT* – машина трения; *R<sub>B</sub>* – балластный резистор; *J* – источник тока; *OP* – операционный усилитель; *RC* – интегрирующая цепочка

Принцип действия прибора основан на методе электропроводимости, который применяется для определения времени, в течение которого существует контакт (металлический или смазочная пленка).

К паре трения «ролик-колодка» машины трения подключаются провода от входа датчика. Источник тока *J* формирует ток 1мА на балластном резисторе *R<sub>B</sub>* и подключенном параллельно переходном сопротивлении. При отсутствии разрывов масляной пленки падение напряжения определяется током балластного резистора. При появлении разрывов уменьшается общее сопротивление и падение напряжения на переходном сопротивлении. На входе операционного усилителя появляются «провалы» напряжения различной длительности и частоты, которая зависит от состояния масляной пленки. Соответственно чем больше разрывов масляной пленки, тем больше длительность «провалов» напряжения и выше их частота (рис. 2).

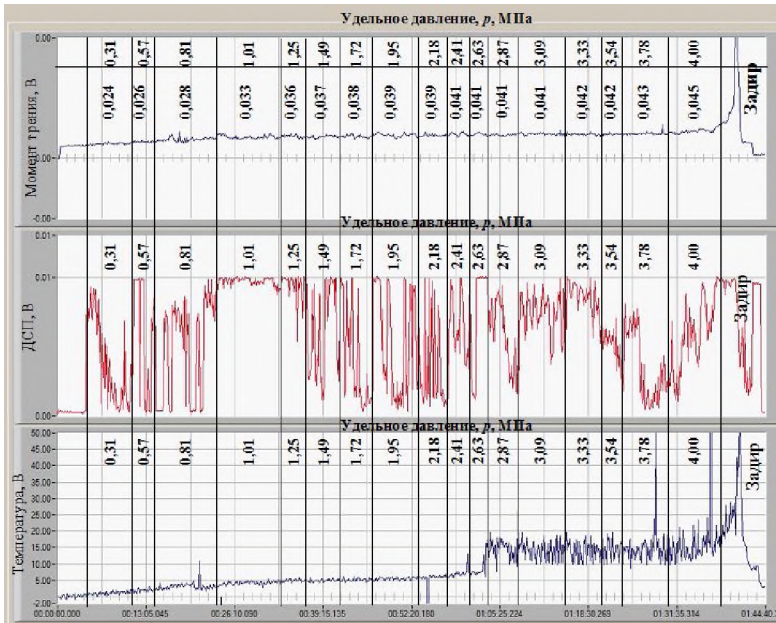


**Рис. 2.** Напряжение на переходном сопротивлении пары трения

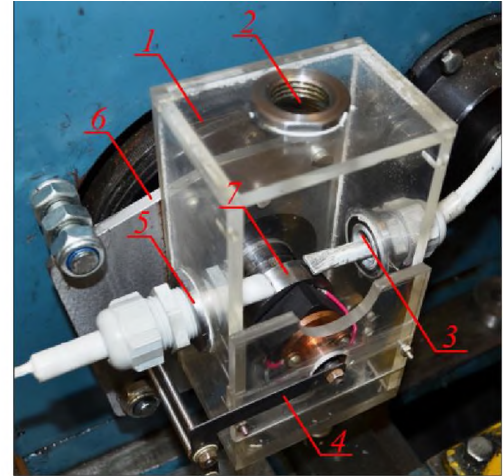
Операционный усилитель *OP* нормализует измеренное напряжение с гальванической развязкой цепей измерения и регистрации. Для преобразования импульсной последовательности в аналоговый сигнал на выходе операционного усилителя установлена интегрирующая *RC* цепочка. Далее аналоговый сигнал регистрируется с помощью АЦП и передается на экран монитора компьютера (рис. 3).

Апробация устройства осуществлялась на модернизированной машине трения ИИ 5018, зав. № 17 [2] при исследовании жидких смазочных материалов [3].

Испытательная камера заводской конструкции имеет ряд существенных недостатков: большой вес, трудоемкость установки на машину трения, подтекание смазочного материала, отсутствие обзора за ходом испытаний. В результате была разработана новая конструкция камеры из органического стекла, которая устраняет недостатки заводской (рис. 4).



**Рис. 3.** Осциллограмма изменения момента трения, ДСП при  $n=1000$  об/мин в паре трения сталь 45 – сталь-углеродное монокристаллическое покрытие с подачей смазочного материала И-20А



**Рис. 4.** Разработанная испытательная камера: 1 – корпус; 2, 3 – отверстия для подачи смазочного материала; 4 – нижний токосъемник; 5 – отверстие для термопары; 6 – основание

Температура в ходе испытаний фиксировалась с помощью двух термопар непосредственно в зоне контакта и в шпинделе машины трения.

Применение система охлаждения опор машины трения ИИ 5018 позволило значительно снизить амплитуду вибраций каретки, что привело к стабилизации потерь на трение в шпиндельном узле и их снижению.

Экспериментально установлено, что результаты определения длительности существования сплошной смазочной пленки по разработанной методике хорошо согласуются с данными, полученными ранее, с применением аналогичных приборов [4].

Использование методики позволяет существенно сократить трудоемкость проведения процедуры испытаний и увеличить точность получаемых экспериментальных данных.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Елманов, И.М. Особенности градуировки машин трения типа «Амслер» / И.М. Елманов, Г.В. Даровской. – Ростов н/Д : РГУПС, 2010. – 157 с.
- 2 Даровской, Г.В. Методика определения коэффициента трения антифрикционных соприкосновений на машинах трения типа «Амслер» / И.М. Елманов, В.Н. Поляков // Трение и износ. – 2015. – Том 36, №5. – С. 483-490.



3 Поляков, В.Н. Новая методика исследования трибологических свойств смазываемых пар трения по методу «колодка-ролик» / Елманов И.М., Даровской Г.В., Буракова М.А., Морозкин И.С. // Трение и смазка в машинах и механизмах. – 2015. – № 8. – С. 40-42.

4. Елманов, И.М. Термовязкоупругие процессы в условиях упругогидродинамического контакта / И.М. Елманов, В.И. Колесников. – Ростов н/Д : РГУПС, 1999. – 173 с.

УДК 658.286

*К. Н. Ермакова, А. В. Кузнецова, В. В. Киселев*

ФГБОУ ВО «Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России»

## **АНАЛИЗ ОСНОВНЫХ ПРИЧИН ИЗНОСА ДЕТАЛЕЙ ПОЖАРНЫХ АВТОМОБИЛЕЙ**

Износ деталей оказывает решающее влияние на долговечность и эксплуатационную надежность пожарной техники. Увеличение зазора в сопряжениях вследствие износа часто сопровождается снижением коэффициента полезного действия, возникновением ударных нагрузок, увеличением потерь на трение и интенсивности износа сопряженных деталей. В работе описаны основные виды износа, предложен способ его снижения.

**Ключевые слова:** износ, трение, пожарная техника.

*K. N. Ermakova, A. V. Kuznetsova, V. V. Kiselev*

## **ANALYSIS OF MAIN CAUSES OF WEAR OF DETAILS OF FIRE AUTOMOBILES**

Wear of parts has a decisive influence on the durability and operational reliability of fire fighting equipment. The increase in clearance in matings due to wear is often accompanied by a decrease in the efficiency, the appearance of shock loads, an increase in friction losses and the wear rate of the mating parts. The paper describes the main types of wear and suggests a way to reduce it.

**Keywords:** wear, friction, fire fighting equipment.

Интенсивно используемая автомобильная техника подвержена негативным воздействиям ряда факторов. Это и неустановившийся режим работы, и реверс, и вибрации, и возможность попадания абразивных частиц в зону контакта трущихся поверхностей, и разнообразие внешних условий эксплуатации, вызванное как переменными нагрузками, так и изменениями в окружающей среде, – все это приводит к существенному повышению интенсивности изнашивания трущихся поверхностей деталей машин.

Применительно к пожарной технике эта проблема наиболее актуальна, поскольку в данной сфере двигатели пожарных и аварийно-спасательных автомобилей кроме транспортного режима эксплуатируются еще и в стационарном режиме в качестве привода на исполнительный агрегат, кроме того, они работают и без нагрузки в режиме прогрева и при смене караула во время проведения ежедневного техническо-

го осмотра. Изнашивание деталей приводит к ухудшению технических характеристик механизмов, снижению скорости движения пожарных автомобилей, подачи и напора, развиваемых пожарными насосами. Все это приводит к преждевременной постановке автомобилей на техническое обслуживание или ремонт.

Износ деталей оказывает решающее влияние на долговечность и эксплуатационную надежность пожарных машин. Увеличение зазора в сопряжениях вследствие износа часто сопровождается снижением коэффициента полезного действия, возникновением ударных нагрузок, увеличением потерь на трение и интенсивности износа сопряженных деталей.

Применительно к пожарной технике эта проблема наиболее актуальна, поскольку в данной сфере двигатели пожарных и аварийно-спасательных автомобилей кроме транспортного режима эксплуатируются еще и в стационарном режиме в качестве привода на исполнительный агрегат, кроме того, они работают и без нагрузки в режиме прогрева и при смене караула во время проведения ежедневного технического осмотра. Изнашивание деталей приводит к ухудшению технических характеристик механизмов, снижению скорости движения пожарных автомобилей, подачи и напора, развиваемых пожарными насосами. Все это приводит к преждевременной постановке автомобилей на техническое обслуживание или ремонт.

Раскрытию механизма и основных закономерностей трения и изнашивания посвящены исследования многих российских и зарубежных ученых, среди которых фундаментальное значение имеют работы М.М. Хрущева, В.Д. Кузнецова, П.А. Ребиндера, И.В. Крагельского, А.С. Ахматова, Ф. Боудена и Д. Тейбора, Д.Н. Гаркунова, Н.Б. Демкина, Б.И. Костецкого и др.

И.В. Крагельский в работе отмечает, что взаимодействие твердых тел представляет собой сложное явление, состоящее из четырех групп процессов:

- 1) механических (деформация упругая и пластическая, колебания);
- 2) молекулярно-физических (диффузия, адсорбция, контактное плавление, нагрев);
- 3) механо-химических (хемосорбция на поверхностях, распад и образование химических и высокомолекулярных соединений в смазке);
- 4) электрических, электрокинетических, электрохимических и других в результате т.э.д.с., э.д.с., электромагнитной индукции, гальванического электричества.

Протекание всех этих процессов существенно влияет на свойства трущихся тел, особенно на их стойкость при повторных деформациях.

Исследованию изнашивания посвящено большое количество работ. Существуют несколько достаточно полных классификаций износа. Весьма интересна классификация, основанная на видах разрушения фрикционных связей, т.е. на видах деформирования и разрушения материала в зонах фактического касания твердых тел. Наиболее распространены виды изнашивания в узлах и рабочих органах машин и механизмах – абразивный, адгезионный, кавитационный, коррозионный, усталостный и эрозионный. Применительно к узлам трения, работающим в условиях граничной смазки, наиболее распространенными являются усталостный, коррозионный и частично – адгезионный виды износа.

Молекулярный износ имеет место при разрушении фрикционных связей, образованных в результате межмолекулярных взаимодействий между пленками, находящимися на поверхностях твердых тел. Образование молекулярных связей, приводящих

к разрушению поверхностного слоя в условиях граничной смазки, вероятно только в период сдвига, т.е. когда микронеровности продавливают смазочную пленку и могут образовывать достаточно прочные молекулярные связи. При скольжении пленка смазочной среды на поверхностях твердых тел существенно снижает интенсивность межмолекулярных взаимодействий и значительно уменьшает интенсивность молекулярного износа.

Коррозионный износ – это разрушение поверхностных слоев твердых тел вследствие механических воздействий и влияния среды. Разрушение возможно из-за механических воздействий на пленки, покрывающие твердые тела, и протекания электродных процессов. Этот вид изнашивания достаточно распространен в подвижных сопряжениях, работающих в сильных коррозионно – активных средах.

Усталостный износ происходит в подавляющем большинстве правильно сконструированных подвижных сопряжений в нормальных условиях их работы и особенно распространен в условиях граничной смазки. Усталостный износ происходит в результате фрикционной усталости поверхностных слоев. Разрушение при фрикционной усталости наблюдается при упругих и пластических деформациях в зонах касания. Однако особенностью фрикционной усталости является то, что разрушение происходит в поверхностных слоях, свойства которых значительно отличаются от объемных.

В Англии находит развитие теория износа на основе модели взаимодействия выступов трущихся тел. Теория рассматривает не только схватывание и срез выступов, но также и вопросы пластической деформации и усталости при повторно - многократном контактировании выступов. Некоторые исследователи считают, что при скольжении контакт происходит по одному выступу, на котором развивается повышенная температура, и происходит окисление. Когда выросшая частица окисных соединений отслоится, контакт переходит на другой выступ и т.д.

Х. Краузе (Германия) исследовал трибохимические реакции при трении и износе железа и установил, что процесс зависит от физических и химических характеристик пленок окислов и пары «окисел –  $H_2O$ » соответственно, образующихся на поверхности деформированного металла.

В Германии предложена гипотеза, согласно которой считают, что при работе деталей машин осуществляется два процесса: схватывание металлов и окисление пластически деформированных поверхностных слоев с образованием твердых растворов и химических соединений кислорода с металлом.

Решающую роль для многочисленных процессов трения и износа оказывает скорость восстановления нарушенных пленок различной природы, так как при трении практически всегда в микрizonaх образуются металлические ювенильные поверхности.

Физико-химическая активность поверхностных слоев при трении значительно выше, чем на недеформируемом твердом теле. Температура определяет ход химических реакций в значительной степени. При трении появляются реактивные узлы кристаллической решетки, свободные радикалы и другие факторы, которые резко ускоряют физико-химические процессы. Образующиеся при трении ювенильные участки металла каталитически воздействуют на протекающие реакции и являются весьма реакционно способными. Химическая и каталитическая активность ювенильного металла связана с тем, что поверхностные ионы металла являются как бы ненасыщенными в электростатическом и валентном отношении; металлическая поверхность представ-

ляет собой потенциальный источник свободных электронов. Поэтому именно ювенильный металл главным образом подвергается химическому воздействию.

Важную роль в процессах трения и износа оказывает кислород. Взаимодействие кислорода с металлами зависит от сродства кислорода с металлами. Очень малым сродством к кислороду характеризуются благородные металлы. Наиболее широко применяемыми в узлах трения металлы – это медь, железо, олово, свинец и др. Они имеют слабое сродство к кислороду. Такие же металлы, как алюминий, титан и др., характеризуются большим сродством к кислороду. Оксиды их стабильны и плохо восстанавливаются.

Металлы, входящие в состав антифрикционных сплавов, обладают различным сродством к кислороду. Это обстоятельство с учетом разной скорости диффузии металла в сплав и пленки оксидов обуславливает обогащение или обеднение пленки элементами, входящими в состав сплава. Так, сплавы меди разделяются на образующие защитную пленку в основном из оксидов легирующих элементов. Изменение химического состава оксидной пленки изменяет соответственно и ее физико – химические свойства.

Оксид и металл оказывают друг на друга механическое воздействие, так как в оксиде обычно возникают сжимающие напряжения, а металле – растягивающие. Наличие этих напряжений способствует отслаиванию оксидов по поверхности раздела. Время, необходимое для разрушения оксидной пленки, зависит от прочности ее сцепления с подложкой. Сцепление будет тем лучше, чем меньше отношение удельных объемов оксида и основного металла.

На процессы трения и изнашивания со смазками большое значение оказывает кислород, содержащийся в смазках. При наличии кислорода смазочное действие масел резко возрастает: уменьшается коэффициент трения, повышается нагрузка заедания. Расход кислорода на образование оксидных пленок непрерывно и легко восполняется благодаря переносу в зону трения растворенного в маслах молекулярного кислорода и окислению углеводородов, сопровождающемуся образованием нестойких кислородо-содержащих производных. Это обеспечивает достаточно быструю и эффективную регенерацию оксидных слоев, предотвращающих заедание и схватывание металлических поверхностей. Оптимальные режимы трения могут быть достигнуты только при строго определенной концентрации кислорода в зоне трения. При тяжелых режимах трения в обычных смазках не хватает кислорода для регенерации оксидной пленки, и поэтому применяют присадки из других химических элементов, снижающих интенсивность процесса заедания (серу и хлор, по действию подобных кислороду) и повышающих нагрузочную способность (фосфорорганические соединения).

Действие химически активных по отношению к металлу добавок непрерывно возрастает с воздействием их концентрации в основной жидкости от полного насыщения их адсорбционного слоя на всех образующихся в металле поверхностях. При полном насыщении адсорбционного слоя действие этих добавок становится оптимальным (максимальным) и при дальнейшем возрастании концентрации или остается постоянным, или даже уменьшается. Для высших жирных кислот и мыл эти оптимальные концентрации в минеральном масле, соответствующие полному насыщению мономолекулярного адсорбционного слоя на поверхности металла, составляют обычно от 0.1 до 1 %.

Пленка металлического мыла – продукт химической реакции между жирной кислотой и металлом – способна без разрушения выдерживать значительные деформации, что приводит к резкому уменьшению металлического контакта поверхностей. По мере возрастания температуры мыла размягчаются и теряют свои защитные свойства.

При хемосорбции, в отличие от физической адсорбции, происходит перенос электронов между адсорбентом и адсорбируемым веществом, выделяемая теплота сравнима с теплотой химических реакций, а энергия связи более чем на порядок выше. Хемосорбция в измеримой степени протекает только выше определенной минимальной температуры и должна иметь заметную энергию активации. Таким образом, защитные пленки, образующиеся на поверхностях трения за счет химических реакций, являются важным средством снижения трения и износа.

Подводя итог вышесказанному, следует отметить, что одним из наиболее экономически выгодных путей повышения надежности и долговечности различных машин и механизмов является улучшение качества смазочных материалов, в первую очередь, улучшение их противоизносных и антизадирных свойств.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Гаркунов Д.Н.* Триботехника (износ и безызносность). – М.: «Издательство МСХА», 2001. – 616с.
2. Крагельский И.В. Новые аспекты науки о трении и износе. //Физико – химическая механика контактного взаимодействия и фреттинг – коррозия. – Киев: Книга, 1973. – С.3 – 4.
3. *Киселев В.В., Мельников В.Г.* Исследование свойств разработанных присадок на основе солей мягких металлов. // Эффект безызносности и триботехнологии. – 2004. – №1. – С. 16 – 20.
4. *Киселев В.В.* К проблеме улучшения триботехнических свойств смазочных материалов. // Известия высших учебных заведений. Химия и химическая технология. – 2006. – Т.49. – № 12. – С.113 -114.
5. *Киселев В.В.* Исследования по выявлению оптимальной концентрации разработанного медно-оловянного комплекса в масле. //Депонирована в ВИНТИ 29.04.2003. – № 836.

УДК 621.9

*Б. Р. Киселев, В. В. Бойцова*

ФГБОУ ВО «Ивановский химико-технологический университет»

#### ЭМПИРИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ТРЕНИЯ СКОЛЬЖЕНИЯ В ЗУБЧАТОЙ ПЕРЕДАЧЕ

С целью определения влияния смазочного материала на коэффициент трения скольжения и КПД зубчатой пары получено эмпирическое уравнение, которое может использоваться для прогнозирования надежности работы исследуемой трибосистемы.

**Ключевые слова:** зубчатая передача, трение, скорость, нагрузка, смазка, присадка, скольжение, качение, КПД.

*B. R. Kiselev, V. V. Boytsova*

## AN EMPIRICAL DETERMINATION OF THE COEFFICIENT OF SLIDING FRICTION IN THE TRANSMISSION

In order to determine the effect of lubricant on the friction coefficient of friction and EFFICIENCY notched a pair received an empirical equation which can be used to predict the reliability of researched tribosystem.

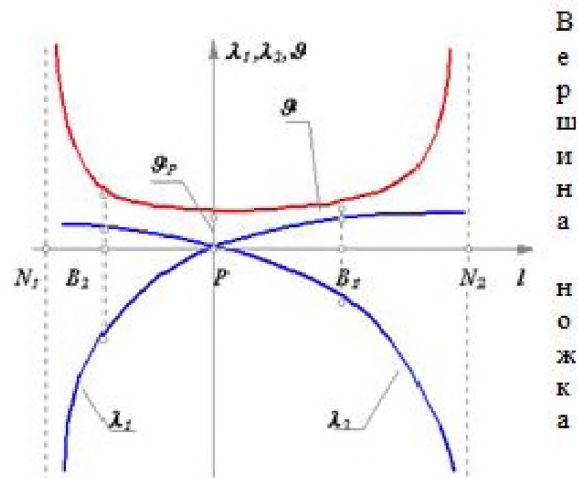
**Keywords:** gearing, friction, speed, load, lubrication, adjustment, sliding, rolling, efficiency.

Для повышения надежности, долговечности и КПД зубчатых передач при определенных эксплуатационных режимах в условиях граничной смазки необходим адаптивный подбор смазочного материала (СМ) к соответствующим конструкциям узлов, используемым материалам, термическим и финишным обработкам колес. Адаптация смазочного материала рассматривается как неотъемлемое свойство работоспособности зубчатых передач, поэтому применение эффективных присадок в масла является актуальной задачей повышения триботехнических показателей исследуемой системы. Известно, что в контакте зубчатого зацепления возникает нормальная и касательная нагрузка при перекачивании тел со скольжением, особенно на ножках и вершинах зубьев, где скорость скольжения имеет максимальные значения, рис.1.

Величина скорости скольжения  $V_{ск}$  зависит от угловых скоростей ( $\omega_1$ ,  $\omega_2$  – соответственно шестерни и колеса) и расстояния от точки касания до полюса зацепления ( $PK$ ) [1]:

$$V_{ск} = PK(\omega_1 + \omega_2). \quad (1)$$

Относительное скольжение вместе с нормальным давлением порождают силу трения между зубьями. Отметим, что контактные напряжения на активной поверхности зубьев переменны, так как изменяются они по пульсационному циклу рабочего органа машины. В этих условиях контакта зубьев смазочный материал как третье тело между трущимися поверхностями испытывает сложные процессы полимеризации, разложения молекул, адсорбции, хемосорбции и т.д. Поэтому действие смазочного материала для зубчатых механизмов является элементом особого внимания, так как во многом от него зависит КПД передачи.



**Рис. 1.** Диаграмма удельного скольжения ( $\lambda_1$  – зуб шестерни,  $\lambda_2$  – зуб колеса) и нагрузки ( $G$ ) по линии зацепления,  $P$  – полюс зацепления

КПД в зубчатых передачах складываются из потерь: а) на трение в зацеплении; б) гидравлических — на взбалтывание масла; в) в подшипниках [2]

$$\eta = 1 - (\psi_3 + \psi_\Gamma + \psi_\Pi), \quad (2)$$

где  $\psi_3$ ,  $\psi_\Gamma$ ,  $\psi_\Pi$  — коэффициенты относительных потерь мощности в зацеплении, гидравлических и в подшипниках.

Надо иметь в виду, что наибольшие потери мощности имеет коэффициент  $\psi_3$ . При испытании влияния смазочных материалов на КПД зубчатых передач объектом исследования является редуктор, в котором потери в подшипниках будут одинаковые, причем они небольшие  $\psi_\Pi = 0,005$ . Гидравлические потери при перемешивании масла в первом приближении примем также одинаковыми, так как вязкость практически не влияет на  $\psi_\Gamma$ . В связи с этими допущениями КПД зубчатой передачи принимаем [2]

$$\eta = 1 - \psi_3 = 1 - \frac{\pi \varepsilon_\alpha f}{2 \cos \beta} \left( \frac{1}{Z_1} + \frac{1}{Z_2} \right), \quad (3)$$

где  $\varepsilon_\alpha$  - торцовый коэффициент перекрытия;  $f$  - коэффициент трения скольжения;  $\beta$  - угол наклона зуба;  $Z_1, Z_2$  - количество зубьев шестерни и колеса.

Без смещения нарезания зубчатых колес торцовый коэффициент перекрытия равен [3]

$$\varepsilon_\alpha = \left( 1,88 - 3,2 \left( \frac{1}{Z_1} + \frac{1}{Z_2} \right) \right) \cos \beta. \quad (4)$$

В расчетах энергопотерь в зубчатых механизмах существенное значение имеет правильный учет сил трения. Коэффициент трения скольжения зависит от большого числа факторов, поэтому принятие его в расчетах постоянной величиной может привести к значительным погрешностям результата. Формула для расчета коэффициента трения скольжения с безразмерным обобщенным фактором имеет следующий вид [4]

$$f = 0,02 \lg \frac{QHB}{\nu v_{ск} R_{np} E_{np}} + 0,14, \quad (5)$$

где  $f$  - коэффициент трения скольжения;  $Q$  - нагрузка;  $HB$  - твердость материала более твердого тела;  $\nu$  - вязкость масла;  $R_{np}$  - приведенный радиус кривизны;  $E_{np}$  - приведенный модуль упругости материалов.

Точность данного уравнения в пределах 10 - 15% при использовании металлических тел с характеристиками контактирования  $30 \leq \text{HRC} \leq 62$ ;  $5 \leq \nu \leq 600$  сСт;  $0,5 \leq v_{ск} \leq 4,5$  м/с;  $10 \leq Q \leq 500$  Н. Исследования трения в зубчатых передачах Ю.Н. Дроздова, В.Г. Арчегова, В.Г. Павлова, В.И. Смирнова, А.И. Петрусевича, В.Н. Кудрявцева, Н.М. Михина и др. имеют теоретическую основу для экспериментального анализа влияния физических и кинематических параметров на коэффициенты трения скольжения при качении тел.

В работе ставится задача определения эмпирического коэффициента трения скольжения в зубчатом зацеплении, по которому оценивается эффективность смазочного действия трибосистемы.

Благодаря наукоемким разработкам присадок и современным технологиям изготовления СМ, повышение КПД зубчатых передач является делом времени, так как сегодня широко применяется стендовый метод испытаний редукторов. Это дает возможность эмпирического определения эффективности влияния СМ на КПД зубчатой передачи.

Так как в основе определения  $f$  расчетным путем в числителе имеется контактная нагрузка (5), которую практически точно определить невозможно из-за ряда факторов: неравномерности распределения по ширине зубчатого венца, между зубьями, динамического коэффициента и др., поэтому рассмотрим электрофизические эквивалентные параметры. Известно, что момент на ведомом зубчатом колесе  $M_2$  равен

$$M_2 = M_1 u_{1-2} \eta_{1-2}, \quad (6)$$

где  $M_1$  – момент на шестерне;  $u_{1-2}$  – передаточное отношение зубчатой пары;  $\eta_{1-2}$  – КПД зубчатой пары.

Момент на шестерне  $M_1$  выразим через мощность, которую определяем по показаниям потребляемого тока и напряжения на электродвигателе в зависимости от передаваемого момента и скорости вращения зубчатой передачи

$$M_1 = \frac{30 N_{эл}}{\pi n_{эл}} = \frac{30JU}{\pi n_{эл}}, \quad (7)$$

где  $N_{эл}$  – потребляемая мощность электродвигателя;  $n_{эл}$  – скорость вращения вала электродвигателя;  $J$  – потребляемый ток электродвигателя;  $U$  – напряжение электродвигателя.

Решая совместно уравнения (3, 4, 6, 7), получим расчетную формулу эмпирического определения коэффициента трения скольжения в зубчатой паре

$$f = \left( 1 - \frac{M_2 \pi n_{эл}}{30 J \cos \varphi U u_{1-2}} \right) \left( \frac{2 \cos \beta}{\pi \varepsilon_{\alpha} \left( \frac{1}{Z_1} + \frac{1}{Z_2} \right)} \right), \quad (8)$$

где  $M_2$  – момент сопротивления на колесе, определяемый заданной нагрузкой;  $\cos \varphi$  – коэффициент мощности электродвигателя.

Оценочный анализ влияния параметров на определение  $f$  в зубчатой паре показывает:

- 1) увеличение скорости  $n_{эл}$  уменьшает  $f$ ;
- 2) увеличение передаваемого момента  $M_2$  повышает величину потребляемого тока  $J$ ; эта взаимосвязь зависит от триботехнической эффективности СМ и  $n_{эл}$ ;
- 3) уменьшение передаточного отношения  $u_{1-2}$ ,  $Z_2$  зубчатого колеса уменьшает  $f$ .

Таким образом, комбинация параметров не противоречит представлениям о физике процесса трения и определения коэффициента трения скольжения. Все величины входящие в уравнения (8) определяются расчетным путем и замеряются на испытуемом стенде цилиндрического зубчатого редуктора. Полученное уравнение определения  $f$  в зубчатой передаче дает возможность научно обоснованного выбора присадок в СМ для заданных условий эксплуатации механизма и может быть использовано для прогнозирования надежности работы исследуемой трибосистемы.



## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Машиков А.А.* Теория механизмов и машин: учеб. пособие / *А.А. Машиков*; Минск: Вышэйш. школа, – 1971. – С. 231-235.
2. *Часовников Л.Д.* Передачи зацеплением (зубчатые и червячные): изд. 2-ое переработан. и дополненное / *Л.Д. Часовников*; М.: Машиностроение, - 1968. – С. 281-282.
3. *Киселев Б.Р.* Проектирование приводов машин химического производства: учеб. пособие / *Б.Р. Киселев*; Иван. гос. хим.-технол. ун-т. Иваново: ИГХТУ, - 2007. – С. 87-100.
4. *Крагельский И.В.* Трение, изнашивание и смазка. Справочник / Под ред. *И.В. Крагельский, В.В. Алисин*; в 2-ух кн., кн. 2. М.: Машиностроение, - 1979. – С. 119 – 124.

УДК 539.62

*М. А. Колбашов\**, *С. А. Сырбу*, *В. В. Новиков*

\*ФГБОУ ВО «Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России»  
ФГБОУ ВО «Ивановский государственный университет»

### **ТРИБОТЕХНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МАШИННЫХ МАСЕЛ С ПРИСАДКАМИ ЖИДКИХ КРИСТАЛЛОВ**

Исследовано влияние присадок некоторых жидкокристаллических соединений холестерина на свойства машинных масел при трении. Изучена растворимость присадок в базовых маслах. Показана их трибологическая эффективность.

**Ключевые слова:** Изнашивание, противоизносные присадки, трибологические свойства, жидкие кристаллы, смазочные пленки.

*M. A. Kolbashov, S. A. Sirbu, V. V. Novikov*

### **TRIBOTECHNICAL PROPERTIES OF MACHINE OILS WITH LIQUID CRYSTAL ADDITIVES**

The effect of additives of some liquid crystal compounds of cholesterol on the properties of engine oils in friction is studied. The solubility of additives in base oils has been studied. Their tribological effectiveness is shown.

**Keywords:** wear, antiwear additives, tribological properties, liquid crystals, lubricating films.

Введение. Надежность и долговечность машин и механизмов во многом определяется смазочными композиций, которые используются в узлах трения машин. Известно, что присадки жидких кристаллов (ПЖК) к смазочным маслам улучшают их противозадирные и противоизносные свойства.

Кроме того, в силу своих химических свойств ПЖК являются экологически менее опасными, чем иные химически активные присадки высокого давления [1-4]. Из-за большого разнообразия возможных соединений ПЖК исследования их влияния на

свойства масел далеки от завершения. В результате обобщения данных различных исследователей в работе [2] высказана гипотеза о том, что ПЖК с высокими температурами фазового перехода в изотропное состояние являются более эффективными, чем низкотемпературные. В настоящей работе приведены данные наших исследований по проверке указанной гипотезы на примере изучения свойств смазочных масел с присадками холестерилловых эфиров бензойной кислоты с различными заместителями.

Эксперимент. На основе анализа физико-химических свойств известных, выпускаемых промышленностью ПЖК в качестве высокотемпературных присадок для исследования были выбраны три присадки холестерилловых эфиров бензойной кислоты с различными заместителями – X-37, X-68, X-25. Данные соединения обладают повышенными температурами перехода в мезофазу и в изотропную жидкость по сравнению с другими кристаллами.

ПЖК холестерил хлористого X-26, как и ПЖК X-25, может быть интересна как противозадирная присадка, поскольку молекула содержит активный атом хлора. Холестерилловый эфир олеиновой кислоты (X-16), как производная олеиновой кислоты, должна обладать сильными поверхностно-активными свойствами и, следовательно, быть хорошей противоизносной присадкой [1, 3]. Холестерилловый эфир ундецилово-й кислоты (X-18) выбран в качестве сравнительной присадки.

Подробные данные о свойствах выбранных соединений и методах получения смазочных композиций с их использованием в качестве присадок приведены нами в работе [5]. Исследуемые ПЖК растворялись в нагретом на водяной бане базовом масле при температуре 95...100 °С, а затем охлаждались до комнатной температуры.

В качестве базовых были использованы два масла группы индустриальных масел – И-20А, И-40А и два масла группы моторных масел – М-8В, М-10Г2К.

Было установлено, что ПЖК — холестерилловые эфиры бензойной кислоты с различными заместителями X-25, X-37 и X-68 к сожалению являются лишь частично растворимыми в смазочных маслах. При комнатной температуре предельная растворимость составила – до 1...2 масс. %. Это ограничивает возможность их применения в качестве трибологических присадок. ПЖК другой группы – X-16, X-18 и X-25, напротив, являются полностью совместимыми с базовыми маслами. В испытуемых на трение смазочных составах для полностью совместимых присадок мы ограничивали концентрацию 3 масс. %. Содержание частично растворимой присадки соответствовала ее максимальной растворимости в базовом масле при комнатной температуре.

Исследование противоизносных свойств смазочных композиций проводили на базе стандартной машины трения СМЦ-2. Испытания на износ проводили по схеме «плоскость–диск». Диск изготавливали из закаленной стали 45 твердостью 56 HRC диаметром 40 мм и толщиной 1 мм, плоское контртело – в виде бруска размерами 10×10×30 мм из нормализованной стали 40Х. Интенсивность изнашивания материала в исследуемом масле определяли из отношения глубины вытертой лунки к длине  $h$  пройденного пути  $L$ . В наших испытаниях угловая скорость вращения диска  $\omega = 300$  об/мин, линейная скорость – 0,62 м/с. Длина пройденного пути за время испытаний  $t = 30$  мин составляла  $L = 1116$  м. Глубина вытираемой лунки составляла 20...40 мкм. Интенсивность изнашивания составляла  $10^{-8}$ , что соответствует данным условиям испытания. Давление на контакте рассчитывали по формуле Герца для исследуемого контакта. Испытания проводили при силе прижатия 5 кг, что обеспечивало стартовое давление порядка 300 МПа. В конце испытаний из-за образования лунки износа дав-

ление снижалось до 20...30 МПа. Для изучения противозадирных свойства масел с ПЖК на машине трения СМЦ-2 применяли схему «диск - неподвижный диск». Диски изготавливались из стали 45 диаметром 50 мм и шириной 12 мм. Вращающийся диск подвергали термообработке – закалке и низкому отпуску. Противозадирные свойства определяли по измерению площади пятен контакта при ступенчато возрастающей нагрузке. Диапазон нагрузок 0...3000, шаг ступени нагружения – 100 Н, время трения на каждой ступени – 10 с. Для достижения подобия между смазками с различными видами присадок в данном опыте были взяты композиции с одинаковой моляльной концентрацией присадок в базовом масле –  $2.5 \cdot 10^{-2}$  моль/кг.

Для вычисления погрешности опыта было проведено десять экспериментов по определению площади пятна контакта при трении с маслом И-40А при нагрузке 2500 Н. Средний размер лунки составил 36.3 мм<sup>2</sup>, стандартное отклонение среднего – 2.5 мм<sup>2</sup>. Относительная погрешность испытаний для наших условий составила 7%. Полученное значение погрешности в силу однородности условий испытания мы в дальнейшем использовали для определения погрешности при исследовании свойств остальных смазочных композиций.

Результаты и обсуждение. Результаты исследований противоизносных свойств приведены в табл. 1. Анализ результатов показывает, что во всех случаях в результате введения присадок в базовые масла их противоизносные свойства увеличиваются. При введении присадок в масло И-20А износ снижается на 20...40%. В масло И-40А – 20...50%. Эффективность присадок при введении их в моторные масла несколько ниже. При введении в масло М-8В износ снижается 15...30%, в масло М-10Г2К – 5...25%. Это связано с тем, что моторные масла уже содержат пакет присадок.

Таблица 1

Марка ПЖК	Глубина лунки износа <i>h</i> , мкм			
	И-20	И-40	М-8В	М-10Г2К
Без присадки	56	25	27,5	23
Х-16	41	20	15	19
Х-18	36	16	18	16
Х-25	38	14	20	18
Х-26	39	12	19	16
Х-37	46	19	23	22
Х-68	43	17	22	19

Анализ износа показывает, что наилучшими противоизносными свойствами обладает составы с ПЖК Х-16, Х-18, Х-25 и Х-26. В среднем износ пары при трении в этих смазках снижается в 1.3...1.5 раза по сравнению с износом пары при трении в базовых маслах. Эффективность присадок Х-37, Х-68 несколько хуже.

Прослеживается взаимосвязь эффективности с массовым содержанием присадки. Поскольку массовое содержание ПЖК Х-37, Х-68 и Х-25 из-за их ограниченной растворимости в исходных базовых смазках было ниже, противоизносные свойства таких смазочных композиций также оказались ниже. ПЖК Х-25 проявляет лучшие смазочные свойства, чем Х-37, Х-68.

Результаты исследований противозадирных свойств приведены в табл. 2. Анализ результатов также показывает, что наиболее эффективными противозадирными ПЖК являются ПЖК, содержащие хлор – Х25, Х-26.

Таблица 2

Присадка	Площадь пятна контакта $S$ , мм <sup>2</sup>			
	И-20	И-40	М-8В	М-10Г2К
Без присадки	39.2	34.6	32.6	34.0
Х-16	38.9	30.5	30.45	29.5
Х-18	37.6	30.5	31.5	30.0
Х-25	36.2	28.5	39.4	28.8
Х-26	34.5	30.0	29.8	30.0
Х-37	38.2	31.5	30.0	33.5
Х-68	36.9	30.5	31.0	32.0

Анализируя возможные причины повышенной трибологической активности этих присадок, мы предположили, что трибодеструкция указанных молекул происходит с образованием свободных радикалов. Обладая высокой химической активностью свободные радикалы могут образовывать прочные ковалентные связи с железом и другими металлами. Образование связей происходит по обменному механизму. Соединения, образованные свободнорадикальными фрагментами эфиров хорлестерина и металлом образуют на поверхности металла защитную мономолекулярную пленку. Химическое закрепление комплексов на поверхности способствует увеличению механической стойкости образующейся защитной пленки. Данную гипотезу можно принять в качестве рабочей при дальнейших исследованиях.

Выводы. Исследованные ПЖК в целом обладают эффективным противоизносным и антизадириным действием. Эффективность связана со способностью создавать на поверхности защитные пленки. В среднем износ пары при трении в этих смазках снижается в 1.3...1.5 раза, на 10...15 % повышается задиростойкость.

Наши исследования ПЖК не подтвердили выводы авторов работы [2] о преимуществе жидких кристаллов с высокими температурами перехода в изотропное состояние перед низкотемпературными. В ходе исследований было выявлено, что наилучшей способностью улучшать условия трения обладают ПЖК, содержащие в своем составе атом хлора. Это указывает на то, что их трибологическая активность связана со способностью в процессе трения распадаться на части с образованием свободных радикалов хлора и молекулярного остатка, которые химически реагируют с металлической поверхностью, образуя прочную защитную пленку.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Справочник по триботехнике. Под общ. ред. М. Хебды и А.В. Чичинадзе. М.: Машиностроение. Т.2.1990. – 420 с.
2. Ермаков С. Ф., Родненков В.Г., Белоенко Е.Д., Купчинов Б.И. Жидкие кристаллы в технике и медицине. Мн.: ООО «Асар», М.: ООО «ЧеРо», 2002. – 412 с.
3. А.с. 601304 (СССР) Смазочно-охлаждающая жидкость для механической обработки металлов / Р.И. Карабанов, В.Н. Латышев, И.Г. Чистякова, В.М. Чайковский. Опубл. в Б.И.1978. № 13.
4. Топлива, смазочные материалы и технические жидкости. Ассортимент и применение: Справочник под ред. В.М. Школьникова. М.: Издательский центр «Техинформ», 1999. – 596 с.

5. Латышев В.Н., Сырбу С.А., Новиков В.В., Колбашов М.А. Реологические свойства смазочных композиций с присадками холестерических жидких кристаллов / Жидкие кристаллы и их практическое использование. Вып.3(25), 2008. – С.52-60.

УДК 677.023.292.92: 621.892

*А. А. Корниенко, А. А. Катаманов, Н. Е. Егорова\**

ФГБОУ ВО «Ивановский государственный политехнический университет»

\*ФГБОУ ВО «Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России»

## **СМАЗОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПАРАФИНИРОВАНИЯ НИТЕЙ**

В статье представлены результаты исследования трения контакта нить – сталь в присутствии смазочных материалов. Данное исследование позволяет рекомендовать смазочные материалы для парафинирования нитей в трикотажном производстве. В качестве антифрикционных присадок к парафину были выбраны стеараты металлов переходных групп. Наблюдается физическая адсорбция смазочных веществ. В созданных условиях трения ионно-обменные процессы не протекают. Результаты испытаний показали эффективность применения стеаратов меди и цинка в соотношении 3:1 в парафине, стеаратов меди и олова 1:1 и 2:1, общим содержанием до 5% масс.

**Ключевые слова:** Трение, смазывание, парафинирование, стеараты металлов.

*A. A. Kornienko, A. A. Katamanov, N. E. Egorova*

## **THE LUBRICANTS FOR WAXING OF THREADS**

The article presents the results of the research of friction of the contact thread of steel in the presence of lubricants. This study allows to recommend the lubricants in the paraffin impregnation of the filaments in the production of knitwear. As antifriction additives to the paraffin was chosen as stearates of metals of transition groups. Observed physical adsorption of lubricants. Under these conditions the friction of ion-exchange processes do not occur. The test results showed the effectiveness of stearaty of copper and zinc in the ratio 3:1 in paraffin, stearaty of copper and tin is 1:1 and 2:1, the total content up to 5 wt.%

**Keywords:** friction, lubrication, waxing, metallic stearates.

В современных трикотажных машинах для снижения трения нитей о рабочие органы применяют парафинирование. Эту операцию проводят в процессе выполнения предыдущих технологических операций на мотальных или прядильных машинах. Для этого применяют различные по составу смазочные материалы. Такие как парафин, стеарин, смеси этих веществ с индустриальным маслом и многокомпонентные составы. [1, 2].

Цель исследования: снижение трения контакта хлопковая нить - стальная трикотажная игла за счет применения антифрикционных присадок.

В качестве антифрикционных присадок к парафину были выбраны стеараты металлов переходных групп. Анализ научной литературы показал высокую эффективность использования этих веществ [3, 4, 5]. Они являются поверхностно-активными и поэтому их используют как эмульгирующие и загущающие присадки к маслам. В трибонтакте они адсорбируются на поверхности и удерживают капли масла (рис. 1 а), способствуя смазыванию и снижению металлического контакта. Повышение концентрации стеаратов в растворах приводит к повышению покрытия площади трения активными молекулами и образованию частокола из них (рис. 1 б). В большом количестве молекулы образуют складки на поверхности (рис. 1 в). Кроме этого, при большом давлении или температуре, а также при наличии катализаторов, стеараты металлов вступают в химическое взаимодействие с поверхностью с образованием солей жирных кислот металлов поверхности. [3, 6].

В процессе трения наблюдается металлоплакирование. Материалом в качестве покрытия могут служить медь, золото, платина и другие металлы. При этом наблюдается значительное повышение износостойкости деталей. [7, 8, 9] Процесс протекает в результате трения. В состав для обработки текстильных волокон вводят соединения металлов, имеющих положительный нормальный электродный потенциал в электрохимическом ряду напряжений по отношению к электродному потенциалу металлов, из которого изготовлены направляющие детали текстильного оборудования. В качестве поверхностно – активных соединений металлов могут быть использованы соли меди жирных кислот.

Поскольку медь в ряду напряжений имеет положительный электродный потенциал по отношению к электродному потенциалу железа, то железо в результате окислительно – восстановительной реакции вытесняет медь из солей и переходит в эту соль, а металлическая медь осаждается на поверхности детали. В результате на поверхности детали в зоне фрикционного контакта происходит образование медной пленки, причем при локальном изнашивании образовавшейся медной пленки, происходит постоянное ее самовосстановление за счет протекания на обнажившихся участках металлических поверхностей вышеупомянутых реакций. В результате этого на

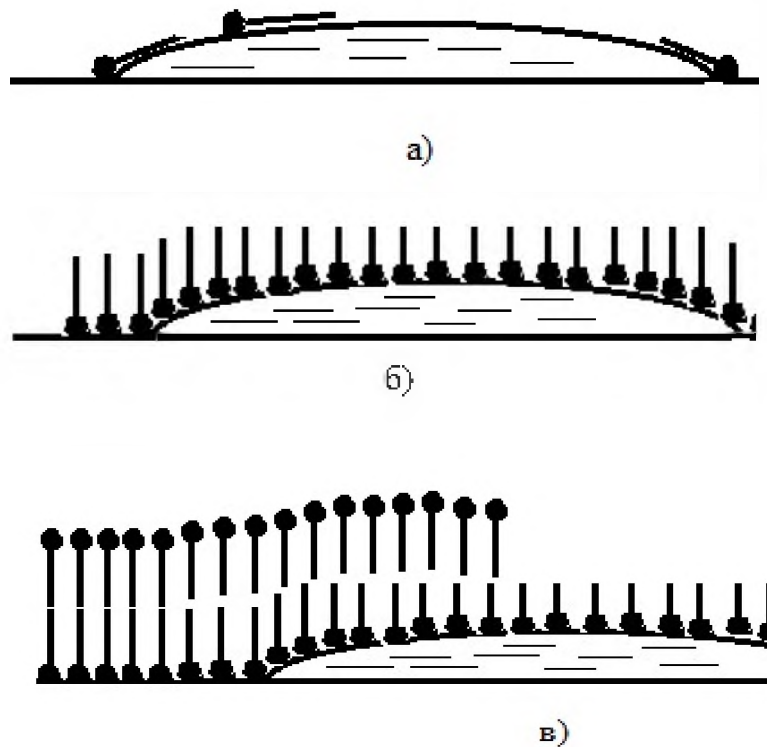
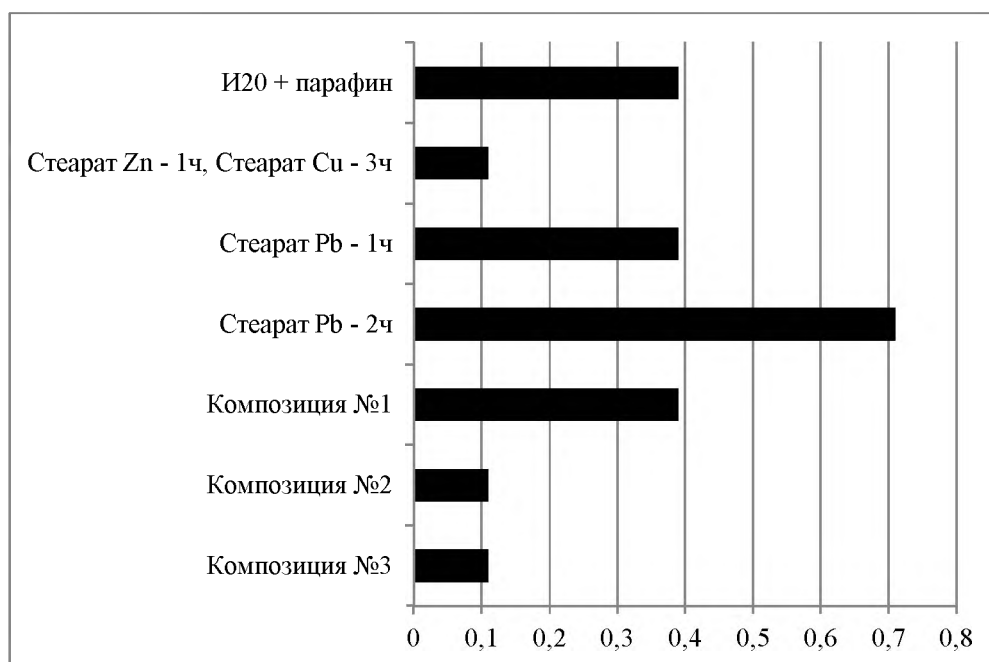


Рис. 1. Адсорбция молекул поверхностно-активного вещества на поверхности: а – в небольшом количестве, б – в большом количестве, в – в очень большом количестве

всей поверхности зоны фрикционного контакта деталей в процессе движения волокон образуется самовосстанавливающаяся защитная медная пленка. Таким образом, предложенные способы металлоплакирования и введения соли меди в состав для обработки текстильных волокон могут обеспечить безызносность деталей, участвующих в процессах перематывания и в трикотажном производстве.

В качестве исследуемых присадок были выбраны стеарат меди, стеарат олова, стеарат цинка, стеарат свинца, а также их сочетания. Была составлена матрица планирования и определены максимальные и минимальные количества стеаратов в парафине. Испытания на трение проводились на машине трения [10]. Перематывание нити марки 44ХЛ происходило со скоростью 600 м/мин. Нагрузка не превышает 60 сН. В результате было установлено, что парафиновые смазочные материалы с присадками стеаратов меди, олова, цинка, свинца не образуют хемосорбционных пленок в зоне трения. На трение контакта нить - металл оказывает влияние маслянистость смазочного материала. Трение происходит в гидродинамическом режиме. На рис. 2. представлены результаты некоторых испытаний.



**Рис. 2.** Зависимость коэффициента трения контакта нить 40ЛХ– сталь 60 от состава смазочного материала

Результаты испытаний показали эффективность применения стеаратов меди и цинка в соотношении 3:1 в парафине, стеаратов меди и олова 1:1 и 2:1, общим содержанием до 5% масс. Наличие стеаратов свинца в парафине приводит к увеличению коэффициента трения.

Таким образом к применению рекомендуются составы смазочных материалов на основе парафина содержащие стеараты меди до 5% масс. или стеараты меди и цинка в соотношении 3:1 с общим содержанием до 5% масс. Они снижают коэффициент трения в 4 раза по сравнению с промышленно применяемым составом смазочного материала на основе парафина и индустриального масла.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Повышение эффективности парафинирования пряжи при изготовлении трикотажа/ *Р.Р. Алешин, С.А. Егоров, Г.И. Корчагин.* // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. – №6. – 2011. – С. 149–152.
2. Влияние способов парафинирования хлопковой трикотажной пряжи на эффективность отделочных операций трикотажной продукции/ *О.В. Радченко, М.И. Воронова, В.В. Веселов, А.Г. Захаров*// Вестник Ивановской государственной текстильной академии. -№ 1. - 2001. - С. 66.
3. Энергосберегающие смазочные материалы для червячных передач/ *Б.Р. Киселев, К.Г. Березин, Н.И. Замятина, В.А. Годлевский*// Современные наукоемкие технологии. Региональное приложение. - № 4. – 2012. – С. 89 – 94.
4. Основные характеристики смазок для сухого волочения проволоки под металлокорд, их влияние на качество волочения /*А.А. Труханович, А.А. Леднева* // Литье и металлургия. - № 2. – 2008. – С. 72-74.
5. Исследование износостойкости стальной пары трения в смазочной композиции, содержащей стеараты металлов/ *Б.Р. Киселев, С.А. Егоров, К.Г. Березин* // Трение и смазка в машинах и механизмах. - № 7. – 2010. – С. 25-28.
6. Исследование электрокинетических свойств регулярных мультимолекулярных сорбентов на основе стеаратов трехвалентных металлов / *Н.Г. Суходолов, В.Д. Гладилович, П.Д. Колоницкий и др.* // Научное приборостроение. - № 1. - Т. 23. – 2013. – С. 123-129.
7. Возможные решения проблемы износа деталей механических систем и исполнительных органов оборудования текстильного производства/ *Е.С. Гуляев, А.К.Прокopenко*// Известия высших учебных заведений. - №1. - 2012.- С. 108 – 110.
8. *Гаркунов, Д.Н.* Триботехника ( износ и безызносность ): учебник.- 4-е изд., перераб. и доп. – М.: «Издательство МСХА», 2001. – 616 с.
9. Повышение работоспособности червячных механизмов применением металлоплакирующих смазок. / *Б.Р. Киселев, К.Г. Березин, С.А. Егоров, Р.Р. Алешин.* // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. №4. - 2010. - С. 93-98.
10. Испытание компонентов смазочных материалов для парафинирования трикотажных нитей./ *А.А. Катаманов, Р.Р. Алешин* // Физика волокнистых материалов: структура, свойства, наукоемкие технологии и материалы (SMARTEX). - № 1. - Т. 2. - 2016. - С. 103-110.

УДК 621.01

*М. А. Кузнецов, К. С. Зуйкова, В. П. Зарубин*

ФГБОУ ВО «Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России»

## **СОВРЕМЕННЫЕ СМАЗОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ В МАШИНОСТРОЕНИИ**

В статье говорится о назначении и применении смазочных материалов. А также представлен рейтинг производителей моторных масел.

**Ключевые слова:** трение, износ, масла, смазки, коэффициент трения, интенсивность изнашивания.



*M. A. Kuznetsov, K. S. Zuikova, V. P. Zarubin*

## MODERN LUBRICANTS USED IN MECHANICAL ENGINEERING

The article talks about the purpose and use of lubricants. As well as the manufacturers of motor oils.

**Keywords:** friction, wear, oil, grease, trinia coefficient, wear intensity.

При работе любого механизма между его подвижными деталями возникает трение. На преодоление трения требуются затраты энергии, в результате трения происходит истирание (износ) поверхности деталей, что может привести к выходу из строя узла трения и механизма в целом. Для снижения трения используют различного рода смазочные материалы. Основное назначение которых – уменьшение износа трущихся деталей и снижение затрат энергии на преодоление трения. Кроме этого, смазочные материалы выполняют и другие функции: отводят тепло от трущихся деталей, предохраняют детали от коррозии, очищают поверхности трения от продуктов износа и других примесей, герметизируют узлы трения. В качестве смазочных материалов наибольшее применение нашли жидкие и пластичные смазочные материалы.

Жидкие смазочные материалы в большинстве своем представляют собой очищенные нефтяные масла со специальными присадками. Основными характеристиками общими для всех жидких смазочных материалов являются вязкость, температура застывания, температура вспышки, кислотное число.

Пластичные (консистентные) смазочные материалы. Представляют собой нефтяные или синтетические масла с добавлением многофункциональных присадок и загустителя, в качестве которого используются мыла высших сортов жирных кислот, твердые углеводороды (церазины, парафины), силикагель и сажа, относящиеся к термостойким загустителям и др.

Пластичные смазочные материалы применяют для тяжело нагруженных подшипников скольжения, когда смазочный материал кроме основного назначения используется как уплотняющий, для создания защитной масляной пленки на поверхности трения при длительных остановках, в узлах трения, доступ к которым затруднен или которые могут работать длительное время без пополнения смазки.

К основным характеристикам пластичных смазок относится вязкость, предел прочности на сдвиг, температура каплепадения, число пенетрации.

В настоящее время промышленность работает над созданием новых смазочных материалов. Такая необходимость возникает при создании сверхскоростных механизмов, механизмов работающих в очень тяжелых условиях и т.п. Суть разработки новых смазочных материалов заключается в улучшении их основных характеристик под конкретные условия применения.

Основными производителями масел и смазок в настоящее время являются такие компании как Mobil, Shell Helix, Liqui Moly, Castrol, Лукойл. Основной объем производимой продукции указанных компаний занимает автомобильное моторное масло. Создавая конкуренцию друг другу каждый производитель стремится создать лучший смазочный материал удовлетворяющий всем требованиям потребителя.

Моторные масла производимые компанией Mobil в Соединенных Штатах, занимают первые строчки среди всех моторных масел по всему миру, включая и российский рынок. Основными преимуществами масла Mobil являются: значительный срок службы масла, до 25 000 километров пробега; отсутствие воздействия окружающей среды (жара, мороз) на качественные характеристики смазочного материала; идеальная вязкость и текучесть, что позволяет поддерживать работу двигателя и его механизмов в постоянной смазке.

Стоит отметить, что при всех положительных сторонах масла Mobil, оно не имеет самую высокую цену, что является еще одним неоспоримым плюсом данной марки. Кроме того, линейка бренда имеет широкий выбор смазочных материалов, как к бензиновым двигателям, так и к дизельным.

Европейская компания Шелл, которая самостоятельно занимается добычей нефти и производством горюче-смазочных материалов, широко специализируется на производстве автомасел. Смазочный материал соответствует всем европейским и мировым стандартам, включая российские, что делает масло Shell Helix доступным для широкого круга автолюбителей.

Основными преимуществами масла данного бренда считаются: постоянство материала в своих параметрах вязкости и текучести, вне зависимости от окружающей среды. При правильном подборе продукта к марке и модели автомобиля достигается практически идеальное соотношение смазочного материала на деталях двигателя. Стоимость полностью соответствует качеству смазочного материала.

В зависимости от регионов продаж и вида поставляемого масла марка Shell Helix держит несколько высокую цену смазочных материалов для автомобилей, как на европейском рынке, так и на российском, однако это не снижает его популярности из-за своих высоких качественных показателей.

Масло немецкой компании, которое известно больше на западе, но все же имеет определенную популярность и среди отечественных автолюбителей, особенно обладающих транспортными средствами производства Германии. Liqui Moly имеет практически все те же самые характеристики и преимущества, что и марки указанные выше, однако отсутствие популярности и заполненного товаром рынка заставило ее расположиться на третьем месте.

Плюсы этого немецкого бренда заключаются в следующем:

Легкий способ выбора – характеристики, указанные на упаковке, с точностью совпадают с реальными, что облегчает выбор масла для конкретного автомобиля в несколько раз;

Состав смазочного материала имеет максимальную сбалансированность, что облегчает работу двигателю и всем его механизмам;

Производители постоянно тестируют имеющиеся образцы и регулярно их обновляют, улучшая качество. Именно поэтому новинки Liqui Moly сменяют друг друга более часто в отличие от конкурентов;

При производстве используются только современные технологии, позволяющие воплощать новые разработки более качественно.

Основная направленность компании Liqui Moly гоночные и спортивные автомобили. Возможно, это еще одна причина, если не самая основная, по которой данная марка всего лишь на третьем месте.

Английская компания BP, которая уже на протяжении длительного времени выпускает смазочные материалы под маркой Castrol, имеет огромную популярность за счет качества своего продукта. Однако фактор популярности играет не на стороне производителей. На рынке встречается большое количество подделок снижающих рейтинг масла Castrol.

Но качественное масло можно определить не только по степеням защиты но и по определенным особенностям присущим только оригиналу:

Мотор начинает работать несколько тише и спокойнее, когда происходит залив оригинального масла в картер;

К моменту смены масло, если Castrol уже было залито в двигатель, оно будет иметь достаточно темный цвет. Именно этот признак относят к оригиналу, поскольку смазочный материал имеет функцию очищения двигателя в процессе его работы;

Мотор не перегревается с маслом Castrol, а также подвергается дополнительной защите от преждевременного износа деталей механизмов;

В совокупности всех особенностей при использовании оригинального масла силовой агрегат работает спокойно и несколько дольше.

Настоящие ценители качественного масла для своих автомобилей по-прежнему выбирают Castrol, несмотря на его высокую стоимость и некоторую степень риска приобрести неоригинальный продукт. Именно поэтому рейтинг моторных масел имеет в своем списке Castrol на четвертой позиции.

Последнее в приведенном списке но не худшее среди первых, масло Лукойл. Это масло полностью российского производства, которое соответствует всем европейским стандартам. Оно такое в единственном роде, поэтому занимать пятую строчку среди мировых гигантов достаточно почетно.

Кроме того, масло Лукойл не просто отвечает необходимым требованиям, оно имеет высокую популярность в стране среди автовладельцев отечественных машин. Смазочный материал российского производства наибольшим образом адаптирован к нашим автомобилям.

К преимуществам масла Лукойл относятся: качественный продукт, соответствующий необходимым европейским стандартам; вязкость и плотность не зависят от условий погоды и не изменяются при крайне низких температурах; процесс смазывания силового агрегата захватывает все детали, не подвергая их чрезмерному трению и дополнительному износу; масло обладает защитой от перегрева двигателя; низкая стоимость.

Последний пункт оказывает дополнительное влияние на популярность масла в России, особенно для автовладельцев отечественных автомобилей.

Приведенный рейтинг моторных масел не означает, что для лучшей работы двигателя нужно стремиться к использованию масел самых популярных производителей. При выборе следует ориентироваться на тип продукта и рекомендации производителя автомобиля. Не все бензиновые моторы, к примеру, могут работать на том или ином виде синтетики. Также это касается и дизельных двигателей. Именно поэтому в первую очередь необходимо ознакомиться с техническими требованиями мотора автомобиля, а уж потом приступить к непосредственному выбору бренда.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Зарубин В.П., Киселев В.В., Пучков П.В., Топоров А.В. Улучшение эксплуатационных характеристик автотранспортной техники за счет применения высокоэффективных присадок / В.П. Зарубин, В.В. Киселев, П.В. Пучков, А.В. Топоров // Известия Московского государственного технического университета МАМИ. – 2014. – Т. 3. - № 1 (19). С. 56-62.
2. Зарубин В.П., Киселев В.В., Топоров А.В. Перспективы применения нанопорошков силикатов в смазочных материалах, используемых в пожарной технике / В.П. Зарубин, В.В. Киселев, А.В. Топоров, и др. // Пожаровзрывобезопасность. – 2013. - Т. 22. - № 5. С. 65-70.
3. Киселев В.В., Топоров А.В., Никитина С.А. Повышение качественных характеристик моторных масел за счет введения присадок. / В.В. Киселев, А.В. Топоров, С.А. Никитина и др. // Материалы международной научно-технической конференции «Состояние и перспективы развития электро- и теплотехнологии: (XVIII Бенардосовские чтения)». – 2015. – С. 330-333.
4. Зарубин В.П., Легкова И.А., Пучков П.В. Исследование влияния наполнителей к смазкам на приработку пар трения / В.П. Зарубин, И.А. Легкова, П.В. Пучков // Аграрная наука в условиях модернизации и инновационного развития АПК России.: сборник матер. всерос. научно-методической конф. с международным участием, посвященной 85-летию Ивановской государственной сельскохозяйственной академии имени Д.К. Беляева. – Иваново, 2015. – С. 126-129.

УДК 621.892

*А. А. Мельников, Б. Р. Киселев, М. Ю. Колобов, Д. В. Смирнов*  
ФГБОУ ВО «Ивановский государственный химико-технологический университет»

### **ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ОБРАБОТКИ НА АНТИФРИКЦИОННЫЕ СВОЙСТВА ВЕРМИКУЛИТА**

В работе исследуется влияние ультразвукового воздействия на свойства вермикулита, используемого в качестве антифрикционной добавки в смазочных композициях. Установлено, что дисперсность вермикулита влияет на антифрикционные показатели. Это дает возможность применять минерал в качестве добавок в смазочных материалах.

**Ключевые слова:** Вермикулит, гомогенный раствор, смазочная композиция, ультразвук.

*A. A. Melnikov, B. R. Kiselev, M. Yu. Kolobov, D. V. Smirnov*

### **INVESTIGATION OF THE INFLUENCE OF ULTRASOUND PROCESSING ON THE ANTIFRICTION PROPERTIES OF VERMICULITE**

The effect of ultrasonic action on the properties of vermiculite, used as an antifriction additive in lubricating compositions, is studied in this work. It is established that ultrasonic treatment affects the antifriction indexes, which makes it possible to use the mineral as additives in lubricants.

**Keywords:** vermiculite, homogeneous solution, lubricant composition, ultrasound.

Рынок смазочных материалов характеризуется ростом спроса на продукцию, так как очевиден прогресс техники и машиностроения. Известно, что от трения на 75 – 80% выходят из строя детали машин. В связи с этим актуальной задачей является повышение надежности и долговечности узлов трения и, в частности, механических передач. При правильном и грамотном использовании смазочных материалов до 38 – 45% повышается надежность механизмов. Этот показатель во многом зависит от использования эффективных присадок и добавок в смазочных маслах.

Развитие науки, техники и технологий дает возможность использовать работу узлов трения машин, работающих при больших нагрузках, скоростях и температурах с высокими технико-экономическими показателями [1]. В мировой практике смазочных материалов все чаще применяются функциональные присадки и добавки для повышения их эксплуатационных характеристик. Для улучшения этих показателей в маслах традиционно используют графит, дисульфид молибдена, дисульфид вольфрама, нитрид бора, бентонит, серпентин, вермикулит и др. материалы. Среди добавок в масла можно выделить вещества кристаллического слоистого строения. Одна из основных причин использования добавок в маслах – это придание им высоких антифрикционных способностей. Испытаниями установлено, что твердые добавки вносятся в смазочный материал в количестве 0,5 – 3% масс. [2]. Преимуществом твердых нерастворимых добавок является то, что их действие проявляется как при низких, так и при высоких температурах. Однако выше перечисленные добавки имеют свои «плюсы» и «минусы». Поэтому, к вопросу улучшения трибологических характеристик масел путем введения добавок следует относиться очень ответственно. Особенно это касается влияния вермикулита в качестве антифрикционной добавки в маслах, так как этот вопрос изучен недостаточно. Данный материал имеет большой промышленный (строительство, сельское хозяйство), а также научный интерес в области трибологических возможностей, так как вермикулит представляет собой слоистой пакет, экологически чистый материал и дешевый. Однако имеется ряд проблем при использовании вермикулита в качестве добавки, одна из которых заключается в том, что его необходимо диспергировать для проведения дальнейших модификаций. В настоящее время одним из перспективных видов диспергирования и гомогенизации растворов различного типа занимает ультразвуковая обработка (УЗ).

В связи с этим ставится задача обработки вермикулита ультразвуковым диспергатором и влияния модифицированного материала на антифрикционные свойства.

В работе исследовался декантированный вермикулит марки КВК-1, предварительно измельченный в мельнице центробежного типа до заданной дисперсности, и в дальнейшем добавленный в смазочное масло И40-А в количестве 3% масс. Процесс модификации проводился путем обработки полученной смеси ультразвуковым диспергатором УЗДН-А в течении 15 минут.

После приготовления смазочного материала, его исследовали на машине трения СМТ-1. Физическая модель представляет собой два ролика, один из которых неподвижный. Нижний вращающийся ролик диаметром 40 мм изготовлен из стали 45 ГОСТ 1050-88 с последующей термообработкой рабочей поверхности до HRC=55-60 ед., исходная чистота поверхности Ra = 1,6 мкм. Верхний неподвижный ролик диаметром 50 мм изготовлен из Стали 40Х ГОСТ 4543-71 твердостью HRC = 45 - 50 ед., исходная чистота поверхности Ra = 1,6 мкм. Испытания проводили в шаговом режиме через 0,1 кН при нагрузках от 0,1 кН до 0,9 кН.

В результате лабораторных испытаний средняя площадь пятна контакта испытуемого смазочного материала составляет  $S = 9,912 \text{ мм}^2$ , что на 10% меньше, чем у образца без ультразвуковой обработки. При нагрузке более 0,6 кН происходит уменьшение коэффициента трения (рис.1), в сравнении с этой же добавкой, не обработанной ультразвуковым диспергатором. Следует отметить, что коэффициент трения снизился на 40% при нагрузке 0,9 кН.

Используя сканирующий электронный микроскоп Vega-3 TESKAN, были получены данные (рис. 2), где показаны гранулометрические фотографии вермикулита в масштабе 100 мкм. На рис. 2.2 видно, что УЗ обработка повышает дисперсность вермикулита, что отражает свойства антифрикционности.

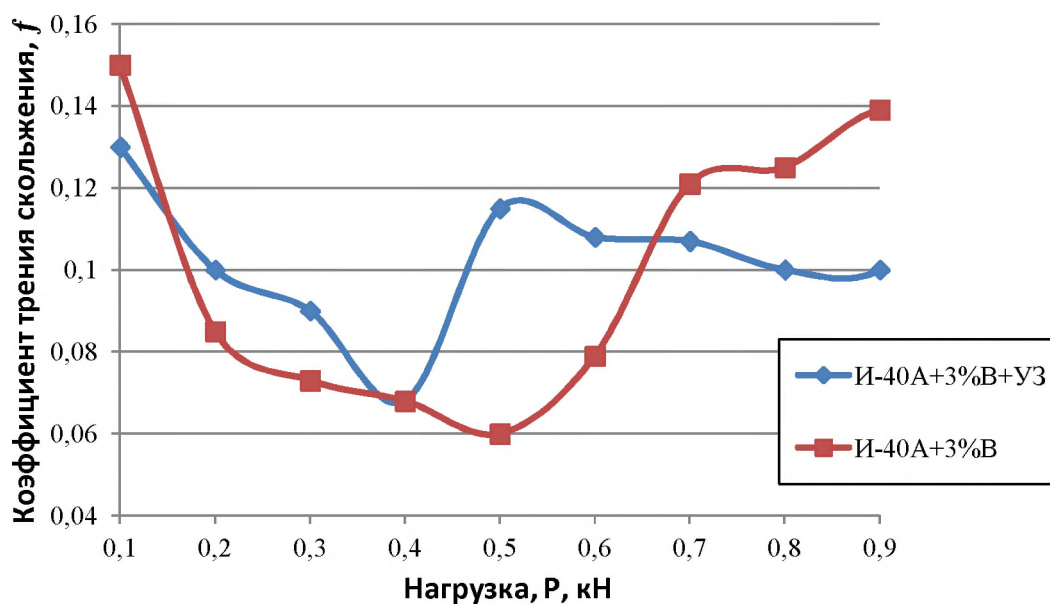


Рис. 1. Изменение коэффициентов трения  $f$  в зависимости от контактной нагрузки  $P$  в стальной паре трения

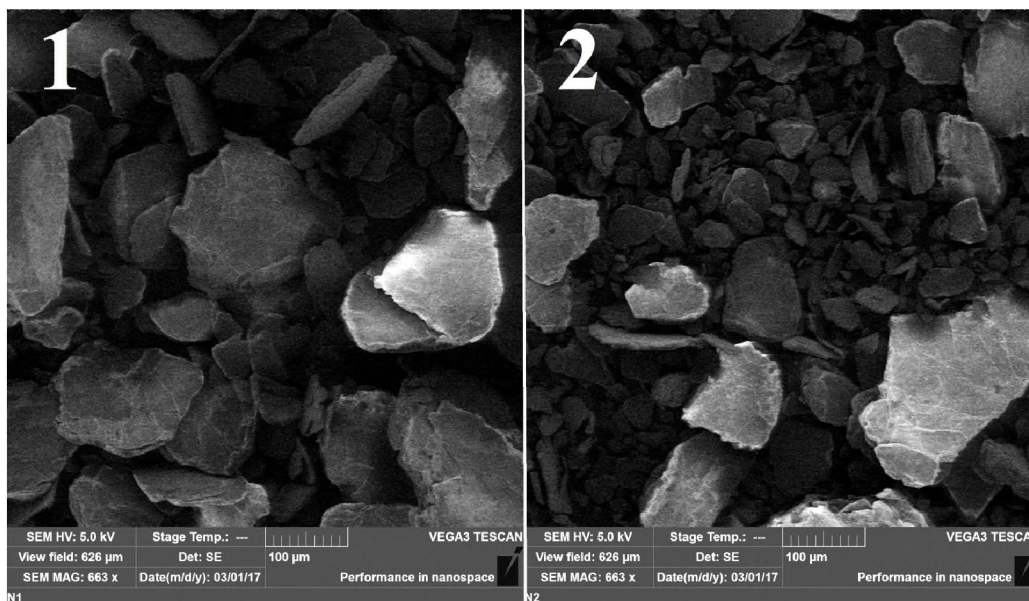


Рис. 2. Изменение гранулометрического состава вермикулита:  
1 – без УЗ обработки, 2 – с применением УЗ обработки

Полученные данные позволяют сделать вывод о том, что ультразвуковая обработка влияет на повышение антифрикционных показателей вермикулита. Однако, для применения вермикулита в качестве антифрикционной добавки не достаточно только ультразвуковой обработки, и в связи с этим, работа над его модификацией будет продолжена.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мельников В.Г., Перспективы развития энергосберегающих смазочных композиций // В.Г. Мельников, Б.Р. Киселев / Сб. трудов Всерос. науч.- технич. конф. М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2008. - С. 80-82.
2. Хебда М., Чичинадзе А.В. Справочник по триботехнике: в 3 т. Т.2: Смазочные материалы, техника смазки, опоры скольжения и качения. М.: Машиностроение, 1990. С.18 – 28.

УДК 621.891.22

*Ю. П. Осадчий, И. Н. Пахотина, Н. Е. Пахотин, С. С. Харченко\**

ФГБОУ ВО «Ивановский государственный политехнический университет»

\* ФГБОУ ВО «Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России»

#### **ВЛИЯНИЕ СМАЗОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ИЗНОС ДЕТАЛЕЙ МАШИН**

Масла используют для уменьшения трения скольжения и износа деталей и узлов. В процессе эксплуатации изменяются свойства масел. При помощи различных методов очистки загрязняющие вещества можно удалить и масла могут быть использованы повторно.

**Ключевые слова:** моторные масла, фильтрация, регенерация, мембранные процессы.

*Y. P. Osadchii, I. N. Photina, N. E. Pahotin, S. S. Kharchenko*

#### **THE INFLUENCE OF LUBRICANTS ON THE WEAR OF MACHINE PARTS**

Oils are used to reduce sliding friction and wear of parts and assemblies. In the process of operation change properties of the oils. Using different cleaning methods contaminants can be removed and oil can be reused.

**Keywords:** engine oil, filter, regeneration, membrane processes.

Моторные масла используют в двигателях для уменьшения трения скольжения и износа деталей и узлов, а также для отвода тепла от трущихся поверхностей и уплотнения зазоров в цилиндропоршневых группах. Моторные масла подвергаются значительным механическим и термическим воздействиям. Они должны обладать хорошими противоизносными, антифрикционными свойствами и не вызывать коррозию металлов.

Смазочное моторное масло в процессе работы в двигателе внутреннего сгорания претерпевает значительные изменения. Изменяется его состав, срабатываются присадки, масло загрязняется механическими примесями, продуктами разложения и

сгорания присадок и топлива. По мере наработки масла в автомобильных двигателях, накопления смол, асфальтенов, карбенов и карбоидов оно начинает интенсивно стареть, что в значительной степени влияет на срок его службы. Это отражается на технико-экономических показателях эффективной эксплуатации машин [1].

Все усовершенствования ДВС приводят к повышению температуры, в результате чего условия работы масел становятся все более жесткими. Температура деталей цилиндропоршневой группы может достигать значения 250-300<sup>0</sup> С. При этом, углеводороды масла претерпевают химические изменения. На деталях ДВС образуются углеродистые отложения, в масле накапливаются продукты окисления. При эксплуатации моторных масел в двигателях внутреннего сгорания образуются продукты окисления в виде асфальта-смолистых соединений, нагаров, лаков, шламов и других примесей. Металлические части попадают в масло в результате истирания поверхностей деталей. Минеральные примеси - пыль, песок попадают в масляную систему из воздуха, накапливаются в работающем масле и вызывают интенсивный износ трущихся поверхностей.

В процессе окисления изменяются физико-химические свойства масла, что приводит к ухудшению его эксплуатационных свойств. Продукты физико-химических превращения масла, вредные примеси, попадающие извне, делают масло непригодным для дальнейшей работы. При помощи различных методов очистки загрязняющие вещества могут быть удалены, первоначальные свойства масел восстанавливаются, и оно может быть использовано повторно наравне со свежими маслами или в смеси с ними.

Существующие способы и средства очистки масел, встроенные в систему смазки двигателей, не позволяют вместе с механическими примесями удалять и продукты старения, что ставит вопрос о необходимости разработки новых способов воздействия на работающее масло в разряд особо актуальных. Его решение создаст основу для разработки высокоэффективных технологических процессов восстановления свойств работающих моторных масел, продления сроков их службы и повышения надежности работы пожарной техники.

Выбор метода регенерации отработанных масел определяется характером содержащихся в них загрязнений и продуктов старения. Для одних масел достаточно простой очистки от механических примесей, для других необходима глубокая переработка с использованием химических реагентов. Разработанные методы и технологии регенерации направлены, прежде всего, на решение задач удаления из масел механических примесей и воды. Существующие способы очистки масел различного рода центрифугами и фильтрами не позволяют удалять продукты окисления и смолы, которые снижают работоспособность моюще-диспергирующих, противоизносных и антиокислительных присадок и уменьшают сроки эффективной работы смазочного материала [2].

Не представляется возможным детально изучить и проследить все многообразие и многостадийные превращения всех составных частей исходного масла. Конечными продуктами в цепи реакций становятся нерастворимые в масле высокомолекулярные соединения, образующиеся в результате полимеризации и конденсации промежуточных продуктов окисления, а также структурных изменений углеводородов.

Кроме аккумулирующихся в работающем моторном масле продуктов его окисления и взаимодействия их с присадками важными источниками загрязнения являются продукты неполного сгорания органической составляющей топлива, неорганиче-



ские остатки (зола) после сгорания топлива и масла, содержащаяся в воздухе пыль и продукты износа трущихся деталей двигателя. При любой схеме организации процессов смесеобразования и сгорания в двигателях происходит образование некоторого количества твердых продуктов неполного сгорания топлива в виде сажистых частиц размером 0,03 - 0,05 мкм, склонных к агрегации и образованию более крупных частиц размером до 1 мкм. Одним из факторов, влияющим на процесс изменения свойства масла в ДВС, является качество используемого топлива, содержание в нем серы и эффективность его сгорания, а это, в свою очередь, отражается на интенсивности износа деталей двигателя и деталей цилиндропоршневой группы.

Анализ изменения физико-химических показателей работающих моторных масел позволяет, сделать вывод, что в зависимости от наработки масла и происходящих в нем окислительных процессов изменяется прежде всего кинематическая вязкость масла, щелочное число, содержание нерастворимых загрязнений в масле. Все неисправности двигателей, приводящие к повышению дымности отработавших газов, влекут за собой ускорение загрязнения масла сажей [3].

Повышение качества применяемых моторных масел - только один из способов увеличения периодичности их замены. Не менее важен и другой способ: улучшение степени очистки масла в двигателях. Практически на всех современных двигателях устанавливают полнопоточные реактивные маслоочистители (центрифуги). Их применение по сравнению с фильтрами тонкой и грубой очистки позволило значительно улучшить качество очистки. Однако и центрифуги полностью задержать все продукты старения и загрязнения не могут. Если размер частиц меньше 1 - 5 мкм, то они не задерживаются, а циркулируют по смазочной системе. Мелкие абразивные примеси повышают износ, а органические увеличивают скорость нагарообразования. Поэтому разрабатывают новые типы центрифуг, устанавливают дополнительные фильтры, применяют ультразвуковую обработку, но до сих пор в производстве еще нет надежных систем, которые позволили бы проводить достаточно полную очистку масла в двигателе.

Неотъемлемой частью технологий по увеличению интервалов замены моторных масел, является контроль его основных физико-химических показателей. На сегодняшний день существует множество способов экспресс контроля качества нефтепродуктов. Разработанный ряд экспресс-лабораторий позволяет определить такие показатели качества работающего моторного масла как: вязкость кинематическая, загрязненность, диспергирующе-стабилизирующие свойства, содержание воды и т.д.

Современные приборы для определения концентрации примесей имеют сложную конструкцию, большие габариты и длительное время измерения. В результате исследования нами разработана оригинальная методика, предназначенная для определения массовой концентрации примесей в моторном масле непосредственно на месте отбора проб колориметрическим способом с использованием фотоколориметра «Экотест-2020» в течение короткого времени [4].

Использование дополнительных ступеней очистки масел позволяет повысить эффективность удаления загрязнений, но не решает задачи «замедления процесса старения». Представляют интерес разработки новых способов в области очистки полностью отработавших свой срок службы моторных масел. Такие масла содержат в своем составе большое количество продуктов окисления масла, сгорания присадок и топлива. Содержание присадок в отработанных моторных маслах находится на уровне 20 – 30 % от уровня свежих масел и для таких масел необходим полный процесс восста-

новления. Основным препятствием к улучшению очистки отработанных моторных масел является наличие в них моюще-диспергирующих присадок. Эти присадки при эксплуатации масел срабатываются не полностью и удерживают загрязнения во взвешенном состоянии. В результате адсорбция, механическая фильтрация и другие виды очистки оказываются малоэффективными.

В настоящее время ведется активный поиск новых методов регенерации отработанных моторных масел с использованием мембранного разделения. Исследование процессов разделения с использованием молекулярных сил позволило выделить мембранный метод, как наиболее перспективный для тонкой очистки [5].

Мембранные процессы – это процессы разделения, осуществляемые на полупроницаемых мембранах под действием приложенной движущей силы. К наиболее распространенным промышленным мембранным процессам относятся обратный осмос, ультра-, микро- и нанофильтрация, диализ, электродиализ, мембранная дистилляция, испарение через мембрану, мембранное разделение газов.

Наиболее эффективными являются ультрафильтрационные мембраны, так как они улавливают мелкодисперсные включения, а их использование не требует больших затрат. Большое значение имеет использование этого процесса при разделении веществ, чувствительных к температурному режиму, так как при ультрафильтрации растворы не нагреваются и не подвергаются химическому воздействию.

Ультрафильтрация – это баромембранные процессы разделения, в которых мембраны не пропускают частицы и макромолекулы размером свыше 0,003 мкм. Высокая эффективность баромембранной технологии обусловлена резким снижением концентрации органических загрязнений, как высокомолекулярных, так и низкомолекулярных. Процессы мембранного разделения, такие как микрофильтрация, ультрафильтрация, нанофильтрация, эффективнее и экономичнее традиционных методов разделения. Наиболее эффективными являются ультрафильтрационные мембраны, так как они улавливают мелкодисперсные включения. Ультрафильтрационные мембраны обеспечивают стабильно высокое качество очистки отработанных моторных масел.

Необходимо отметить, что при регенерации масел можно получать базовые масла, по качеству идентичные свежим, причем выход масла в зависимости от качества сырья составляет 80-90%.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Остриков В.В., Клейменов О.А., Баутин В.М.* Смазочные материалы и контроль их качества в АПК.-М: Росинформатех, 2003.-154с.
2. *Пахотина И.Н., Осадчий Ю.П., Пахотин Н.Е.* Методы регенерации отработанных моторных масел. Пожарная и аварийная безопасность: Материалы VIII Международной научно-практической конференции. Иваново: Ивановский институт ГПС МЧС России, 2013. - С. 241-244.
3. *Пахотина И.Н., Осадчий Ю.П., Пахотин Н.Е.* Надежность и экологичность очистки отработанных моторных масел ультрафильтрацией. Надежность и долговечность машин и механизмов: Сборник материалов VI Всероссийской научно-практической конференции. Иваново: Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2015. - С. 198-200.
4. *Осадчий Ю.П., Маркелов А.В., Гришута А.С., Пахотин Н.Е.* Методика анализа моторного масла с помощью фотоколориметра. Информационная среда вуза: Международная научно-техническая конференция. Иваново: ИВГПУ, 2013, - С.441-444.

5. *Пахотина И.Н., Осадчий Ю.П., Пахотин Н.Е.* Баромембранное разделение и очистка отработанных моторных масел. Молодые ученые развитию текстильно-промышленного кластера (Поиск-2015): Сборник трудов Межвузовской научно-технической конференции с международным участием. - Иваново: ИВГПУ, 2015. - С. 221-222.

УДК 687:[677.057:617]

*Д. А. Пирогов, Р. В. Шляпугин, С. В. Селезнев*

ФГБОУ ВО «Ивановский государственный политехнический университет»

### **ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЗЕВООБРАЗОВАТЕЛЬНОГО МЕХАНИЗМА МЕТАЛЛОТКАЦКОГО СТАНКА С УЧЕТОМ ДИССИПАТИВНЫХ СИЛ**

В работе, с применением программного продукта MSC Adams, осуществлено моделирование динамических характеристик зевобразовательного механизма металлотацкого станка с учетом сил трения.

**Ключевые слова:** САПР, моделирование, зевобразовательный механизм, динамика, трение.

*D. A. Pirogov, R. V. Shlyapugin, S. V. Seleznev*

### **RESEARCH THE DYNAMIC CHARACTERISTICS OF SHED FORMING MECHANISM OF METAL-WEAVING MACHINE, TAKING INTO ACCOUNT DISSIPATIVE FORCES**

In this paper, using MSC Adams software, implemented simulation of dynamic characteristics of shed forming mechanism of metal-weaving machine, taking into account the friction forces.

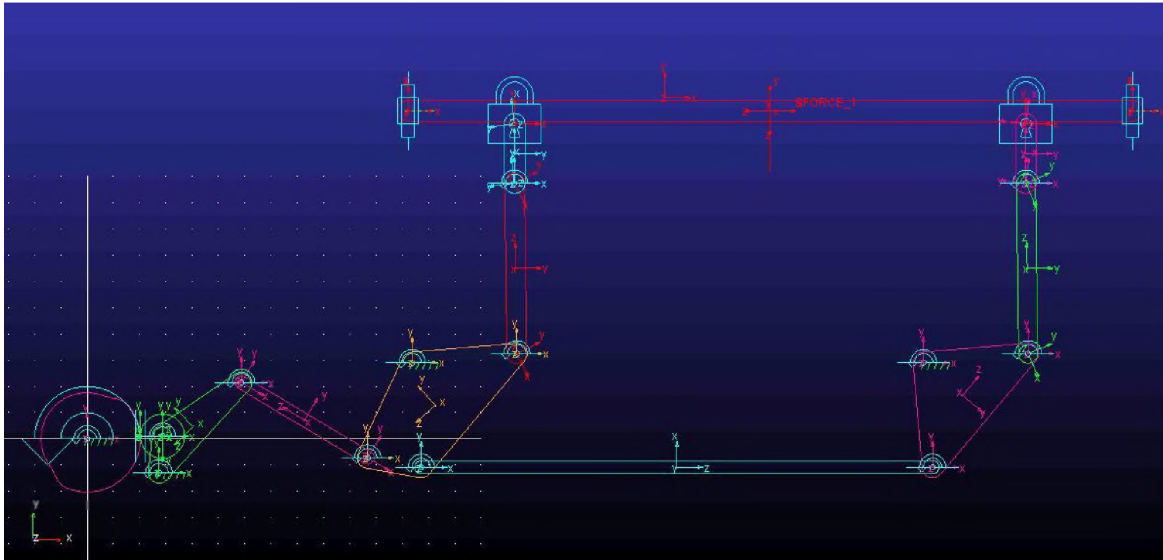
**Keywords:** CAD, simulation, shed forming mechanism, dynamics, friction.

При проектировании технологического оборудования металлотацкого производства основной проблемой является то, что станки работают в условиях больших динамических воздействий, их узлы трения загрязняются и быстро изнашиваются. В этих условиях одним из путей решения проблем повышения надежности и долговечности оборудования, снижения затрат энергии, расходуемой на преодоление сил трения, является исследование работы механизмов с учетом диссипативных сил и рациональное проектирование узлов трения.

В этой связи поставленной целью работы является исследование работы зевобразовательного механизма с учетом диссипативных сил – сил трения.

В работе [1] разработана расчетная модель зевобразовательного металлотацкого станка СТМ-4-130 с использованием программного продукта MSC Adams[2], примем ее за основу данного исследования.

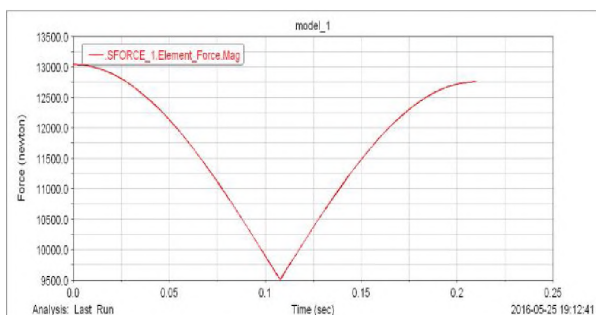
Расчетная схема механизма (Рис.1) создана в соответствии с конструкторской документацией на станок. В качестве звеньев механизма использованы встроенные в программу Adams View примитивы: цилиндры, соединительные элементы, пластины и др. Геометрические размеры звеньев соответствуют структурной схеме механизма, массо-центровочные характеристики, присвоенные звеньям, получены из проведенных ранее аналитических исследований [3] и конструкторской документации. Механизм оснащен кулачковым приводом. Рама механизма изображена упрощенно, так как имеет сложную геометрию, которая в данном исследовании интереса не представляет.



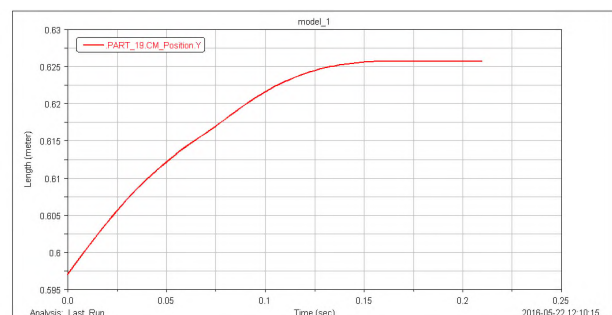
**Рис. 1.** Расчетная схема зевобразовательного механизма в MSC Adams

Рассмотрим особенности моделирования работы зевобразовательного механизма с учетом сил трения.

В качестве исходных данных приняты технологические параметры при выработке сетки № 24 (ТУ 3651-028-00279597-2006). Зависимость действующей силы натяжения нитей основы (Рис.2) от перемещения ремизной рамы (заправочное натяжение нитей основы 9500 Н. Зависимость перемещения ремизной рамы (Рис.3). Скорость вращения кулачкового вала 25 об/мин.



**Рис. 2.** Зависимость действующей силы натяжения нитей основы от перемещения ремизной рамы



**Рис. 3.** Зависимость перемещения ремизной рамы

Силы трения (коэффициенты трения) назначены в соответствие с исходными данными, причем, в поступательных парах учитываются силы трения, а во вращательных моменты сил трения. Моделирование производится по требуемому углу поворота кулачкового вала, на фазе подъема ремизной рамы.

Коэффициенты трения приняты: сталь - сталь:  $\mu_{cm}^1 = 0,15; \mu_{\delta}^1 = 0,13;$   
 сталь - бронза:  $\mu_{cm}^2 = 0,16; \mu_{\delta}^2 = 0,13;$  сталь - латунь:  $\mu_{cm}^3 = 0,19; \mu_{\delta}^3 = 0,12.$

В результате моделирования работы, с учетом сил трения, получены зависимости уравнивающей силы (Рис.4.), угла давления (Рис.5.), реакций в шарнирах механизма в зависимости от времени моделирования. На рисунке 6 и рисунке 7 показаны значения реакции в высшей кинематической паре с учетом сил трения и без них. На рис.8 представлено значение реакции в шарнире «В» с учетом трения.

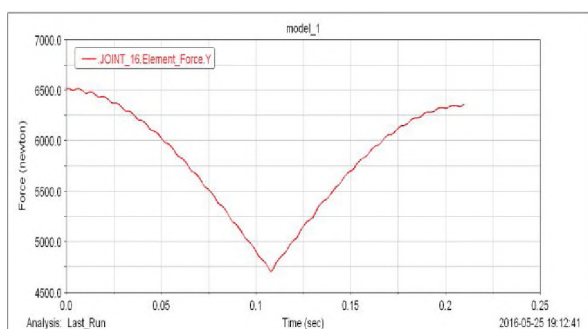


Рис. 4. Зависимость изменения уравнивающей силы

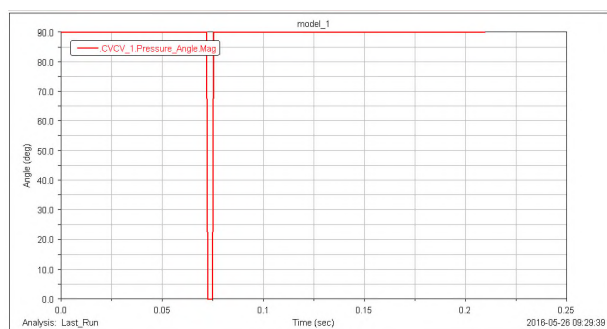


Рис. 5. Зависимость изменения угла давления

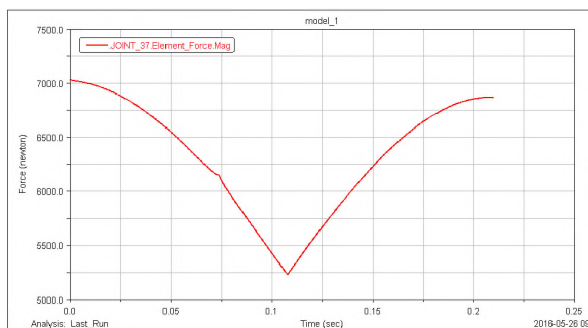


Рис. 6. Реакция в паре «Кулачок-ролик»

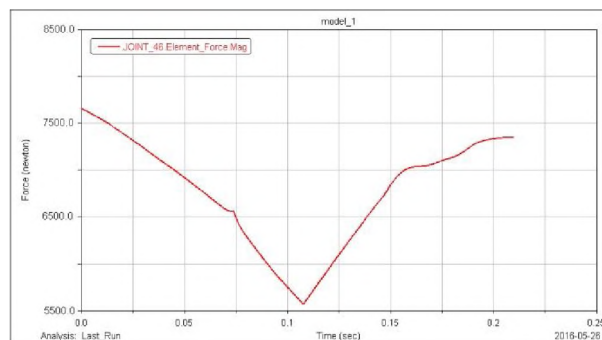


Рис. 7. Реакция в паре «Кулачок-ролик» с учетом сил трения

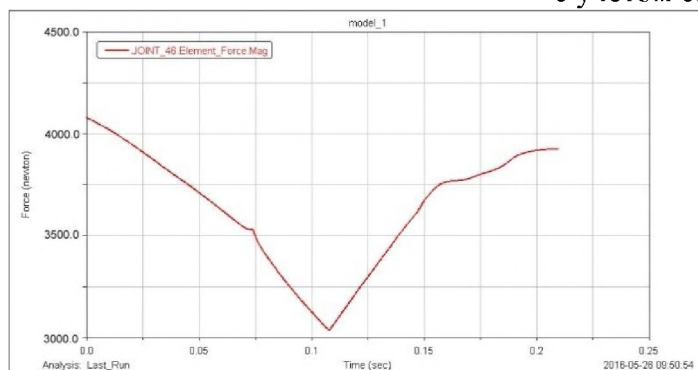


Рис. 8. Реакция в шарнире «В» с учетом сил трения

Полученные зависимости уравнивающей силы (Рис.4.) и угла давления в высшей паре (Рис.5.), по сравнению с полученными ранее методом замкнутых контуров по своему характеру идентичны, а отличия в результатах (которые составляют не более 5%) объясняются применяемыми методиками анализа разработанных моделей.

**ВЫВОДЫ.** Таким образом, с применением программного продукта MSC Adams выполнен расчет динамических характеристик зевообразовательного механизма с учетом сил трения. При качественном сравнении результатов видно, что силы трения влияют на характер силовых характеристик. Установлено, что наибольшее влияние на характер усилия в высшей кинематической паре оказывают наиболее нагруженные шарниры механизма. Расчеты показывают, что силы трения существенного влияния на значения силовых характеристик механизма не оказывают, вероятно, это связано с тем, что применяется безударный закон движения входного звена и механизм работает на небольших скоростях и больших сил инерций не возникает.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Тувин, А.А.* Компьютерное моделирование кинематических и динамических характеристик металлорежущих станков [Текст] /*А.А.Тувин, Д.А. Пирогов*//Известия вузов. Технология текстильной промышленности. – 2009.–№ 6.– С.119-121.
2. Официальный сайт компании MSC Software Corporation. [Электронный ресурс]. - Электрон. текстовые, граф., зв. дан.; режим доступа: <http://www.mssoftware.com>
2. *Пирогов, Д.А.* Исследование вынужденных колебаний ремизной рамы металлорежущего станка [электронный ресурс]/*Д.А. Пирогов, Р.В. Шляпугин, С.В. Селезнев*// МИКМУС-2014: труды XXVI Международной инновационно-ориентированной конференции молодых ученых и студентов. М: Изд-во ИМАШ РАН, 2014, с.316-322 ISBN 978-5-4253-0812-2.Режим доступа: <http://elibrary.ru/download/14623544.pdf>

УДК 53.043

*В. В. Приймак, М. А. Марченко, И. Л. Скрипник*  
ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России»

#### **ПОВЫШЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК СИСТЕМ ПЕРВООЧЕРЕДНОГО ЖИЗНЕОБЕСПЕЧЕНИЯ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ АВАРИЙНО-СПАСАТЕЛЬНЫХ РАБОТ ПУТЕМ ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ**

Работа посвящена исследованию влияния электрофизической обработки горюче-смазочных материалов (далее ГСМ) на их физико-химические и триботехнические свойства.

**Ключевые слова:** силовые установки, характеристики, электрофизическое воздействие, триботехнические свойства.

*V. V. Priymak, M. A. Marchenko, I. L. Skripnik*

## **INCREASE OF OPERATIONAL CHARACTERISTICS OF PRIORITY LIFE SUPPORT SUPPORT SYSTEMS DURING RESCUE OPERATIONS BY ELECTROPHYSICAL IMPACT**

It is devoted to the general study of the tribological properties of hydrocarbon fluids, an example of a generalized equation.

**Keywords:** hydrocarbon fuel, physical characteristics (fuels and lubricants), electrical effects, changes in physico-chemical properties, tribological properties.

Энергосбережение и энергоэффективность – сложное научно-техническое направление, развивающееся в современной России, от которого зависит не только конкурентоспособность на внешнем мировом рынке, но и, в конечном счете, национальная безопасность страны в целом. Широкое применение данное направление находит в транспортных и промышленных системах, что определяется огромной протяженностью различных коммуникаций и путей сообщений в России. В настоящее время проблемы энергосбережения и энергоэффективности на транспорте и в промышленности решаются в основном либо работой в области над организационно-законодательными мерами, либо прямым контролем за использованием энергоресурсов. В техническом оснащении, к сожалению, для серьезной экономии энергоресурсов множество разработок имеют ограниченную область применения и не находят масштабного применения ввиду дороговизны, несовершенства, сложности конструкций и прочих факторов.

Ликвидация последствий ЧС террористического характера должна представлять собой комплекс специальных мероприятий, осуществляемых с целью максимального ослабления поражения людей, снижения размеров материальных потерь и предотвращения возможных дальнейших действий со стороны террористических групп. В работе под организацией ликвидации последствий ЧС понимается комплекс мероприятий по подготовке спасательной операции, включающей принятие решения, постановку задач подразделениям, планирование спасательной операции, организацию взаимодействия, управления и обеспечения. Основопологающим мероприятием является обеспечение постоянной готовности сил и средств к немедленному реагированию на чрезвычайные ситуации, в том числе террористического характера, и эффективному выполнению поставленных задач по ликвидации их последствий с минимальными затратами на их выполнение.

В подобных ситуациях нередко возникают ситуации, когда необходимо применять автономные источники питания, способные продлить работу спасательных формирований независимо от того, в каких районах и территориальных условиях происходят АСР. В первую очередь к ним относят дизельные/бензиновые генераторы, которые в свою очередь подразделяются на стационарные и автономные. Своевременное и правильное использование первоочередных средств жизнеобеспечения позволяет значительно сократить время на проведение АСР, а главное, вовремя оказать необходимую помощь людям, в любое время. Следует отметить, что подобными автономными источниками питания снабжаются не только спасательные формирования, но и целые крупные промышленные предприятия.

В настоящее время силовые установки (далее СУ) систем первоочередного жизнеобеспечения находятся в ведомстве служб энергоснабжения, а также подконтрольны в системе гражданской обороны (далее ГО). Данное направление является одной из важнейших функций государства, составной частью оборонного строительства и обеспечения безопасности населения страны. Для ее реализации наша страна предпринимает различные действия по ведению и организации ГО. Основные задачи ГО заключаются в своевременной помощи населению от различных катастроф природного и техногенного характера в военное и мирное время, а также повышение устойчивости функционирования важнейших объектов инфраструктуры и экономики. При чрезвычайных ситуациях всевозможные предприятия, попавшие в их зону воздействия ЧС, зачастую полностью или частично теряют способность производить продукцию, выполнять другие свои функции. В этом случае говорят о потере данным производственным объектом устойчивости функционирования [1].

Одним из простых и наименее трудоемких способов повышения эксплуатационных свойств топлива и снижения его потребления техническими средствами является электрофизическая обработка горючего, которая происходит при пропускании рабочей жидкости через магнитное поле при одновременном наложении высокочастотного электромагнитного поля [2]. Электрофизический способ обработки углеводородных жидкостей прост в использовании. Переменный частотно-модулированный потенциал возможно подавать как на корпус СУ или двигателя внутреннего сгорания (материал стенок корпуса должен быть проводником электрических полей), так и непосредственно в объем углеводородного топлива. Применение электрофизического способа обработки углеводородных топлив безопасно для людей [3]. При обработке возможно достаточно использовать напряжение 5-15 В и частотой 50 Гц [4].

По сути самих исследований и изобретений по воздействию электрофизических полей на углеводородные топлива относительно мало, и они не носят систематического характера. Однако имеется огромное число иностранных и Российских патентов по улучшению эксплуатационных характеристик ГСМ и уменьшению его удельного расхода [5]. К сожалению, некоторые подобные изобретения не соответствуют своим заявленным тактико-техническим характеристикам – как показывала практика, эффект от воздействия электрофизических полей с ГСМ либо полностью отсутствовал, либо имел настолько малые значения, что не превышал определенных погрешностей при проведении измерений [5, 6]. Следует отметить, что подобные работы проводятся с ГСМ не только для оптимизации работы СУ и двигателей внутреннего сгорания, но и для электрофизического управления процессами испарения (конденсации) жидких углеводородных топлив, предназначенных для снижения их пожароопасных свойств [4]. В нынешнее время подобные научные исследования находят свое применение в промышленных целях.

Электрофизическая подготовка топлива и масел для автономных и стационарных электрогенераторов проводятся с целью повышения работоспособности при одновременном снижении затрат ГСМ работающими силовыми генераторными установками. Подобные действия с ГСМ наиболее предпочтительны при длительном обеспечении электроэнергией важных объектов (больниц, бомбоубежищ, заводов и т.д.) на случай введения различных чрезвычайных ситуаций.

При обработке топлива электрофизическим полем на его капли, кроме молекулярных сил, которые определяют их прочность, действуют аэродинамические и электрические силы, направленные в противоположную сторону. Снижение поверхност-



ного натяжения капли приводит к более тонкой распыленности жидкости, улучшению сгорания и, как следствие, понижению токсичности отработанных газов [7]. Все это позволяет обеспечить более длительную работу стационарных генераторов при снижении потребления используемого горючего, а также позволит уменьшить выброс отработавших газов.

Триботехнические свойства углеводородных жидкостей возможно определять на основании норм, характеристик и правил, описанных в ГОСТ 30858-2003. К ним относятся износостойкость, антифрикционность, несущую способность при трении, фрикционную термостойкость, прирабатываемость, геометрические, технические и физико-химические характеристики приповерхностного слоя, совместимость при трении и энергетические потери в трибосопряжении. Данный стандарт устанавливает принципы обеспечения триботехнических требований и показателей изделий и их частей, работающих в условиях трения и износа, при их проектировании и эксплуатации [8]. Триботехнические свойства изделий характеризуют контактное взаимодействие твердых тел при их относительном перемещении и зависят от показателей конструктивных и смазочных материалов [8]. Согласно данному стандарту, все масла и смазки должны подбираться с учетом выполняемых ими функций в механизмах (повышение износостойкости трущихся деталей, уменьшение трения, непрерывная очистка поверхностей, защита от коррозии). Качество поверхности трения определяется геометрическими характеристиками трущихся поверхностей (наличием шероховатостей и волнистостей) и физико-химическими свойствами поверхностных слоев.

На примере ранее проводившихся работ [9, 10] с моторными маслами было установлено, что с увеличением напряженности электрофизического поля снижается коэффициент трения скольжения. Это можно объяснить увеличением подвижности частей молекул, вызванное раздроблением крупных молекул смазочной жидкости с помощью воздействовавшего электромагнитного поля. Всё это позволило установить, что электромагнитная обработка приводит к резкому изменению поверхностного натяжения масла, причем это изменение находится в периодической зависимости от напряженности электромагнитного поля [9, 10].

Накопленные знания по этому направлению и проведенные опыты позволили установить, что электромагнитная обработка приводит к резкому изменению поверхностного натяжения масла и топлива, причем это изменение находится в периодической зависимости от напряженности электромагнитного поля. Следует отметить, при проведении подобных опытных работ, было установлено, что при более длительном воздействии на горюче-смазочные материалы (диапазон воздействия по времени от 30 минут до 1 часа), эффект намагничивания углеводородных жидкостей сохраняется постоянным [4, 5]. Все это позволяет сократить расход потребляемого горючего, уменьшить износ двигателя и снизить выброс  $\text{CO}_2$  в окружающую среду.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Учебное пособие для преподавателей и слушателей УМЦ, курсов ГО и работников ГОЧС предприятий, организаций и учреждений. Под общей редакцией *Г.Н. Кириллова* 2002 г. – 512 с.
2. *Матвеева Е.Л., Трофимов И.Л., Свирид М.Н. и др.* - научная статья «Влияние электромагнитной обработки топлив на формирование износостойкости пар трения», Восточно-Европейский журнал передовых технологий № 62, 2013 год

3. ГОСТ 12.1.018-93 Межгосударственный стандарт система стандартов безопасности труда пожаровзрывобезопасность статического электричества. Общие требования.
4. *Симонова М. А.* Автореферат диссертации «Электрофизический способ снижения пожарной опасности хранения и транспортировки углеводородных топлив», С-Пб, 2011 г.
5. *Мурамович В. Г.* Автореферат диссертации «Теоретико-методические основы молекулярной модификации углеводородного топлива для транспортных средств электрическими полями», ИПТ РАН, 2013 г.
6. Уменьшение содержания вредных примесей в выбросах дизельных двигателей / *Т. Моримацу, Т. Окасаки, Т. Фуруа* // Труды Американского общества инженеров-механиков. Серия А. «Современное машиностроение» - 1989.-№5.-с. 1-7.
7. *Гордиенко В.А., Зувев Ю.Ю., Ковалев А.С. и др.*, Использование каталитических процессов в двигателях внутреннего сгорания для повышения качества их работы// Инф.сб. N7 Центр. бюро НТИ Минтранс.
8. ГОСТ 30858-2003 Триботехнические требования и показатели.
9. *Матвеева Е.Л., Трофимов И.Л., Свирид М.Н. и др.*- научная статья «Влияние электромагнитной обработки топлив на формирование износостойкости пар трения», Восточно-Европейский журнал передовых технологий № 62, 2013 г.
10. *Trofimov, I.* Study of antiwear properties of jet fuel treated with electric field / *I.L. Trofimov, N.N. Zakharchuk* // Systems and means of motor transport (selected problems), by Politechnika Rzeszowska. – Rzeszow, Poland. – p. 295-301.

УДК 677.023.292.92

*Т. Ю. Степанова, Т. Ю. Кирпичева*

ФГБОУ ВО «Ивановский государственный химико-технологический университет»

### **СУЩНОСТЬ И РОЛЬ ТРЕНИЯ ПРИ МЕХАНИЧЕСКОЙ ПЕРЕРАБОТКЕ ТЕКСТИЛЬНЫХ ПОЛУФАБРИКАТОВ**

Определена главная роль фрикционных взаимодействий полимера и металла на механической переработке волокнистых материалов. Приведена структурная схема процесса граничного трения, имеющего место при фрикционном контакте нити с оснасткой технологического оборудования.

**Ключевые слова:** граничное трение, текстильная трибология, адгезионное взаимодействие, коэффициент трения

*T. Y. Stepanova, T. Yu. Kirpichiova*

### **ESSENCE AND ROLE OF FRICTION IN THE MECHANICAL PROCESSING OF TEXTILE SEMI**

The main role of frictional interaction of the polymer and metal on the mechanical processing of fibrous materials. The block diagram of boundary friction process taking place at the frictional contact with the thread snap-technical equipment.

**Keywords:** boundary friction, textile tribology, adhesion interaction coefficient of friction.

Текстильная трибология охватывает экспериментально-теоретические исследования в области физико-химических явлений, связанных с трением волокон, которое возникает при их относительном перемещении и соприкосновении с металлическими деталями оборудования. При этом в зоне контакта двух взаимно перемещающихся поверхностей возникают контактные силы и мерой трения в системе «волоконно-волоконно» и «волоконно-металл» является сопротивление перемещению равнодействующей силой в зоне контакта.

Противодействие силам сцепления возникает при внутреннем трении волокон в нити, их взаимном перемещении или внешнем трении нити о металлические детали станка. В этих условиях поверхностные неровности двух контактирующих тел срезаются или подвергаются упруго-эластической деформации. В этих процессах важная роль отводится силам адгезии, которые начинают проявляться при взаимном перемещении поверхностей контактирующих тел. Поле адгезионных сил создается атомами, ионами и молекулами, из которых состоит внешний контактирующий слой и его потенциал снижается с увеличением расстояния между контактирующими поверхностями. В частности, поверхностное адгезионное взаимодействие, обусловленное ван-дер-ваальсовыми силами, исчезает на расстоянии 1-2 нм, поэтому для полного проявления адгезионных сил необходимо практически полное соприкосновение контактирующих поверхностей [1, 3, 4].

Любое внешнее воздействие, направленное на отрыв элементов волокон от нити, встречает сопротивление адгезионных сил, а взаимное перемещение шероховатых поверхностей – сопротивление их неровностей, возникающих в результате ударных и эластических деформаций. В целом, эти взаимодействия уравниваются силами сцепления материала. С этой точки зрения процесс трения текстильных материалов может рассматриваться как проявление действия адгезионно-когезионных сил. При таком подходе сопротивление трению ( $F_T$ ) при взаимном перемещении двух твердых тел складывается из адгезионной ( $F_A$ ) и когезионной ( $F_K$ ) основных составляющих:  $F_T = F_A + F_K$ .

Значения компонентов  $F_A$  и  $F_K$  могут изменяться в зависимости от условий, в которых происходит фрикционное взаимодействие, а также от структуры волокон и нитей. Так, например, при взаимном трении волокон внутри структуры нити значение  $F_A$  близко к нулю, а при динамическом трении нити по гладкой металлической поверхности  $F_K$  стремится к нулю.

Известно, что величина коэффициента трения с увеличением гладкости контактирующей поверхности уменьшается, но при переходе к ювальной поверхности – начинает возрастать. Снижение значений  $F_K$  в данном случае объясняется уменьшением количества неровностей и постепенным нарастанием фактической площади контакта и коэффициента трения.

При трении волокон и нитей в процессах их механической переработки следует учитывать следующие обстоятельства:

- в процессах переработки пряжи снижается шероховатость металлических поверхностей деталей технологического оборудования, что приводит к снижению значений  $F_K$  и росту величины компонента  $F_A$  (накопление поверхностных зарядов вызывает резкое увеличение значений  $F_A$ );
- при трении нитей и деталей оборудования отмечается объемная деформация контактирующих объектов;

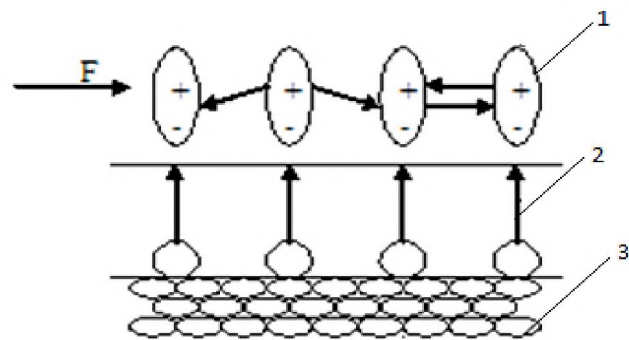
– нити, являясь диэлектриками, при трении имеют склонность к сильной электризации, что дополнительно увеличивает адгезионное взаимодействие и общее сопротивление перемещению;

– во фрикционной паре «металл-нить» величина адгезионного компонента выражена слабее из-за инертности металлической поверхности.

Электризация и нарушение целостности этой поверхности при контакте с движущейся нитью (царапины, резка, коррозия) приводит к росту значимости когезионного компонента в общей характеристике сопротивления перемещению контактирующих поверхностей.

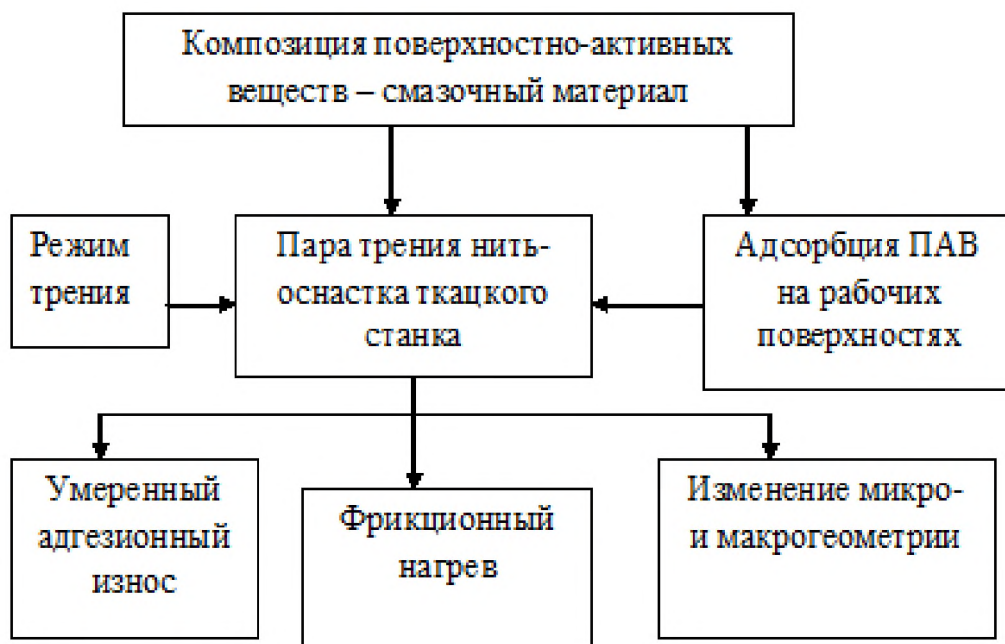
Трение волокон имеет большое значение в процессах переработки текстильных полуфабрикатов, поскольку именно силы трения и сцепления удерживают элементарные волокна в структуре нитей и пряжи. При этом следует различать механизмы проявления сил трения и сцепления. Трение характеризуется сопротивлением, возникающим при перемещении в плоскости касания двух контактирующих тел под воздействием нормальной нагрузки. При отсутствии последней сила трения равна нулю. Сила сцепления не равна нулю при отсутствии нормальной нагрузки, она характеризуется сцеплением, которое в этих условиях возникает при относительном смещении контактирующих тел. Для текстильных полуфабрикатов и материалов, которые сорбируют водяные пары и подвергаются обработке водными растворами ПАВ и ТВВ, характерен граничный тип трения. Для волокон и нитей площадь фактического контакта зависит от значений их среднего диаметра и условий, в которых происходит контактирование. Для снижения величины внешнего трения разделяют слоем «смазочного вещества» трущиеся элементы пряжи, в качестве которого, чаще всего, используются различные ПАВ [2, 4].

Под воздействием внешнего давления слой «смазки» из внутренней структуры импрегнированного волокна попадает в зону фрикционного взаимодействия поверхностей, между которыми образует ультратонкую пленку. При трении в режиме граничной «смазки» способность ПАВ к снижению трения и износа контактирующих поверхностей обусловлена образованием на них прочных граничных слоев, обладающих пониженным сопротивлением сдвигу по сравнению с материалами нити (волокна) и деталей оборудования (рис. 1).



**Рис. 1.** Схема, иллюстрирующая механизм граничного трения: 1 – волокно; 2 – ПАВ; 3 – металлическая поверхность детали станка

Структурная схема процесса граничного трения, имеющего место при фрикционном контакте нити с оснасткой технологического оборудования, приведена на рис. 2. Работоспособность технологического оборудования определяется эффективностью «смазки» со стороны слоя ПАВ трибоповерхностей и соотношением двух одновременно протекающих процессов: образования и разрушения граничного слоя. Соотношение скоростей этих процессов характеризует момент наступления того или иного этапа в ходе граничного трения [2, 3, 4].



**Рис. 2.** Структурная схема взаимодействия определяющих параметров процесса трения при граничной смазке

На основании изложенного можно сделать вывод о том, что для эффективной механической переработки текстильных полуфабрикатов необходим подбор композиции ПАВ, способной к регулированию трибологического эффекта при контакте с различными поверхностями за счет реализации механизма граничного трения.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дарвиш Д.М. Комплексный анализ деформационно-прочностных свойств шерстяных волокон: автореф. дис... канд. техн. наук: 05.19.01/ Дарвиш Диана Махмудовна. – С. – П., 2008. – 16с.
2. Морголин И.С. Износостойкость тканей из шерсти и химических волокон / И.С. Морголин. – М.: Легкая индустрия, 1967. 216 с.
3. Степанова Т.Ю. Исследование влияния эмульсирующих растворов ПАВ на динамический коэффициент трения полиэфирных волокон / Т.Ю. Степанова, С.Г. Сахарова // Современные наукоемкие технологии и перспективные материалы текстильной и легкой промышленности (Прогресс-2010): тез. междунар. научно-техн. конф./ Иван. гос. текст. академ. – Иваново, 2010. С. 34–35.
4. Степанова Т.Ю. Исследование антифрикционных композиций ПАВ для обработки шерстяной пряжи / Т.Ю. Степанова // Заводская лаборатория. Диагностика материалов. – Москва, 2010. Т.76. №8. С.58–60.

УДК 620.178.162.43+621.892.84+532.783

*В. В. Терентьев, О. Б. Аكوпова\*, И. А. Телегин*

ФГБОУ ВО «Ивановская ГСХА имени Д.К. Беляева»

\*ФГБОУ ВО «Ивановский государственный университет»

## **РАЗРАБОТКА ЭФФЕКТИВНЫХ СМАЗОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ С ПРИСАДКАМИ-МЕТАЛЛОМЕЗОГЕНАМИ ДЛЯ УЗЛОВ ТРЕНИЯ ПОЖАРНОГО ОБОРУДОВАНИЯ**

Представлены результаты исследований пластичных смазочных материалов с присадками карбоксилатами меди, обладающих свойствами образовывать жидкокристаллические структуры при определенных условиях. Отмечена перспективность использования мезогенных присадок-карбоксилатов меди для повышения износостойкости элементов трибосопряжений пожарных насосов, а также для повышения их КПД.

**Ключевые слова:** износ, жидкие кристаллы, присадка, смазка, коэффициент трения.

**V. V. Terentyev, O. B. Akopova, I. A. Telegin**

## **DEVELOPMENT OF EFFECTIVE LUBRICANTS WITH ADDITIVES METALLOMESOGENS FOR NODE FRICTION FIRE-FIGHTING EQUIPMENT**

The paper presents the research results of plastic lubricants with additives copper carboxylates having the properties to form liquid crystal structures under certain conditions. Prospect of the use of mixtures of carboxylates to improve the wear resistance of the elements of the friction units.

**Keywords:** wear, liquid crystals, additive, lubricant, resource.

В практике тушения пожаров используется значительное количество технических средств (автомобильная техника, насосные агрегаты).

При этом коэффициент полезного действия пожарных насосов, например, НЦПВ-4/400 составляет не более 40% [1, с.51], что является крайне низким. Общий КПД насоса напрямую зависит от мощности, затрачиваемой на преодоление механических потерь в трибосопряжениях. Мощность, затрачиваемая на преодоление механических потерь определяется силой трения в узлах и сопряжениях элементов привода насоса, которая во многом определяется эффективностью применяемых смазочных материалов. Другим негативным фактором, ухудшающим работу насосных агрегатов, является износ опор скольжения, который приводит к ухудшению работы насоса, сопровождающимся появлением стуков и повышенной вибрации [1, с.54]. В дальнейшем это приводит к выходу из строя всего насоса.

Для смазки опор скольжения пожарных насосов НЦПВ-4/400 применяется пластичная смазка Литол-24 ГОСТ 21150-87.

Таким образом, улучшая состав литол-24 посредством введения в него пакета антифрикционных и противоизносных присадок можно добиться повышения КПД всего насоса и повысить его ресурс.

Эффективными антифрикционными и противоизносными присадками, применяемыми в пластичных смазочных материалах на основе литол-24 являются жидкокристаллические соединения, относящиеся к классу карбоксилатов переходных металлов. Так, ряд исследований, проведенных ранее авторами, доказывают перспективность применения их для улучшения работы сельскохозяйственной техники [2, с.102], [3, с.56].

При этом можно отметить, что карбоксилаты меди с углеводородными радикалами, находящимися в вытянутой транс-конформации, являются более эффективными антифрикционными и противоизносными присадками к пластичным смазкам на литиевой основе, чем карбоксилаты с разветвленной структурой молекулы [4, с.105].

Исследования других авторов также показывают, что для метиленовых цепей карбоксилатов наиболее устойчивой является простейшая меандровидная транс-изомерная конфигурация, отвечающая минимуму потенциальной энергии [5, с.169].

Однако различные гомологи карбоксилатов меди по разному влияют на изменение триботехнических характеристик литиевой базовой смазки.

В рамках проведенной работы определялись основные триботехнические характеристики смазочного материала на литиевой основе, в который вводились в качестве присадок карбоксилаты меди одного гомологического ряда.

Триботехнические исследования проводились на машине трения 2070 СМТ-1, по схеме «вращающийся диск-неподвижный шар». Нагрузка на образцы составляла 400 Н. В процессе исследований определялись коэффициент трения и пятно износа неподвижного шара. Результаты определения коэффициента трения представлены на рис. 1. На рис. 2 представлены результаты определения пятна износа неподвижного образца.

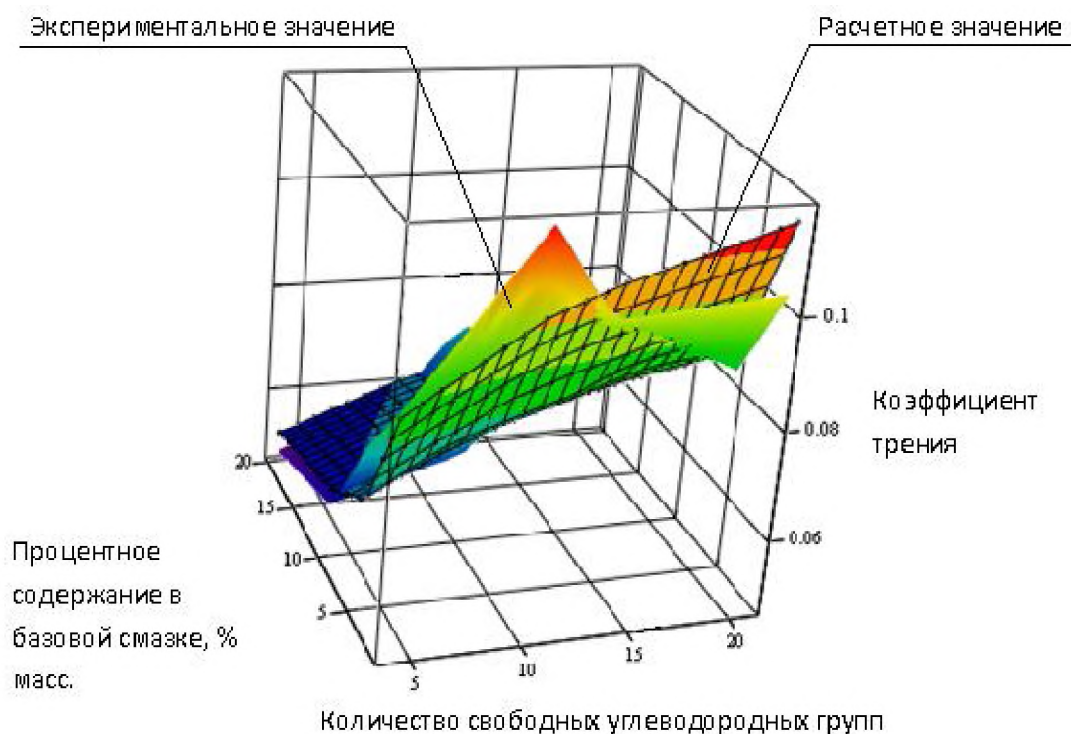
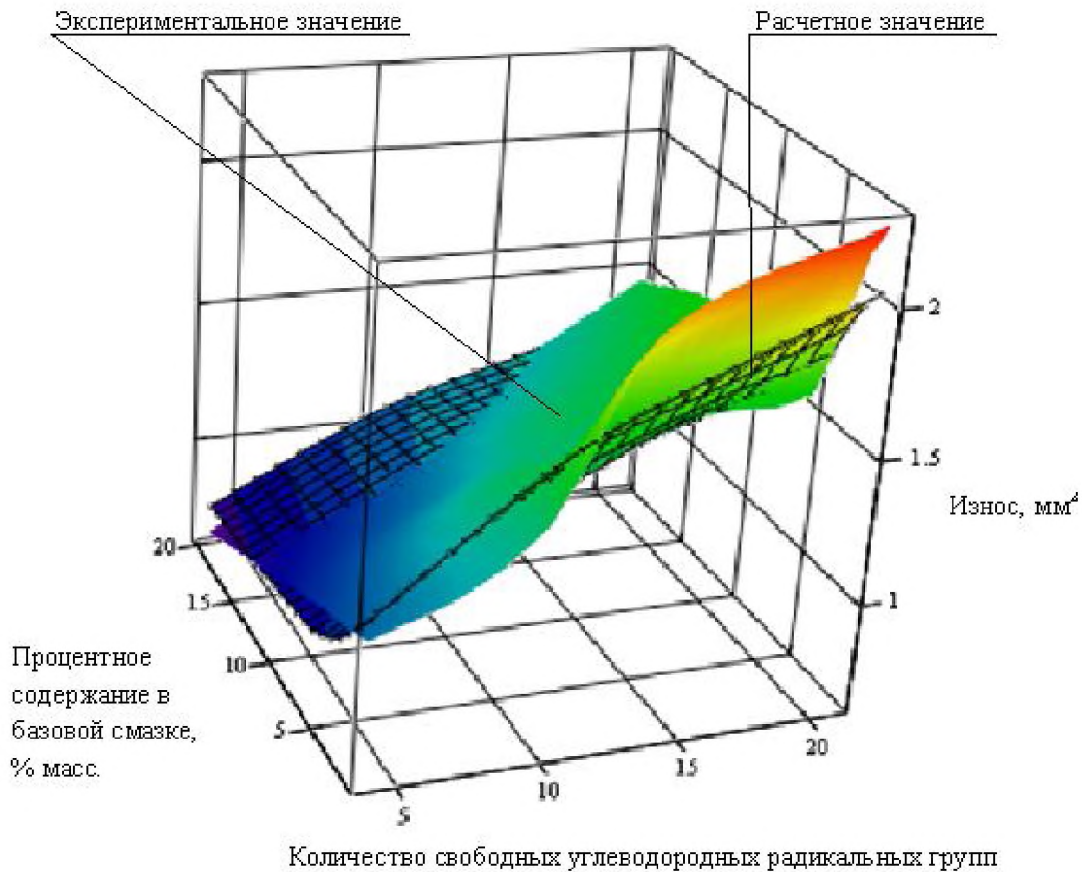


Рис. 1. Результаты определения коэффициента трения



**Рис. 2.** Результаты определения пятна износа

По результатам проведенных исследований можно отметить, что введение исследованных карбоксилатов меди в литол-24 значительно улучшает его антифрикционные и противоизносные характеристики.

По сравнению с чистой базовой смазкой коэффициент трения снижается в зависимости от процентного содержания и типа гомолога в 2,7 раза, а износ образца в 4 раза. При этом видно, что введение короткоцепочечных карбоксилатов (с числом свободных углеводородных групп от 4 до 12) более предпочтительно. Триботехнические характеристики смазочного материала значительно улучшаются при увеличении процентного содержания присадки в базовой смазке литол-24.

Улучшение свойств связано с тем, что на поверхности трения вследствие адсорбции жидкокристаллической присадки в мезоморфном состоянии образуются прочные слои смазочного материала, надежно разделяющие поверхности трения, но при этом вследствие анизотропии свойств образующиеся слои имеют невысокую прочность в направлении сдвиговой деформации.

В результате этого в процессе трения смазочные слои с жидкокристаллическими присадками перемещаются в плоскости скольжения, дополнительно осуществляя деконцентрацию контактных напряжений в зоне трения.

Таким образом, в соответствии с общепринятой молекулярно-механической теорией трения снижается механическая составляющая силы трения.



Следовательно, введение присадок в литол-24 и дальнейшее использование данного материала в качестве смазочного в опорах скольжения пожарных насосов позволит снизить силу трения в опоре, а также значительно снизить износ элементов трибосопряжений, что обеспечит более длительный срок службы насоса и повысит его КПД.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Насосы центробежные пожарные нового поколения: Учебное пособие / М.Д. Безбородько, А.В. Плосконосов. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2008.–58 с.
2. Терентьев В.В., Аконова О.Б., Телегин И.А., Боброва Н.В. Повышение надежности сельскохозяйственной техники за счет использования пластичных смазочных материалов с мезогенными присадками-карбоксилатами меди// Жидкие кристаллы и их практическое использование. 2014. Т.14. №4. С.97-102.
3. Терентьев В. В., Аконова О.Б., Баусов А. М., Герасимов А.И., Телегин И.М. Разработка и исследование антифрикционных и противоизносных дискотических мезогенных присадок для пластичных смазок машин и оборудования//Известия Самарской ГСХА. 2014. №3. С.53-56.
4. Терентьев В.В., Аконова О.Б., Телегин И.А. Влияние на трибологические характеристики пластичных смазок карбоксилатов меди на основе валериановой и изовалериановой кислот //Жидкие кристаллы и их практическое использование. 2016. Т.16. №2. С.100-105.
5. Гайдар С.М. Теория и практика создания ингибиторов коррозии для консервации сельскохозяйственной техники./ Монография.– М.: ФГНУ «Росинформагротех». 2011.–304 с.

УДК 621.899

*В. В. Терентьев, Е. Н. Хохлов*

ФГБОУ ВО «Ивановская ГСХА имени Д.К. Беляева»

#### **РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ОЧИСТКИ ОТРАБОТАННЫХ СМАЗОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ**

Представлены результаты разработки установки для комплексной очистки и регенерации отработанных смазочных материалов, отличающейся простотой конструкции. Представлены результаты исследований очищенных отработанных масел.

**Ключевые слова:** отработанное масло, очистка, фильтрация, регенерация, механические примеси.

*V. V. Terentyev, E. N. Hohlov*

#### **DEVELOPMENT OF TECHNOLOGICAL EQUIPMENT FOR PURIFICATION OF SPENT LUBRICANTS**

The article presents results of development of the installation for comprehensive purification and regeneration of used lubricating oils, which is characterized by simplicity of design. Is presented the results of studies of purified used oils.

**Keywords:** waste oil, purification, filtration, regeneration, mechanical impurities.

Эксплуатация пожарных машин предусматривает использование значительного количества смазочных материалов. В процессе эксплуатации пожарных машин происходит ухудшение эксплуатационных характеристик смазочных масел.

Известно, что в процессе использования масла постепенно теряют свои первоначальные свойства в результате загрязнения механическими примесями, обводнения и окисления [1, с.42]. Механические загрязнения – инородные примеси – в этих маслах содержатся металлические продукты износа деталей оборудования и минеральные примеси – песок, пыль и другие компоненты, включая влагу [1, с.42]. В результате загрязнения масел и ухудшения их характеристик элементы пар трения двигателей внутреннего сгорания, трансмиссии, ходовой части и т.д. начинают работать в жестких режимах, ускоряются процессы их изнашивания и снижается ресурс.

В процессе эксплуатации действие этих негативных факторов устраняются фильтрующими элементами машин, а также посредством замены масел при периодических технических обслуживаниях в соответствии с таблицами и картами смазок конкретного технического средства. При этом возникает проблема, связанная с утилизацией загрязненного отработанного масла слитого из картеров машин.

Одним из путей экономного расходования смазочных масел является дальнейшая его очистка и регенерация.

В развитых зарубежных странах сбору и повторному использованию отработанных масел уделяется значительное внимание. При этом в большинстве стран установлены нормы сбора отработанных масел по отношению к потреблению свежих товарных масел. В большинстве стран планирование сбора и использования масел закреплено соответствующими постановлениями правительства.

Однако на сегодняшний момент в Российской Федерации нет единой государственной политики в области оборота отработанных масел. В настоящее время как в Российской Федерации, так и за рубежом разработаны различные технологические схемы очистки отработанных масел, позволяющие проводить их очистку и регенерацию. Для реализации их разработано различное технологическое оборудование.

Достаточно эффективно очищать отработанные масла (с достаточными для эксплуатации машин показателями качества) можно за счет комбинации различных способов: гравитационное отстаивание, испарительно-вытяжной, центробежный. Применение данных способов позволяет очищать масла от воды, остатков топлива, механических примесей (продуктов износа, кварца, пыли и т.д.).

Однако существующие средства механизации для реализации в полном объеме данного технологического процесса отличаются высокой стоимостью и применение их экономически нецелесообразно в условиях небольших объемов очистки.

Авторами была разработана установка для очистки отработанных масел, позволяющая эффективно очищать моторные, трансмиссионные и промышленные отработанные масла. При этом установка отличается простотой конструкции и невысокой стоимостью, что делает ее эффективной при очистке небольших объемов отработанных нефтепродуктов.

Установка позволяет проводить комплексную очистку отработанных масел за счет способов гравитационного отстаивания, испарительно-вытяжного способа, коагуляции и центробежной очистки.

При этом установка позволяет в зависимости от решаемых задач проводить очистку как комплексно (применяя все указанные методы), так и выборочно, за счет применения отдельных методов.

Разработанная установка позволяет, применяя на этапе центробежной очистки соответствующий коагулянт (в зависимости от решаемых задач) удалять из отработанного масла окисленные и сработавшие присадки.

Для обоснования производительности разработанной установки и определения эффективности процесса очистки был проведен ряд исследований. Для исследований использовалось отработанное масло М-6<sub>3</sub>/12Г<sub>1</sub> ГОСТ 10541.

Содержание механических примесей определялось с помощью индикатора загрязнения жидкостей ИЗЖ-М, степень очистки масел, щелочное число определялась с помощью анализатора качества нефтепродуктов SHATOX-SX 300. Вязкость, содержание воды и температуры вспышки в открытом тигле определялись по стандартным методикам.

Очистка масла осуществлялась по различным технологическим схемам. По результатам исследований можно отметить, что при очистке отработанного масла на разработанной установке основные качественные показатели до допустимых значений восстановлены в течение двух часов очистки. Исследования показывают, что только при центробежной очистке без нагрева и применения коагулянтов эффект от очистки оказался незначителен. Содержание воды не изменяется, содержание механических примесей также изменяется незначительно. Практически не изменилась оптическая плотность масла.

При нагреве масла до температуры 95 - 100<sup>0</sup>С и введении в процессе очистки в масло водных растворов коагулянтов позволяет осуществлять очистку более качественно. После 120 минут обработки масла с добавленным в него коагулянтом в поле центробежных сил содержание воды и механических примесей снижается до допустимых пределов. Температура вспышки при очистке не изменилась. Щелочное число, во многом определяющее содержание функциональных присадок в масле, сократилось незначительно.

Таким образом, можно отметить, что предложенная установка для очистки масел позволяет очищать отработанные моторные масла до допустимых значений их основных показателей качества. При этом простая конструкция установки делает использование ее экономически целесообразным при небольших объемах очистки отработанных масел.

Полученные таким образом очищенные масла можно использовать в качестве рабочей жидкости гидросистем, смазочного материала для редукторов. Очищенное масло можно также использовать в качестве основы при создании консервационных материалов, используемых при хранении пожарной техники.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Бутов Н.П.* Научные основы проектирования малоотходной технологии переработки и использования отработанных минеральных масел/ Н.П. Бутов.– зерноград, ВНИИПТИМЭСХ. 2000.– 410 с.

УДК 539.621

*А. В. Топоров, Е. А. Топорова\**

ФГБОУ ВО «Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России»

\*ФГБОУ ВО «Ивановский государственный политехнический университет»

## ОСОБЕННОСТИ ВЫБОРА ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНЫХ ПРИСАДОК К МАСЛАМ

Представлен анализ действия различных поверхностно-активных веществ, используемых в качестве присадок к маслам.

**Ключевые слова:** Трение, смазка, поверхностно-активные вещества.

*A. V. Toporov, E. A. Toporova*

## PECULIARITIES OF SELECTING SURFACE-ACTIVE ADDITIVES TO OILS

The analysis of the action of various surfactants used as additives to oils is presented.

**Keywords:** friction, lubrication, surface-active substances.

Поверхностная активность определяется способностью вещества адсорбироваться на различных поверхностях. Известно, что существует 2 вида адсорбционных связей - это силы Ван-дер-Ваальса, имеющие физическую природу и хемосорбция, представляющая собой химическое взаимодействие молекул смазывающего вещества с твёрдой поверхностью. Сила связи хемосорбированных плёнок с поверхностью трения на 1 – 3 порядка выше сил взаимодействия Ван-дер-Ваальса с той же поверхностью. [1].

Способностью образовывать физически адсорбированные или хемосорбированные плёнки обладают поверхностно-активные вещества и вещества (ПАВ), содержащие такие элементы как сера, фосфор и хлор (проти-воизносные присадки) [1,2]. Поверхностная активность не является свойством вещества самого по себе, так как, одно и то же вещество в разных системах может вести себя по разному и, естественно, что практически любое вещество в специально подобранных условиях может обладать поверхностной активностью. Известно, что способность вещества понижать поверхностное натяжение связана с переходом вещества в поверхностный слой, то есть адсорбцией, которая тем больше, чем меньше растворимость. Однако, одной малой растворимости недостаточно, для того, чтобы вещество стало поверхностно-активным. Поверхностная актив-ность проявится только в том случае, если молекула вещества обладает дифильным строением, то есть каждая её часть способна растворяться в одной из взаимодействующих фаз и совсем не способна растворяться в другой. Молекулы таких веществ будут неизбежно скапливаться на гра-нице двух фаз. [1, 4, 5] Удерживаться на поверхности твёрдого тела им позволит заряд полярной части молекулы.

Поверхностно-активные вещества состоят из гидрофильной (полярной), которая может быть представлена такими группами как COOH, OH, NH<sub>2</sub> и другими и гидрофобной или липофильной (гидрофобной) частей – углеводородного радикала. Каждая из этих частей определяет растворимость ПАВ в полярных или неполярных средах. По шкале гидрофильно-липофильного баланса всегда можно определить степень растворимости того или иного ПАВ как в полярном так и в неполярном растворителе. [1,2]. Согласно значениям групповых чисел, степень липофильности или маслорастворимости тем выше, чем больше длина углеводородного радикала молекулы. К липофильным ПАВ относятся жирные спирты, жирные кислоты и их соли, жирные амины и их производные и ещё многие другие маслорастворимые вещества, используемые в качестве присадок.

Известно, что ПАВ подразделяются на ионогенные и неионогенные [1,2,3]. Ионогенные в свою очередь подразделяются на катионные и анионные. Вещества неионогенного типа не способны распадаться в среде растворителя на ионы, адсорбция происходит за счёт частичного заряда, который несёт полярная часть молекулы. К таким веществам относятся все маслорастворимые ПАВ. При сближении молекул с поверхностью металла под действием силового поля частично заряженных участков металлического тела [1,4] происходит адсорбирование полярных молекул присадки поверхностью.

К неионогенным ПАВ относятся полиоксиэтиленовые эфиры алифатических спиртов и кислот, алкилфенолов, аминов, карбоновые кислоты и другие соединения с активными атомами водорода. [2,5]. У катионных и анионных ПАВ при диссоциации в растворе на ионы, поверхностной активностью обладают ионы только одного знака, противоионы же - нет.

Способность маслорастворимых ПАВ формировать граничные адсорбционные слои и используется для применения их в качестве присадок. Особенно важным является то, насколько прочны и устойчивы к внешним воздействиям, а следовательно и долговечны слои ПАВ. Всё это как уже говорилось определяется как природой поверхностно-активных веществ так и природой твёрдых поверхностей трения.

Хорошо известны присадки противоизносного действия, содержащие серу, фосфор и хлор (осерненные олефины, осерненные жиры, эфиры и соли кислот фосфора, эфиры хлоралкилфосфорных кислот) [3,4,5,6]. Все они очень активны. Эти присадки способны образовывать хемосорбированные слои на поверхности металла. Однако, в применении подобных присадок в малонагруженных парах трения, работающих с высокими скоростями нет необходимости, поскольку они предназначены прежде всего для тяжелонагруженных узлов и несут в себе потенциальную опасность образования агрессивных компонентов среды, которая может проявиться при неблагоприятных условиях (работе во влажной среде, обводнении масла, вероятности возникновения которого велика при использовании технологии мокрого прядения. Это может иметь неблагоприятные последствия как для самих тел трения, так и для окружающей среды.

Использование же двух или более присадок нецелесообразно, к тому же трудно предсказать какие физико-химические процессы будут происходить в зоне трения с использованием такой сложной смеси веществ [1]. Поэтому, для экранирования тел трения от непосредственного взаимодействия вполне можно использовать поверхностно-активные соединения с длинными алифатическими цепями и полярными группами COOH, OH, NH<sub>2</sub>, активными концевыми атомами водорода.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Розенберг Ю.А.* Влияние смазочных масел на долговечность и надёжность деталей машин. М.: Машиностроение, 1970, 304 с.
2. *Виноградова И.Э.* Противоизносные присадки к маслам. М.: «Химия», 1972, 271с.
3. *Зарубин В.П., Киселев В.В., Пучков П.В., Топоров А.В.* Улучшение эксплуатационных характеристик автотранспортной техники за счет применения высокоэффективных присадок // Известия Московского государственного технического университета МАМИ. 2014. Т. 3. № 1 (19). С. 56-62.
4. *Киселев В.В., Топоров А.В., Пучков П.В.* Перспективы использования модернизированных смазочных материалов в пожарной и аварийно-спасательной технике // Научные и образовательные проблемы гражданской защиты. 2011. № 3. С. 23-29.
5. *Киселев В.В., Пучков П.В., Топоров А.В.* Снижение износа трущихся деталей пожарных автомобилей за счет применения высокоэффективных металлосодержащих присадок к маслам // Пожарная безопасность: проблемы и перспективы. 2014. Т. 1. № 1 (5). С. 363-368.
6. *Киселев В.В., Топоров А.В., Пучков П.В.* Повышение надёжности пожарной техники применением модернизированных смазочных материалов // Научные и образовательные проблемы гражданской защиты. 2010. № 3. С. 24-28.

УДК 539.621

*Е. А. Топорова, А. В. Топоров\**

\*ФГБОУ ВО «Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России»  
ФГБОУ ВО «Ивановский государственный политехнический университет»

### ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МАГНИТНОЙ ЖИДКОСТИ В КАЧЕСТВЕ СМАЗКИ

Представлено обоснование с энергетической точки зрения применения магнитной жидкости в качестве смазки.

**Ключевые слова:** Трение, смазка, магнитная жидкость.

*Е. А. Toporova, A. V. Toporov*

### THEORETICAL PRECONDITIONS FOR THE USE OF THE MAGNETIC LIQUID AS A LUBRICANT

The rationale from the energy point of view of the application of a magnetic fluid as a lubricant is presented.

**Keywords:** friction, lubrication, magnetic fluid.

Целесообразность введения магнитной жидкости в состав смазок для увеличения их адгезионных свойств определяется, наряду с другими факторами, магнитными свойствами контактирующих тел трения. В этом случае, взаимодействие поверхностно – активных веществ (ПАВ) с поверхностью металла происходит за счёт физиче-

ской адсорбции и за счёт взаимодействия ферромагнитных частиц с этой же поверхностью. Энергия взаимодействия магнитной частицы с поверхностью может быть определена [1]:

$$W_{y\partial} = -\frac{m^2}{16\pi\mu_0 r^3} \left( \frac{\mu_2 - \mu_1}{\mu_2 + \mu_1} \right),$$

где  $m$  – магнитный момент частицы;  $r$  – расстояние от центра частиц до поверхности;  $\mu_2$  – магнитная проницаемость материала поверхности;  $\mu_1$  – магнитная проницаемость материала феррочастиц.

$$m = I \cdot V,$$

здесь  $I$  – намагниченность материала феррочастицы;  $V$  – объём феррочастицы.

При взаимодействии феррочастицы с немагнитным материалом  $\mu_2 = 1$ :

$W = 0$ . При взаимодействии с ферромагнитным материалом, обладающим магнитной проницаемостью  $\mu_2 \gg 1$  энергия взаимодействия определится как:

$$W_{y\partial} = -\frac{m^2}{16\pi\mu_0 r^3}.$$

Для увеличения  $W_{y\partial}$  достаточно в случае немагнитной детали на её поверхность нанести тонкослойное покрытие толщиной порядка сотых долей миллиметра.

При взаимодействии феррочастиц с поверхностью происходит их перераспределение на микронеровностях. Процесс перераспределения концентрации феррочастиц  $C_v$  можно описать формулой Больцмана:

$$C_v = C_{v0} \exp\left(-\frac{U}{KT}\right),$$

где  $U'$  – потенциальная энергия частицы во внешнем магнитном поле.

$$U = \mu_0 \cdot m |\nabla H| \cdot l,$$

здесь  $l$  – характерный размер феррочастиц;  $C_{v0}$  – начальная концентрация феррочастиц.

Следует ожидать, что на поверхности трения образуется адсорбционная плёнка, предотвращающая непосредственный фрикционный контакт между поверхностями трения.

Обычно в смазки вводится ПАВ [2,3,4,5] которое служит для увеличения адсорбции смазки к поверхностям трения. Объёмная доля ПАВ в смазках невелика и превышает 1 – 5 % массы. Это позволяет оставлять практически неизменными свойства базового масла. Исходя из этого, можно предположить, что объёмная доля МЖ в масле не должна превысить указанных значений. Магнитные жидкости, используемые для магнитожидкостных уплотнений, имеют объёмную концентрацию феррочас-

тиц порядка 9 – 12 % массы. При этом каждая феррочастица окружена ПАВ, в качестве которого может быть использована, например, олеиновая кислота. Это ПАВ можно использовать для увеличения смачивающей способности масел. Ту же функцию могут выполнять полиэтилсилоксановые жидкости, содержащие этоксильные группы, если их ввести в состав смазочного материала в количестве 10 – 15 % массы. Этот факт подтверждён результатами испытаний смазок, применяемых для смазывания пар трения «металл – полимер». Аналогичные испытания были проведены в лаборатории ИМАШ, но при использовании других пар трения.

Таким образом, ферромагнитные частицы должны способствовать закреплению ПАВ на поверхностях контртел, увеличению прочности адсорбционных слоёв и увеличению долговечности работы узла трения.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Розенберг Ю.А. Влияние смазочных масел на долговечность и надёжность деталей машин. М.: Машиностроение, 1970, 304 с.
2. Сайкин М.С., Топоров А.В., Топорова Е.А. Повышение пожарной безопасности химических производств применением магнитожидкостных герметизаторов валов мешалок // Пожаровзрывобезопасность. 2015. Т. 24. № 1. С. 55-60
3. Топорова Е.А. Improving ring/traveller lubrication on a ring spinning machine Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. 2003. № 5. С. 83-86.
4. Топоров А.В., Топорова Е.А. Исследование процесса трения пластиковых деталей пожарной техники в присутствии металлоплакирующих смазок // Пожарная безопасность: проблемы и перспективы. 2015. Т. 2. № 1 (6). С. 117-119.
5. Топоров А.В., Топорова Е.А. Использование магнитоэластомерного материала для удержания магнитожидкостной смазки в области трения // NovaInfo.Ru. 2016. Т. 2. № 52. С. 20-25.

УДК 621.2.082.18

*Р. И. Харламов, В. А. Годлевский*

ФГБОУ ВО «Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России»

#### **АНАЛИЗ ВЗАИМОСВЯЗИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ И ТРИБОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ СМАЗОЧНОГО СЛОЯ**

В работе представлен анализ величины электрических параметров смазочного слоя на основании работ последних лет, исходя из которого очевидно, что для исследований переходных процессов от гидродинамического трения к смешанному и соответствующих структурных изменений в граничных смазочных слоях необходима специальная быстродействующая аппаратура.

**Ключевые слова:** трибоконттакт, смазочный слой, постоянный ток, электросопротивление, коэффициент трения.



*R. I. Kharlamov, V. A. Godlevski*

## **ANALYSIS OF THE RELATIONSHIP BETWEEN ELECTRICAL AND TRIBOLOGICAL PARAMETERS OF LUBRICANT LAYER**

The paper presents the analysis of the value of the electrical parameters of the lubricating layer on the basis of the work of recent years on the basis of which it is obvious that for transient studies from hydrodynamic to mixed friction and the corresponding structural changes in lubricating boundary layers need a special high speed equipment.

**Keywords:** friction, lubrication layer, direct current, electrical resistance, coefficient of friction.

В настоящее время измерение величины электрических параметров смазочного слоя не стандартизовано. Интерпретация полученных данных весьма разнообразна. Никаких эталонов и стандартных методик в данной области исследований пока не существует. Исходя из этого, чтобы не подвергать подробному разбору каждую точку зрения, будем принимать к сведению преимущественно работы последних лет.

Наиболее важным для решения проблемы диагностики трибоконтакта мы считаем такой подход, когда производится непосредственное, текущее, онлайнное измерение электрических характеристик контакта в присутствии смазочного вещества, а не используются эпизодически выполняемые замеры. Таких работ (если не учитывать работы по исследованию электрических контактов без приложения к трибологии) весьма мало. Интересные, на наш взгляд, результаты представлены в публикациях В. Кончица [1, 2]. Цель этих исследований состоит в измерении контактного сопротивления в присутствии смазочного вещества.

Поскольку разделение механизмов проводимости при граничной смазке наиболее трудно осуществить в случае множественного контакта окисляющихся металлов, в работе рассмотрен простейший случай точечного контакта благородных металлов [1]. Здесь была предпринята попытка оценить вклад возможных механизмов прохождения тока в общую проводимость смазанного контакта и оценена возможность сохранения высокой контактной проводимости при наличии в поверхности раздела неразрывной смазочной прослойки. Были также рассмотрены модели электрического контакта (рис. 1), когда смазка полностью вытеснена из контактного зазора (модель А), когда существует некоторое количество круглых металлических пятен на несущей нагрузку контурной площади (модель Б) и когда смазка полностью разделяет металлические поверхности (модель В).

По итогам экспериментов автор работы [2] приходит к следующим выводам.

– Высокая проводимость смазанного контакта благородных металлов не означает обязательное наличие металлических пятен контакта, кроме случаев, когда контактное сопротивление  $R_c$  близко к нижнему пределу  $R_s(ст)$ . Низкое значение  $R_c$  может быть получено при формировании поверхности раздела всех трех рассматриваемых типов (рис. 1).

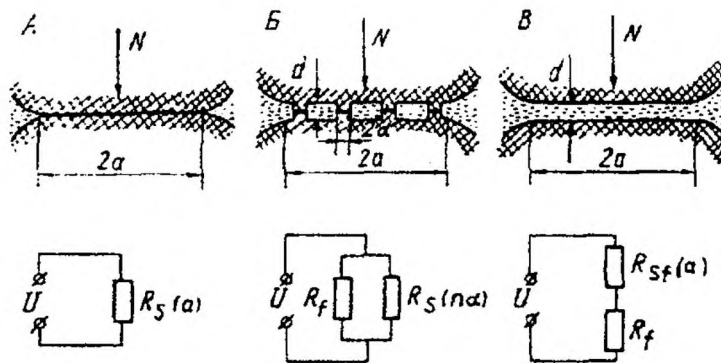


Рис. 1. Модели поверхности раздела и соответствующие эквивалентные схемы замещения точечного смазанного контакта благородных металлов [1]

При сохранении неразрывной смазочной прослойки в контактном зазоре достаточно высокая проводимость может быть обеспечена при средней толщине зазора менее 1 нм, что возможно только при структуре граничного смазочного слоя с расположением цепных молекул параллельно контактирующим поверхностям. Сохранение даже мономолекулярного смазочного слоя с расположением молекул (например, жирных кислот) нормально поверхности практически исключает проводимость контакта.

В.В. Кончиц приводит также экспериментальные данные по исследованию пары трения для нагрузок  $N < N_{cr}$ , т. е. исследовался только случай большой электропроводности контакта. Ниже приведены некоторые дополнительные выводы, сделанные на основе этих данных [2].

– С точки зрения проводимости смазанного контакта, граничные смазочные пленки можно условно разделить на два типа: а) «толстые» (свыше 1 нм) моно- и полимолекулярные пленки, обеспечивающие хорошие антифрикционные качества контакта, но одновременно исключающие его высокую электропроводность; б) «тонкие» (менее 1 нм) неразрывные или имеющие отдельные разрывы (металлические пятна) пленки, характеризующиеся высоким уровнем контактной проводимости.

– В практике эксплуатации сопряжении с точечной контактной геометрией (например, слаботочные скользящие контакты) как при стационарном положении, так и при скольжении могут быть реализованы условия для существования обоих типов граничной смазочной пленки.

– Для формирования тонкой пленки необходимо достижение некоторого характерного для данного смазочного материала и металла подложки критического давления  $P_{cr}$ , приводящего к разрушению (перестройке) структуры граничного слоя. Это согласуется с данными работы [3], где при исследовании трения благородных металлов с адсорбированными или предварительно нанесенными монослоями смазки отмечался переход от низкой проводимости контакта к высокой при превышении нагрузкой некоторого критического значения.

– Из анализа полученных зависимостей  $R_C(N)$  и  $R_C(n)$  при  $N > N_{cr}$  следует, что в области упругопластических деформаций смазка, по крайней мере, частично сохраняется на воспринимающих нагрузку контактных площадках, противодействуя формированию металлических пятен. При прочих равных условиях степень разделения контактирующих поверхностей зависит от природы смазочной среды.

– Следствием сочетания различных типов проводимости в смазанных узлах трения является то, что при их диагностике по величине  $R_c$  установить точное значение порогового контактного сопротивления, которое бы свидетельствовало об образовании металлических пятен контакта, практически невозможно. По этой же причине принципиально невозможно по величине измеренного  $R_c$  судить о величине фактической площади контакта. Тем не менее, для смазанных сопряжений благородных металлов при известной контурной площади контакта имеется возможность осуществлять оценки предельных значений  $R_c$ , позволяющих относить тип формирующейся поверхности раздела к одному из трех рассмотренных ранее типов.

– Эксперименты, исключаяющие сколько-нибудь заметное повышение температуры в зоне трения и проявление гидродинамических эффектов, свидетельствуют о наличии корреляции между коэффициентом трения и контактным сопротивлением в смазанном точечном контакте. Такая корреляция наблюдается как для интегральных характеристик трения и токопрохождения за цикл перемещения, так и на отдельных участках вдоль трассы скольжения. Это открывает возможность применения теории туннельной проводимости для изучения поверхности раздела контактирующих тел в нанодиапазоне толщин слоя, в частности исследования зависимости характеристик трения от толщины зазора.

Согласно приведенным выше данным, существует корреляция между коэффициентом трения и контактным сопротивлением в смазанном точечном контакте при граничном трении. Это позволяет надеяться на то, что данная корреляция будет существовать и при более толстых смазочных слоях, поскольку хорошо известна тесная связь электропроводности материала и его структуры. Однако для исследований переходных процессов от гидродинамического трения к смешанному и соответствующих структурных изменений в граничных смазочных слоях необходима специальная быстродействующая аппаратура.

Данное утверждение не бесспорно, поскольку существует несколько методов измерений электропроводности материалов, как на постоянном токе, так и на переменном. При этом уже при первом рассмотрении очевидны преимущества переменного тока: отсутствие принудительного массопереноса и постоянного электрического поля, действующего на смазочный материал.

В связи с тем, что задача данной работы состоит в разработке метода исследования смазочного слоя при трении, после выбора метода всегда встает вопрос достоверности и повторяемости предполагаемых результатов. Это связано с тем, что в реальном трибоконтакте всегда наблюдается процесс износа поверхностей трения. Износ приводит к изменению геометрии контакта, как на микро- так и на макроуровне, а также к изменению практически всех характеристик смазочного вещества. Согласно нашему мнению, понимание сути явления приработки и его связи с предварительной подготовкой поверхности трения, поможет разработать методику подготовки поверхностей трения для разрабатываемого метода исследований.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Кончиц В. В.* Электропроводность точечного контакта при граничной смазке. Ч. 1 // Трение и износ, 1991. Т. 12, № 2, С. 267-277.
2. *Кончиц В. В.* Электропроводность точечного контакта при граничной смазке. Ч. 2 // Трение и износ, 1991. Т. 12, № 3, С. 465-475.

3. Боуден Ф. П., Тейбор Д. Трение и смазка твердых тел / Пер. с англ. под. ред. И. В. Крагельского. М.: Машиностроение, 1968. 540 с.
4. Мышкин Н.К., Свириденко А.И., Ткачук Д.В. Тенденции в развитии трибологии // Сб. мат-лов Науч.-техн. конф. с участием иностранных специалистов «Трибология – машиностроению», Москва, 2008 г. НИИМАШ им. Благоднарова, 1-2 октября 2008. Электронный ресурс.
5. Эксплуатация пожарной техники: Справочник/ Ю.Ф. Яковенко, А.И. Зайцев, Л.М. Кузнецов и др. — М.: Стройиздат, 1991, С. 190 – 252.
6. Крамаренко Г.В. и др. Техническая эксплуатация пожарных автомобилей. М.: Транспорт, 1983. 224 с.
7. Яковенко Ю.Ф. Современные пожарные автомобили. М.: Стройиздат, 1988. 352 с.
8. Герасименко А.А. Защита от коррозии, старения и биоповреждений машин, оборудования и сооружений: Справочник: В 2 т. Т. 2. М.: Машиностроение, 1987, С.457-458.

УДК 614.846

*Р. И. Харламов, М. А. Колбашов*

ФГБОУ ВО «Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России»

## **ВЗАИМОСВЯЗЬ ДИНАМИКИ И ИЗНОСА ТРИБОСОПРЯЖЕНИЯ ПОЖАРНЫХ АВТОМОБИЛЕЙ**

Рассмотрена математическая модель, учитывающая изменение динамики шарнирно-рычажных механизмов пожарных автомобилей при увеличении зазоров в трибосопряжениях в результате изнашивания. В результате усиления нагрузочного режима, в условиях работы при тушении пожаров и проведении аварийно-спасательных работ, возрастает скорость изнашивания трибосопряжений, что учитывается обратными связями в алгоритме расчета суммарного эффекта обоих процессов.

**Ключевые слова:** Пожарные автомобили, техническое состояние, математическое моделирование, трибологические процессы.

*R. I. Kharlamov, M. A. Kolbashov*

## **CORRELATION BETWEEN DYNAMICS AND WEAR OF TRIBOUNITS IN FIRE TRUCKS**

The mathematical model taking into account the changing dynamics of lever mechanisms of fire-fighting vehicles by increasing gaps in friction units of the wear. As a result of increased load mode in the conditions of work in extinguishing fires and conducting rescue operations, increasing the rate of wear of friction units, that takes into account feedback loops in the algorithm calculate the cumulative effect of both processes.

**Keywords:** fire trucks, maintenance, mathematical modeling, tribological processes

В создании научно обоснованной методологии оценки технического состояния и прогнозирования остаточного ресурса пожарных автомобилей значимую роль играет физическое и математическое моделирование состояния объекта и его изменения

во времени в результате протекающих деградиционных процессов в условиях тушения пожаров и проведения аварийно-спасательных работ. Моделирование позволяет не только повысить точность и объективность оценки технического состояния, но и помогает расшифровывать сигналы, поступающие от датчиков разнообразных средств контроля в процессе экспериментального исследования пожарных автомобилей. Однако самое главное преимущество моделирования заключается в возможности предвидеть изменение технического состояния объекта в будущем времени эксплуатации, прогнозировать аварийные ситуации и остаточный ресурс.

Изменение технического состояния пожарных автомобилей в эксплуатации является следствием целого ряда взаимосвязанных процессов: изнашивания трибосопряжений, коррозии и старения конструкционных материалов, накопления в последних усталостных повреждений. Эти процессы протекают при меняющихся режимах нагружения. Скорость их протекания зависит от текущего технического состояния, режимов и условий эксплуатации. В пожарных автомобилях процессы изменения динамики, напряженно деформированного и температурного состояния, изнашивания трибосопряжений, накопления усталостных повреждений тесно связаны и взаимно обуславливают друг друга. Поэтому оценка технического состояния на однокритериальной основе или по одному параметру приводит, как правило, к ошибке.

Создание многокритериальных математических моделей изменения технического состояния позволяет совершенствовать методологию диагностики технического состояния механических систем и решать следующие задачи:

- прогнозировать техническое состояние механической системы на любой момент наработки,
- исследовать связи между различными параметрами технического состояния, а также между различными протекающими деградиционными процессами,
- выявлять степень значимости различных процессов в деградации механической системы,
- помогать расшифровывать показания диагностических сигналов различных методов контроля (в том числе вибрационных, акустико-эмиссионных и др.),
- сокращать количество экспериментальных методов,
- осуществлять имитацию поведения механической системы с помощью компьютерных моделей,
- прогнозировать поведение объекта в будущем времени эксплуатации, производить оценку остаточного ресурса объекта на основе результатов экспериментальной оценки его технического состояния и имитационных моделей его поведения в будущем времени,
- оценивать точность экспериментальной оценки технического состояния косвенными методами,
- создавать компьютерные системы мониторинга технического состояния.

Математическое моделирование не подменяет экспериментальные методы, а наоборот расширяет их возможности, так как последние не позволяют описать всю совокупность показателей объекта в пространстве и во времени.

В основе многокритериального моделирования технического состояния механических систем лежат физические представления о протекающих процессах и аппарат численных методов решения [1,2].

Математическое описание сложного объекта принято представлять в виде обобщенного вектора в многомерном пространстве параметров

$$X^T = \{X_1, X_2, \dots, X_j\}, \quad (1)$$

где  $j = \overline{1, N}$  - множество параметров элементарных процессов, совокупностью которых описывается состояние объекта.

Достижение этим вектором границы указанного пространства означает переход системы из работоспособного в неработоспособное состояние. Изменение технического состояния описывается интегральным выражением

$$X = X(t_0) + \int_{t_0}^{t_k} v(X, q) dt, \quad (2)$$

где  $v$  - обобщенная скорость изменения технического состояния, зависящая от текущего состояния и режима работы механической системы  $q$ .

Решение этого уравнения в замкнутой форме (в виде алгебраических, трансцендентных выражений) возможно лишь в исключительных случаях. Общий прием решения задачи изменения состояния сложной системы требует обращения к численным методам и заключается в дискретизации системы во времени и пространстве и рассмотрении ряда последовательных состояний системы через задаваемый достаточно малый промежуток времени  $\delta t$  (шаг наработки). Скорость изменения состояния на этом отрезке времени принимается зависящей от свойств системы, режимных параметров и состояния системы в начале отрезка и неизменной на нем. Соответственно уравнение (2) преобразуется в разностное выражение

$$X(t_{i+1}) = AX(t_i). \quad (3)$$

Оператор  $A$  перехода от  $i$ -го к  $i+1$ -му состоянию не содержит производных по времени, что позволяет рассматривать его как суперпозицию элементарных процессов на отрезке времени  $\delta t$ . В конце каждого отрезка времени определяются скорости элементарных процессов для расчета параметров последующего временного интервала в соответствии с состоянием и свойствами в конце предыдущего отрезка времени. Накапливаемая в результате линеаризации оператора на малом отрезке времени ошибка преодолевается уменьшением шага и применением метода Рунге-Кутты.

Таким образом, методология математического моделирования сложных механических систем включает в себя следующие этапы:

- анализ структуры системы (декомпозиция системы на элементы и протекающие в ней элементарные процессы),
- математическое описание элементарных процессов, разработка операторов перехода от одного состояния к последующему для элементарных процессов,
- разработка математической модели, алгоритм поведения системы в целом с учетом взаимосвязи элементарных процессов (разработка оператора, преобразующего входные параметры в выходные и перехода от одного состояния к другому),
- математический эксперимент с абстрактной моделью (имитационное моделирование функционирования системы).

Сфера пожаротушения, а именно эксплуатация пожарных автомобилей, содержит много возможностей для применения современных достижений трибологической теории и ее разнообразных приложений.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *В.В.Гриб, Р.В.Жуков, И.М.Петрова, И.А. Буяновский.* Диагностические модели изменения технического состояния механических систем. Часть 1. Под ред. В.В. Гриба. М.: МАДИ (ГТУ), 2007, – 300с.
2. *Теребнев В.В.* Пожарная техника. Кн. 2. Пожарные машины. Устройство и применение / В. В. Теребнев, Н. И. Ульянов, В. А. Грачев. - М. : Центр Пропаганды, 2007. - 328 с.
3. ГОСТ Р 53247-2009 «Техника пожарная. Пожарные автомобили. Классификация, типы, обозначения».
4. *В.В. Гриб.* Компьютерное моделирование изменения технического состояния механических систем во времени. //Вестник МАДИ (ГТУ), 2003, вып.1.
5. *О. Зенкевич.* Метод конечных элементов в технике.– М.:Мир,1975.
6. Расчеты машиностроительных конструкций методом конечных элементов. Справочник. /Под ред. В.И. Мяченкова. – М.: Машиностроение, 1989, – 520 с.
7. *А.Б. Каплун, Е.М. Морозов, М.А. Олферьева* ANSIS в руках инженера. Практическое руководство. - М.: Едиториал УРСС, 2004. – 272 с.
8. *В.В. Гриб.* Решение триботехнических задач численными методами. – М.: Наука, 1982, 112 с.
9. *Е.М. Морозов, М.В. Зернин.* Контактные задачи механики разрушения. – М.: Машиностроение, 1999, – 544 с.
10. *В.В. Гриб, И.М. Петрова.* Накопление усталостных повреждений и оценка остаточного ресурса деталей с учетом изнашивания трибосопряжений в машине. //Вестник МАДИ (ГТУ), 2005, вып.4.

## ТРИБОЛОГИЯ ПРОЦЕССОВ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ

УДК 621.3

*А. А. Голяс, Е. В. Шпенькова, В. А. Полетаев*

ФГБОУ ВО «Ивановский государственный энергетический университет «

### ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЦЕССА ПОВЕРХНОСТНОГО ПЛАСТИЧЕСКОГО ДЕФОРМИРОВАНИЯ

Одним из наиболее эффективных способов повышения эффективности поверхностного пластического деформирования металлов является применение смазочно-охлаждающих технологических средств, позволяющее повысить стойкость инструментов, точность и качество обрабатываемых поверхностей.

**Ключевые слова:** шероховатость, смазочно-охлаждающее технологическое средство, состав, компоненты, поверхностный слой.

*A. A. Golyas, E. V. Shpenkova, V. A. Poletaev*

### INCREASING THE EFFICIENCY OF SURFACE PLASTIC DEFORMATION

One of the most effective ways to improve the efficiency of top-rity plastic deformation of metals is the use of cutting technology tools that improve the durability of tools, the accuracy and quality of machined surfaces.

**Keywords:** surface roughness, cutting technological means becoming co-components, the surface layer.

Развитие машиностроения связано с необходимостью применения новых конструкционных материалов со специфическими свойствами, такими как высокая механическая прочность, устойчивость к агрессивным средам, тугоплавкость, вязкость и другие. Обработка поверхностно-пластическим деформированием (ППД) новых металлов и сплавов оказалась весьма затруднительной, несмотря на значительные успехи, достигнутые в технологии ППД, в изготовлении инструмента, а также, несмотря на появление новых высококачественных инструментальных материалов. В связи с этим особое значение приобрела проблема разработки новых эффективных смазочно-охлаждающих технологических средств (СОТС), применение которых позволяет повысить стойкость инструментов, уменьшить шероховатость поверхности обрабатываемых деталей, повысить производительность процесса поверхностно-пластическим деформирования.

Обработка алмазным выглаживанием является одним из наиболее простых и эффективных методов обработки деталей машин поверхностно-пластическим деформированием. Алмазное выглаживание повышает усталостную прочность, контактную выносливость и износостойкость деталей и тем самым увеличивает долговечность



машин и оборудования. В результате поверхностного деформирования изменяются микроструктура и физико-механические свойства верхнего слоя металла: повышается его твёрдость и прочность, возникают благоприятные сжимающие остаточные напряжения. Шероховатость поверхности становится ниже. Отделочно-упрочняющая обработка алмазным выглаживанием в настоящее время получает всё более широкое распространение в машиностроении и промышленности. Формирование поверхностного слоя при алмазном выглаживании происходит вследствие пластической деформации обрабатываемой поверхности. Под действием радиальной силы, действующей на поверхность контакта алмаза с деталью, возникают контактные давления. Если их величина превышает предел текучести, возникает пластическая деформация тонких поверхностных слоев. При пластической деформации поверхностный слой приобретает волокнистое специфическое строение (текстуру), исходная кристаллическая решетка искажается. Взаимодействие инструмента с обрабатываемой поверхностью при выглаживании заключается в пластическом деформировании обрабатываемой поверхности скользящим по ней инструментом – выглаживателем [1-2]. При этом неровности поверхности, оставшиеся от предшествующей обработки, сглаживаются частично или полностью, поверхность приобретает зеркальный блеск, повышается твердость поверхностного слоя, в нем образуются сжимающие остаточные напряжения, изменяется микроструктура, и создается направленная текстура. После выглаживания поверхность остается чистой, не шаржированной осколками абразивных зерен, что обычно происходит при процессах абразивной обработки. Такое сочетание свойств выглаженной поверхности предопределяет ее высокие эксплуатационные износостойкость, сопротивление усталости и т.д.

Большое разнообразие механических и физико-химических свойств металлов и сплавов, а также специфика различных видов механической обработки позволяет говорить о том, что наиболее эффективными являются специальные СОТС для обработки конкретных металлов и сплавов на определенных. Однако условия современного машиностроительного производства не всегда позволяют применять такие СОТС.

Для повышения эффективности пластического деформирования в настоящее время применяют смазочно-охлаждающие жидкости (СОЖ): водные эмульсии из 5 эмульсолов или растворы неорганических электролитов и поверхностно-активных веществ. Примерами таких продуктов могут служить эмульсолы Э, ЭГТ, НГЛ-205, Укринол-1, ЭМУС и др., состоящие из нефтяных, смоляных (канифольных), жирных сульфокислот (например, от очистки нефтяных дистиллятов) в виде солей с едким натрием (калием), минерального масла и стабилизатора - спирта и воды. В частности, эмульсолы Э (Э-1, Э-10 2, Э-3) содержат нефтяные кислоты масляного асида - 7-12%, едкий натрий - 0.7-1.3%, этиловый спирт или этиленгликоль - 1.5-2.0%, воду - 4-6%, минеральное масло - до 100%. Аналогично ЭМУС: минеральное масло с добавками нефтяных сульфатов и противоизносных присадок. Далее на месте применения такие концентраты разбавляют водой (обычно в соотношении от 1:50 до 1:10) с образованием эмульсий молочного цвета, используемых для смазки и охлаждения режущего (штампового) инструмента и обрабатываемых изделий [3].

Такие СОЖ обладают рядом преимуществ: более высокой охлаждающей способностью, пожаробезопасностью, лучшими санитарно-гигиеническими характеристиками, сравнительно невысокой стоимостью рабочих растворов.

Недостатками такого состава смазочно-охлаждающей жидкости (СОЖ) являются наличие неудовлетворительных смазочных свойств и трудность вопросов регенерации и утилизации отработанных растворов. Кроме того, имеется необходимость осуществления подачи СОЖ поливом в зону контакта инструмента и детали, что значительно повышает расход СОЖ при постоянной ее подаче в зону обработки и снижает работоспособность и эффективность использования самого раствора СОЖ.

Для устранения этих недостатков желательно применение пластичных смазочно-охлаждающих технологических средств (СОТС), которые представляют собой пластичные смазки. В зависимости от вида загустителя такие СОТС делятся на следующие классы: смазки на углеводородных загустителях (церезин, петролатум, парафин, воск и некоторые полимеры), смазки на мыльных загустителях (натриевые, литиевые, кальциевые, бариевые, алюминиевые, свинцовые и др.), смазки на неорганических загустителях (силикагель, глина, дисульфид молибдена, слюда, асбест, мел и др.). Особое место занимают пластичные смазки, где в качестве загустителей применяются стеклообразующие компоненты. Пасты содержат поверхностно-активные вещества, противоизносные и противозадирные присадки и др. Пластичные СОТС применяются однократно, но ввиду малого расхода, на многих технологических операциях, их применение экономически оправдано. Пасты применяются также на оборудовании, где отсутствует система охлаждения, когда применение жидких СОТС по санитарно-гигиеническим условиям невозможно. Пластичные смазочные материалы используют в мелкосерийном производстве, на операциях с низкими скоростями резания (резьбонарезании, развертывании, при выполнении ручных слесарных операций). По своим свойствам пластичные смазки занимают промежуточное положение между твердыми смазочными материалами и маслами. Методы нанесения пластичных смазок различны: погружением инструмента в смазочный материал, нанесением вручную кистью или лопаточкой, подвод к зоне резания при помощи шприца.

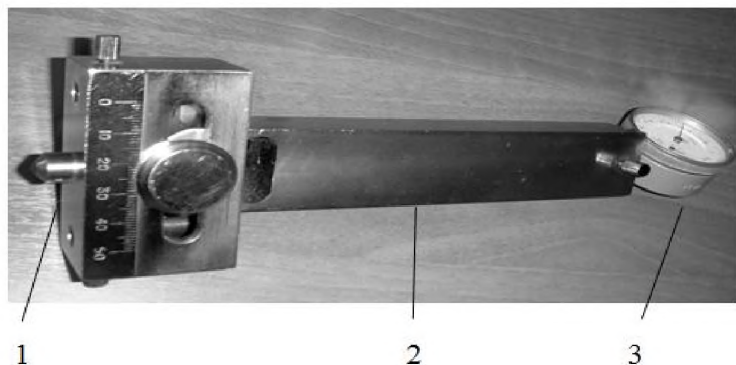
Технология упрочнения алмазным выглаживанием включает следующие этапы:

- токарная обработка (точение) при режимах:  $n = 800$  об/мин,  $S = 0,15$  мм/об;
- алмазное выглаживание при режимах:  $n = 200$  об/мин,  $S = 0,015$  мм/об, сила выглаживания – 200 Н.

На рис. 1. показана конструкция алмазного выглаживателя, состоящего из алмазного наконечника 1, державки 2, индикатора 3. Алмазный наконечник изготовлен из искусственного алмаза весом 0,8 карат, радиус вершины 3 мм.

На рис. 2. представлена фотография обработки деталей алмазным выглаживанием на токарном станке.

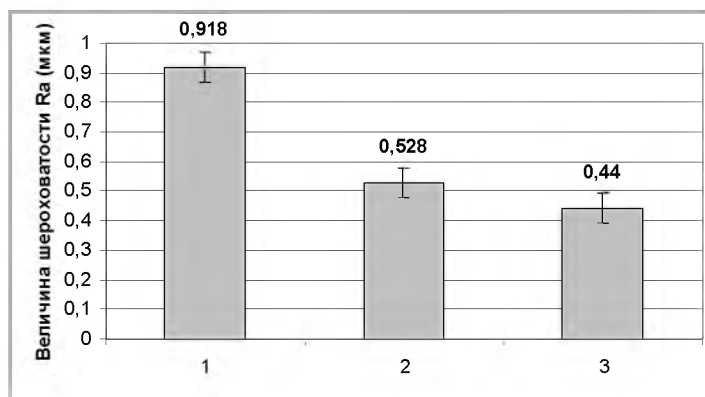
На рис.3. показана гистограмма изменения шероховатости  $R_a$  после обработки алмазным выглаживанием деталей из стали 40X13 с применением разного состава СОТС: 1-индустриальное масло И-20; 2-разработанный состав СОТС в виде пасты.



**Рис. 1.** Алмазный выглаживатель: 1 – алмазный наконечник; 2 – державка; 3 – тарированный индикатор



**Рис. 2.** Фотография обработки детали алмазным выглаживанием на токарном станке



**Рис. 3.** Изменение шероховатости  $R_a$  после обработки алмазным выглаживанием деталей из стали 40X13 с применением разного состава СОТС: 1 – точение; 2 – точение + алмазное выглаживание с применением СОТС (индустриальное масло И-20); 3 – точение + алмазное выглаживание с применением разработанного состава СОТС

Величина шероховатости  $R_a$  после обработки алмазным выглаживанием поверхностей деталей из сталей 40X13 с применением предлагаемого состава смазочно-охлаждающего технологического средства (СОТС) на 15– 20 % меньше, чем после обработки алмазным выглаживанием с использованием индустриального масла И-20. Это свидетельство того, что СОТС в виде пасты имеет улучшенные смазочные свойства и за счет этого активнее проникает в зону контакта инструмент – обрабатываемое изделие и удерживается там во время обработки.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Полетаев В.А., Пучков П.В.* Повышение качества поверхностей трения деталей электронасосов. /Полетаев В.А., Пучков П.В. // «Заводская лаборатория. Диагностика материалов». – 2015 –№ 9. – С. 74 -76.
2. *Голяс А.А., Полетаев В.А.* Совершенствование процессов механической обработки в энергетическом машиностроении за счет внедрения процесса алмазного выглаживания / А.А. Голяс, В.А. Полетаев // Электромеханотроника и управление «Энергия-2016»: однанадцатая международная научно-техническая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых, г. Иваново, 5-7 апреля 2016 года: материалы конференции. - Иваново: УИУНЛ ИГЭУ. - 2016. - Т.4. – С.122 – 124
3. *Патент №2229235.* Концентрат смазочно - охлаждающей жидкости для механической обработки металлов / В.А. Серов // Бюл. 14 от 20.05.2007. - 5 с.

УДК 621.91.01

*В. С. Еловский, А. Г. Наумов, В. А. Комельков*

ФГБОУ ВО «Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России»

## **ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ «ЭФФЕКТА ПЕЛЬТЬЕ» ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ РАБОТОСПОСОБНОСТИ БЫСТРОРЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА**

Представлены перспективы применения «эффекта Пельтье» для повышения работоспособности быстрорежущего инструмента при обработке металлических деталей.

**Ключевые слова:** резание металлов, эффект Пельтье, смазочно-охлаждающие технологические средства, работоспособность быстрорежущего инструмента

Аннотация:

*V. S. Elovskiy, A. G. Naumov, V. A. Komelkov*

## **PROSPECTS OF APPLYING THE «PELTIER EFFECT» TO IMPROVE THE OPERABILITY OF FAST CUTTING TOOLS**

Perspectives of application of the «Peltier effect» for improving the operability of a fast cutting tools for processing metal parts.

**Keywords:** metal cutting, Peltier effect, lubricating-cooling technological means, operability of fast cutting tools.

Процессы охлаждения при обработке металлических деталей для пожарной техники на металлорежущих станках пока недостаточно исследованы, однако этот метод все чаще применяют на практике.

Результаты отдельных работ позволяют сделать вывод, что применение холода может дать производственным компаниям большие возможности для интенсификации процессов металлообработки и повышения их эффективности.

При обработке резанием можно охлаждать как обрабатываемое изделие, так и зону резания и режущий инструмент. Существенной особенностью процесса резания металлов при низких температурах охлаждения является частичный переход обрабатываемого металла из вязкого в хрупкое состояние. Это способствует интенсификации процесса резания благодаря уменьшению работы пластической деформации и облегчению процесса стружкообразования, особенно при обработке труднообрабатываемых и вязких металлов.

При использовании охлаждения значительно повышаются устойчивость и режущие способности инструмента. Как показал заводской опыт, в некоторых случаях при обработке углеродистых сталей в результате повышения производительности и износостойкости режущего инструмента технико-экономическая эффективность процесса может увеличена на 200% [1].

При охлаждении расширяются возможности скоростной обработки резцами из быстрорежущей стали и инструментами из твердого сплава.

Применение низкотемпературного охлаждения инструмента при точении приводит к повышению качества обработанной поверхности. При охлаждению способствующем интенсивному снижению температуры в зоне деформации, сокращается наростообразование на режущей кромке инструмента, что способствует уменьшению работы пластической деформации и приводит к улучшению микрогеометрии поверхности [1].

Охлаждение изделия при точении вызывает увеличение хрупкости некоторых обрабатываемых металлов. При этом возможно повышения качества обрабатываемой поверхности не только за счет уменьшения шероховатости (как результат уменьшения пластической деформации и наростообразования), но и вследствие сохранения правильных геометрических параметров режущего инструмента в процессе длительного периода резания.

Одним из главных вопросов решаемый при разработке системы охлаждения это выбор холодильного устройства. Холодильные устройства нашли широкое применение в различных сферах человеческой деятельности. Менее чем за два столетия холодильные устройства, использующие примитивное охлаждение льдом, эволюционировали в технически разные по сложности, но надежные холодильные аппараты, использующие различные способы охлаждения. Достаточно много известных ученых работали над решением задач охлаждения и разрабатывали различные устройства, для получения искусственного холода. На сегодняшний день широкое распространение получили – компрессионные, абсорбционные, вихревые и термоэлектрические холодильные устройства.

Основными факторами при выборе конкретного типа холодильного устройства является: возможность достижения требуемой температуры охлаждения, возможность применение способа охлаждения для достижения поставленной цели, холодильная производительность и экономичность.

Недостатками холодильных установок основанных на принципе абсорбции является: высокие капитальные затраты и затраты энергии на работу насосов. В компрессионных холодильных установках наличие хладагентов.

Вихревые охладители обладает низкой экономичностью. Усложняет ситуацию высокий уровень шума. Для обеспечения подвода сжатого воздуха требуется наличие компрессора. Подача воздуха осуществляется при больших давления 5-7 атм. Если для широкой сферы деятельности, где требуется охлаждения помещений вполне хорошо подойдут абсорбционные и компрессорные холодильные устройства, то для охлаждения менее масштабных объектов могут оказаться, по своим показателям непригодными или слишком громоздкими. В этом случае необходимо применять термоэлектрические способы охлаждения [2].

Термоэлектрическое явление - Эффект Пельтье, заключающееся в том, что при пропускании электрического тока через контакт (спай) двух различных веществ (проводников или полупроводников) на одном контакте происходит выделение тепла на другом его поглощение.

Для применения «эффекта Пельтье» на практике промышленность выпускает термоэлектрические модули (ТЭМ). Термоэлектрический модуль (рис.1) представляет собой совокупность термопар, электрически соединенных, как правило, последовательно. В стандартном термоэлектрическом модуле термопары помещаются между двух плоских керамических пластин на основе оксида или нитрида алюминия.

Количество термопар может изменяться в широких пределах — от единиц до сотен пар, что позволяет создавать ТЭМ практически любой холодильной мощности — от десятых долей до сотен ватт [2]. С помощью ТЭМ в настоящее время решается большинство задач промышленного охлаждения. При прохождении через термоэлектрический модуль постоянного электрического тока между его сторонами образуется перепад температур — одна сторона (холодная) охлаждается, а другая (горячая) нагревается.

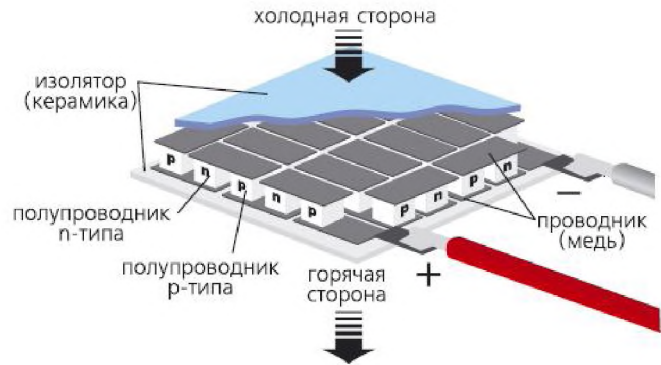


Рис. 1. Конструктивное исполнение ТЭМ

Если с горячей стороны ТЭМ обеспечить эффективный отвод тепла, например, с помощью радиатора, то на холодной стороне можно получить температуру, которая будет на десятки градусов ниже температуры окружающей среды. Степень охлаждения будет пропорциональной величине тока, протекающего через ТЭМ.

Реализация эффекта «эффекта Пельтье» для повышения работоспособности быстрорежущего инструмента проводилась с применением специально изготовленного блока охлаждения с ионизатором представленного на рис. 2.

Термоэлектрический блок охлаждения с ионизатором позволяет предварительно охлаждать воздушный поток посредством применения элементов Пельтье (эффекта Пельтье), до зоны воздействия на используемое смазочно-охлаждающее технологическое средство (СОТС) коронным разрядом. При необходимости, в газовый поток дополнительно можно вводить смазочные компоненты, которые можно подавать направлено в зону контакта через сопло, изготовленное по [3], с помощью охлажденной струи газа (в частности, воздуха).

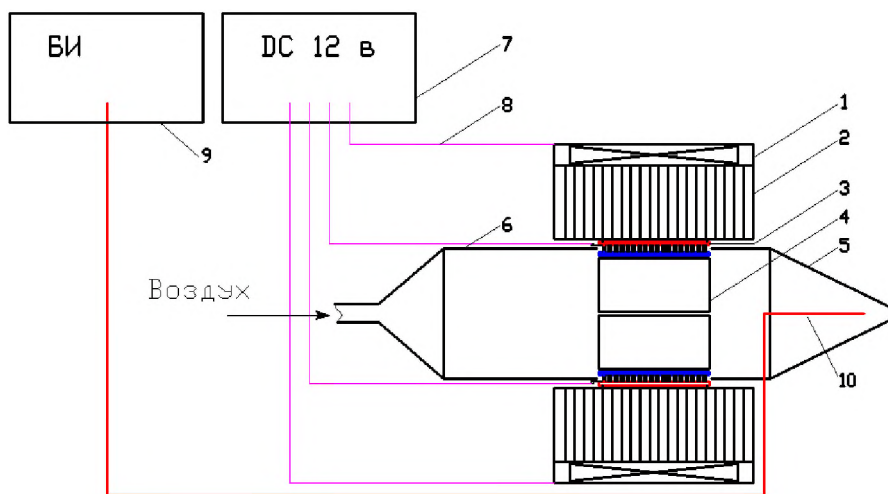


Рис. 2. Термоэлектрический блок охлаждения с ионизатором:

1-вентилятор; 2-радиатор на горячей стороне; 3-термоэлектрический модуль; 4- радиатор на холодной стороне; 5-насадок; 6-корпус в тепловой изоляции; 7-блок питания; 8-линии питания; 9-блок ионизатора, 10-коронирующий электрод

Для вычислений характеристик работы, применяемой термоэлектрической системы охлаждения, использовалась программа «Thermoelectric System Calculation». В программе задаются параметры конструкции системы, и основная цель расчетов состоит в нахождении температуры охлаждаемого объекта, а также других температур и энергетических характеристик системы. Термоэлектрическую систему можно разделить на три основные части [4]: собственно термоэлектрический модуль и его холодную и горячую стороны (рис. 3). Такое разделение позволяет независимо рассматривать характеристики каждого элемента системы охлаждения, что существенно упрощает расчет конструкции.

Холодная сторона включает в себя термостатируемый объект 1 при температуре  $T_{ob}$  и с выделяемой объектом тепловой мощностью  $W_{ob}$ , помещаемый в камеру 2. Для того чтобы температура объекта была ниже, чем температура окружающей среды, камера окружается теплоизоляцией 3 с тепловым сопротивлением изоляции  $R_{ins}$ . Тепло от объекта при помощи теплообменника 4 передается к холодной стороне термоэлектрического модуля 5. Термоэлектрический модуль в системе охлаждения работает как тепловой насос, перекачивающий тепло от объекта в окружающую среду. Термоэлектрический модуль не является поглотителем тепла, так как на его горячей поверхности выделяется энергия, которая должна быть отведена с помощью теплообменника. Теплообменник представляет собой пластинчатый радиатор. Отвод теплоты с горячей стороны термоэлектрического модуля осуществляется при помощи горячего теплообменника обдуваемого вентилятором 6.

Выбор термоэлектрических модулей (ТЭМ) зависит от условий, в которых будет эксплуатироваться термоэлектрическая система охлаждения, характеризующиеся следующими показателями.

- параметры элементов конструкции системы охлаждения;
- тепловое сопротивление или материал изоляции;
- температура окружающей среды ( $T_a$ );
- температура охлаждаемого объекта ( $T_{ob}$ );
- тип охлаждения способ отвода тепла от горячей стороны модуля;
- необходимая холодильная мощность системы ( $Q_c$ ).

Использование термоэлектрических модулей имеет целый ряд преимуществ, основные: отсутствие рабочих жидкостей и газов; малый размер и вес; высокая надежность, среднее время наработки на отказ не менее 200 000 часов; возможность плавного и точного регулирования холодопроизводительности и температурного режима; возможность работы в любом пространственном положении.

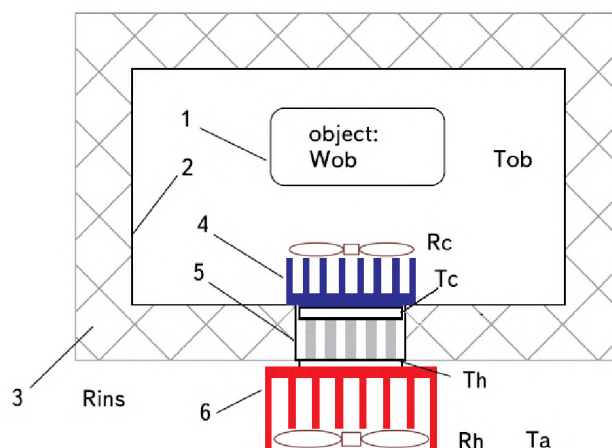


Рис. 3. Модель термоэлектрической системы

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Клименко А.П.* Холод в машиностроении. / А.П. Клименко. // М., «Машиностроение». 1989. - 248 с.
2. *Шостаковский П.В.* Современные решения термоэлектрического охлаждения. Компоненты и технологии. 2009. - № 12. С. 40-46.
3. *Патент РФ № 2288089.* Устройство для подачи смазочно-охлаждающего технологического средства (СОТС) для охлаждения и смазки инструментов. Авторы: Латышев В.Н., Наумов А.Г., Аснос Т.М., Бахарев П.П., Прибылов А.Н.
4. *Шостаковский П.Г.* Разработка термоэлектрических систем охлаждения и термостатирования с помощью компьютерной программы KRYOTERM // Компоненты и технологии. 2010. - №7. С. 128-135.

УДК 621.91.01

*В. С. Еловский, А. Г. Наумов, М. А. Колбашов*

ФГБОУ ВО «Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России»

### **ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ОХЛАЖДЕНИЯ ПРИ ЛЕЗВИЙНОМ РЕЗАНИИ МЕТАЛЛОВ**

Представлены результаты исследования влияния охлажденных, с использованием термоэлектрических модулей, воздушных сред на характеристики процесса обработки резанием металлов.

**Ключевые слова:** резание металлов, термоэлектрическое охлаждение, смазочно-охлаждающие технологические средства, шероховатость поверхности, усадка стружки.

*V. S. Elovskiy, A. G. Naumov, M. A. Kolbashov*

### **EFFICIENCY OF THERMOELECTRIC COOLING APPLICATION FOR BLADE CUTTING OF METALS**

The results of a study of the effect of chilled air using the thermoelectric modules on the characteristics of the metal cutting process.

**Keywords:** metal cutting, thermoelectric cooling, lubricant-cooling technological means, surface roughness, shrinking chips.

Повышение работоспособности инструментов при резании металлов при обработке деталей для пожарной техники во многом определяется эффективностью используемых смазочно-охлаждающих технологических средств (СОТС), основными функциями которых, в первую очередь, являются инициирование смазочного и охлаждающего эффектов. Эти два эффекта взаимосвязаны. Улучшение трибологической обстановки контактной зоны посредством формирования на трибосопряженных поверхностях инструментального и обрабатываемого материалов разделительных смазочных пленок приводит к уменьшению сил трения между ними, т.е. к уменьшению



тепловыделения. Однако, в большинстве случаев это тепло не является доминирующим. Основное количество теплоты образуется в результате деформационных процессов, сопровождающих процесс разрушения (стружкоотделения) обрабатываемого металла при резании.

Выделяющееся тепло необходимо отводить, т.к. повышенные температуры являются стимулирующим фактором развития адгезионных взаимодействий между трибосопряженными материалами в контактной зоне. Это неизбежно приведет к росту силовых характеристик процесса резания и, как следствие, к увеличению количества выделяющейся теплоты. Таким образом, повышению эффективности охлаждающей функции СОТС следует уделять большое внимание, особенно в случаях, когда технологическое средство не является водорастворимой композицией. Эффективный отвод теплоты из зоны контакта позволяет снизить термомеханическую нагрузку на рабочие поверхности инструмента и, тем самым, увеличить срок его службы.

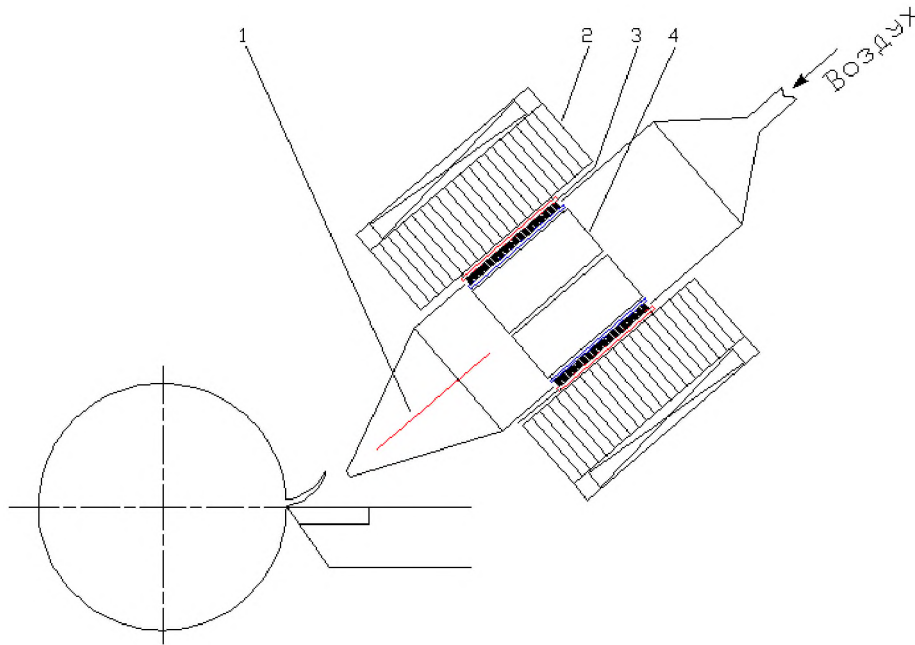
Ионизированный воздух, как СОТС, оказывает положительное влияние на трибологическую обстановку в зоне контакта инструмента и обрабатываемого материала, улучшая качество обрабатываемой поверхности. Однако ионизированный воздух не обладает удовлетворительной охлаждающей функцией [1,2]. Известный метод охлаждения ионизированного воздуха в вихревой трубе Ранка-Хилша [3] обладает низкой экономичностью. Основным недостатком этого способа, является необходимость использования высоких (более 0,5-0,6 МПа) давлений на входе вихревой трубки для получения отрицательного значения температур на ее холодном выходе. Кроме того, дополнительное введение в состав охлаждаемого воздуха (на входе в вихревую трубку) смазочных компонентов может привести к дестабилизации протекания в вихревой трубке процесса охлаждения (эффекта Ранка-Хилша), в результате чего значения температуры на холодном выходе вихревой трубки будут иметь значительные колебания. Это приводит к дестабилизации термодинамических параметров процесса резания в результате «тепловых ударов» и, как следствие, к преждевременному выходу из строя режущих инструментов.

Решение указанных недостатков может быть осуществимо в применении термоэлектрического охлаждения основанное на «эффекте Пельтье». Для реализации «эффекта Пельтье» на практике промышленность выпускает термоэлектрические модули (ТЭМ).

Реализация эффекта «эффекта Пельтье» проводилась с применением специально изготовленного блока термоэлектрического охлаждения с ионизатором. Способ размещения блока охлаждения в зоне резания представлен на рис. 1.

Исследования тепловых характеристик показали достаточную «холодопроизводительность» блока охлаждения.

Качество поверхности, при лезвийной обработки определяется шероховатостью поверхности и комплексом физико-химических и механических свойств поверхностного слоя. Чаще всего под качеством поверхности понимается шероховатость поверхности, которая оценивается среднеарифметической высотой микронеровностей  $R_a$  или максимальным отклонением микронеровностей профиля  $R_z$ . В результате исследований установлено [4], что влияние СОТС на шероховатость поверхности зависит от его состава, физико-механических свойств обрабатываемого материала и скорости резания.



**Рис. 1.** Способ размещения блока охлаждения в зоне резания где: 1 – коронирующий электрод; 2 – радиатор охлаждения на горячей стороне; 3 – термоэлектрический модуль на элементах Пельтье; 4 - радиатор на холодной стороне

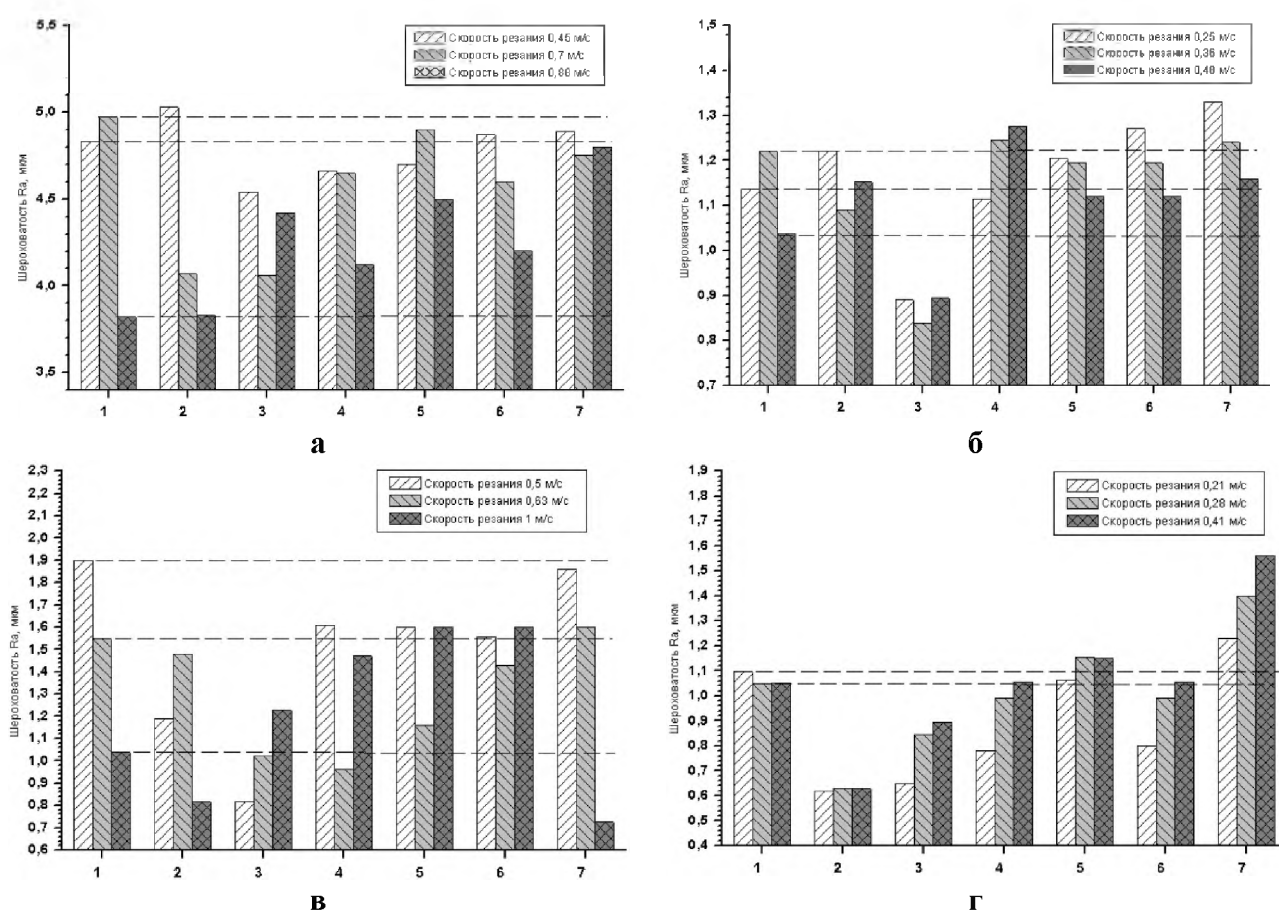
Один из методов оценки профиля поверхности является метод измерения – движение щупа. Измеряемый параметр - профиль, поверхности получаемый непосредственно. Метод основан на усилении и записывании вертикального перемещения щупа при проходе щупа с постоянной скоростью над поверхностью. Один из наиболее удобных способов регистрации всех особенностей профиля поверхности обеспечивается при помощи профилографа-профилометра.

Исследования влияния охлажденных воздушных сред с применением термоэлектрического охлаждения на шероховатость поверхности проводились при точении резцами, изготовленными из быстрорежущей стали Р6М5, в качестве обрабатываемых материалов использовались: сталь 45, нержавеющая сталь 12Х18Н10Т, титановый сплав ВТ1-0 и алюминиевый сплав АМг-2. Шероховатость обработанных поверхностей определялась на базовой длине 2,4 см по среднему арифметическому отклонению профиля  $R_a$ . Результаты измерений представлены на рис.2.

Исследование влияния охлажденных, с использованием термоэлектрического охлаждения, воздушных сред на шероховатость обработанной поверхности стали 45 показали, что на скорости 0,45 м/с в присутствии среды, обдув охлажденным воздухом, обдув ионизированным охлажденным воздухом -2 кВ, среднее значение высоты микронеровностей снижается на 7-10 % по сравнению с резанием всухую (рис. 2а). При средних скоростях резания 0,7 м/с происходит уменьшение средней высоты микронеровностей на 20 % при обдуве охлажденным воздухом (рис. 2а). При высоких скоростях резания 0,88 м/с происходит возрастание средней высоты микронеровностей при введении среды. Исходя из этих данных можно утверждать, что охлажденная воздушная среда положительно влияет на трибологическую обстановку в зоне резания при малых 0,45 м/с и средних 0,7 м/с скоростях резания, тем самым улучшая качество обрабатываемой поверхности стали 45.

Введение охлажденной ионизированной воздушной среды не оказывает существенного влияния на качество поверхности при обработке титанового сплава. Значительное снижение высоты микронеровностей 25-30% наблюдается при введении охлажденной воздушной среды. Данное явление наблюдается на скоростях резания 0,25 м/с, 0,36 м/с, 0,48 м/с (рис. 2б).

Резание АМг-2 сопутствует активным наростообразованием и этот процесс проходил менее активно при больших скоростях резания 1 м/с. Можно отметить отдельные значения, при которых наблюдались меньшие средние значения высоты микронеровностей по сравнению со значениями при сухом резании. Это введение охлажденной среды при малых скоростях 0,5 м/с, введение охлажденной ионизированной среды при средних скоростях 0,63 м/с и введение охлажденной ионизированной среды +2 кВ при высоких скоростях 1 м/с.



**Рис. 2.** Шероховатость поверхности при обработке резцом из быстрорежущей стали Р6М5 ( $t = 0,5$  мм,  $S = 0,1$  мм/об): а) сталь 45; б) VT1-0; в) АМг-2; г) 12Х18Н10Т; 1 – резание «всухую»; 2 – обдув сжатым воздухом  $P_{пит} = 0,1$  МПа; 3 – обдув охлажденным воздухом  $P_{пит} = 0,1$  МПа; 4 – обдув ионизированным воздухом  $P_{пит} = 0,1$  МПа,  $U = -2$  кВ; 5 – обдув охлажденным ионизированным воздухом  $P_{пит} = 0,1$  МПа,  $U = -2$  кВ; 6 – обдув ионизированным воздухом  $P_{пит} = 0,1$  МПа,  $U = +2$  кВ; 7 – обдув охлажденным ионизированным воздухом  $P_{пит} = 0,1$  МПа,  $U = +2$  кВ

При малых 0,21 м/с скоростях резания действие воздушной среды и охлажденной воздушной среды на процесс обработки стали 12Х18Н10Т приводит к снижению шероховатости поверхности на 45-50 % (рис. 2г). При средних скоростях резания 0,28 м/с и высоких скоростях 0,41 м/с введение воздушной среды приводит к снижению шероховатости поверхности на 40-45 %. Введение охлажденной ионизированной воздушной среды не оказывает существенного положительного влияния на качество поверхности при обработке стали 12Х18Н10Т.

Полученные данные позволяют сделать вывод о положительном влиянии охлажденного воздуха при помощи термоэлектрических модулей на значение шероховатости поверхности обработанных металлов.

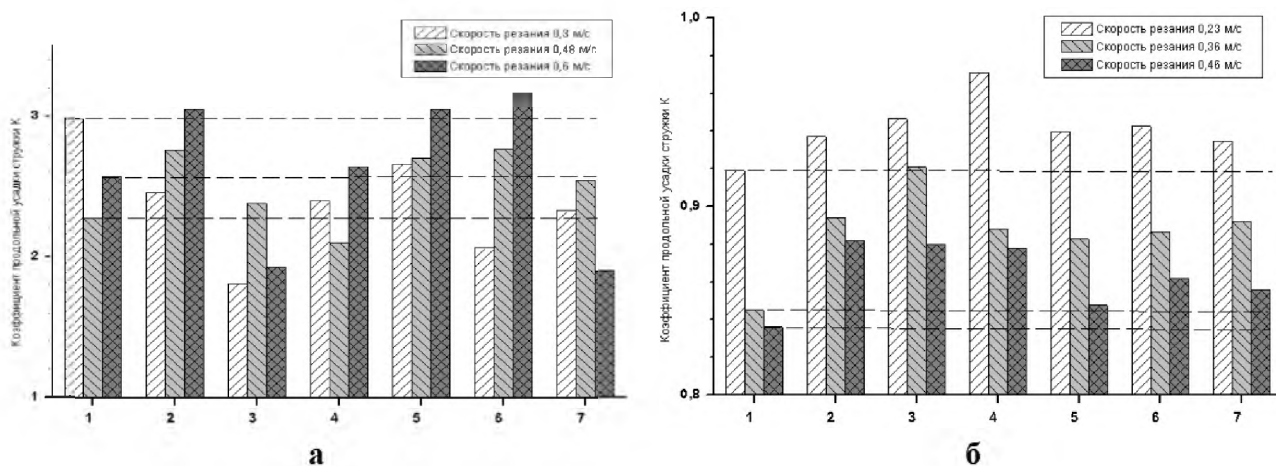
Степень пластической деформации металла в процессе стружкообразования принято оценивать усадкой стружки, т.е. сопоставлением продольных размеров срезаемого слоя и стружки образовавшейся после срезания этого слоя. Пластическая деформация состоит в непрерывном последовательном перемещении элементарных объемов массы металла в направлении плоскости сдвига. В результате пластического деформирования металла в процессе стружкообразования длина срезанной стружки меньше длины срезанного слоя.

Величина усадки не всегда может точно выражать степень пластической деформации. Она зависит от угла резания и коэффициента трения на передней поверхности инструмента, т.е. от направления равнодействующей силы. Поэтому, при постоянной геометрии инструмента по величине усадки стружки можно судить о смазочной способности СОТС.

Проведены исследования по изучению продольной усадки стружки. Исследования проводились при точении резцами, изготовленными из быстрорежущей стали Р6М5, в качестве обрабатываемых материалов использовались: сталь 45, титановый сплав ВТ1-0. Геометрия резцов была выбрана согласно справочной литературе [5]. При точении углеродистых сталей:  $\varphi = 90^\circ$ ,  $\varphi_1 = 15^\circ$ ,  $\gamma = 20^\circ$ ,  $\alpha = 6^\circ$ ,  $\alpha_1 = 6^\circ$ . Скорости резания для стали 45:  $V_1 = 0,3$  м/с,  $V_2 = 0,48$  м/с,  $V_3 = 0,6$  м/с. Скорости резания для титанового сплава ВТ 1-0:  $V_1 = 0,23$  м/с,  $V_2 = 0,36$  м/с,  $V_3 = 0,46$  м/с. Подача и глубина резания оставались неизменными ( $S = 0,1$  мм/об,  $t = 0,5$  мм).

На рис. 3а представлена гистограмма коэффициентов продольной усадки стружки после механической обработке стали 45 при использовании различных СОТС. Максимальный коэффициент усадки наблюдался при резании со скоростью 0,3 м/с в сухую и составил 2,98, при резании со скоростью 0,48 м/с с обдувом и составил 2,75, при резании со скоростью 0,6 м/с с обдувом ионизированным воздухом при напряжении  $U = + 2$  кВ и составил 3,16.

Из представленной гистограммы видно, при резании со скоростью 0,3 м/с, применение охлажденного воздушно потока позволяет снизить коэффициент продольной усадки стружки до значения 1,81. При резании со скоростью 0,48 м/с минимальное значения коэффициента продольной усадки стружки наблюдается при использовании в качестве СОТС ионизированного воздуха при напряжении -2 кВ и составляет 2,065. Примерно равное значение коэффициента продольной усадки стружки при резании со скоростью 0,6 м/с в размере 1,9, наблюдается при обдуве охлажденным воздухом и охлажденным ионизированным воздухом при напряжении +2 кВ. Из полученных результатов можно сделать вывод, что охлажденная воздушная среда снижает адгезию в зоне резания и обладает смазочной способностью при резании.



**Рис. 3.** Гистограммы коэффициента продольной усадки стружки при точении стали 45 (а), титанового сплава ВТ1-0 (б): 1 – резание «всухую»; 2 – обдув сжатым воздухом  $P_{пит} = 0,1$  МПа; 3 – обдув охлажденным воздухом  $P_{пит} = 0,1$  МПа; 4 – обдув ионизированным воздухом  $P_{пит} = 0,1$  МПа,  $U = -2$  кВ; 5 – обдув охлажденным ионизированным воздухом  $P_{пит} = 0,1$  МПа,  $U = -2$  кВ; 6 – обдув ионизированным воздухом  $P_{пит} = 0,1$  МПа,  $U = +2$  кВ; 7 – обдув охлажденным ионизированным воздухом  $P_{пит} = 0,1$  МПа,  $U = +2$  кВ

При исследовании значения коэффициента продольной усадки стружки при точении титанового сплава ВТ1-0 с использованием различных СОТС наблюдается, что образующаяся стружка оказывается более длинной и менее толстой, чем срезанный слой металла до его превращения в стружку. Это явление называется «отрицательной усадкой» [6]. На рис.3б представлена гистограмма коэффициентов продольной усадки стружки после механической обработки титанового сплава ВТ1-0 при использовании различных СОТС.

Из представленной на рис.3 гистограммы видно, при резании со скоростью 0,23 м/с, 0,36 м/с, 0,46 м/с в сухую наблюдается минимальное значение коэффициента продольной усадки стружки, что свидетельствует о значительной «отрицательной усадке». Наименьшие значения «отрицательной усадки» наблюдаются при резании на скорости 14 м/мин с обдувом ионизированным воздухом -2 кВ, на скорости 0,36 м/с с обдувом охлажденным воздухом, на скорости 0,46 м/с с обдувом воздухом.

Применение термоэлектрического охлаждения при резании металлов приводит к повышению качества обработанной поверхности. Представленный в статье материал наглядно показывает положительное действие влияния охлажденных, с использованием термоэлектрического охлаждения, воздушных сред на такие характеристики процесса обработки резанием как: шероховатость обработанной поверхности и смазочной способности СОТС.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Подураев В.Н., Татаринев А.С., Петрова В.Д. Механическая обработка с охлаждением ионизированным воздухом // Вестник машиностроения. 1991 №11. С.27-31.
2. Бахарев П.П. Повышение работоспособности быстрорежущего инструмента путем применения сред активизированных коронным разрядом// Дисс. ...к.т.н. Иваново: Иван. гос. ун-т, 2005. 130 с.

3. Патент РФ № 2411115. Способ охлаждения и смазки режущих инструментов. Авторы: Наумов А.Г., Латышев В.Н., Раднюк В.С., Прибылов А.Н., Курапов К.В.

4. Латышев В.Н. Трибология резания металлов: В 9 ч. Ч. 9, доп. Иваново: Иванов. гос. ун-т, 2004. - 90 с.

5. Барановский Ю.В. Режимы резания металлов: Справочник / Ю.В. Барановский, Л.А. Брахман и др. –М.: НИИТавтопром, 1995. – 456 с.

6. Даниелян А.М. Вестник машиностроения. 1957. - №1.

УДК 621.89.099.6, 532.135

*М. А. Колбашов\**, *В. В. Новиков*, *С. А. Сырбу*, *Д. С. Репин\**

\*ФГБОУ ВО «Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России»

ФГБОУ ВО «Ивановский государственный университет»

## **ВЛИЯНИЕ ПРИСАДОК ХОЛЕСТЕРИЧЕСКИХ ЖИДКИХ КРИСТАЛЛОВ НА СВОЙСТВА РЕЖУЩИХ МАСЕЛ ДЛЯ МЕТАЛЛООБРАБОТКИ**

Изучено влияние присадок некоторых жидкокристаллических соединений холестерина на свойства стандартных режущих масел при обработке металлов. Установлено их положительное действие на технологические показатели процесса резания. Обсуждены проблемы практического использования.

**Ключевые слова:** резание металлов, смазочно-охлаждающие технологические средства, жидкокристаллические соединения.

*M. A. Kolbashov, V. V. Novikov, S. A. Syrbu, D. S. Repin*

## **INFLUENCE OF THE CHOLESTERICAL LIQUID CRISTALS ADDITIVES ON THE PROPERTIES OF CUTTING OILS FOR METALWORKING**

A influence of the additive some cholesterical liquid crystals on properties standard cutting oils for metalworking was studied. The positive action into the technological characteristics of the cutting process was observed. The problems of their practical use are discussed.

**Keywords:** cutting oils, metalworking, cholesterical liquid crystals.

Введение. Известно, что присадки жидких кристаллов к смазочным маслам улучшают их противозадирные и противоизносные свойства масел при трении [1–4]. В работе [5] была показана высокая эффективность некоторых присадок жидкокристаллических соединений холестерина (ЖКСХ) в экспериментах по трению. В частности, было выявлено, что наилучшей способностью улучшать условия трения обладают холестерилловые эфиры, содержащие в своем составе атом хлора. По нашему предположению трибологическая активность данных присадок может быть связана со способностью в процессе трения распадаться на части с образованием свободных радикалов хлора и молекулярного остатка, которые химически реагируют с металлической поверхностью, образуя прочную защитную пленку.

Известно, что смазочное действие смазочно-охлаждающих технологических средств (СОТС) при обработке металлов тоже во многом определяется их способностью разлагаться по радикальным механизмам, образуя на поверхностях прочные хемосорбированные защитные смазочные пленки [6]. Применяя в качестве присадок к СОТС ЖКСХ можно ожидать синергетического эффекта от применения присадок не только химически активных, но и способных структурно упорядочиваться в зоне контакта (рис. 1). Целью наших исследований было проверить эффективность хлорсодержащих присадок ЖКСХ при лезвийной обработке металлов.

Эксперимент. На основе анализа предыдущих результатов были выбраны две присадки X-16 и X-25. Физико-химические свойства данных присадок приведены в таблице 1 [7]. Холестерилловый эфир олеиновой кислоты (X-16), как производная олеиновой кислоты, обладает сильными поверхностно активными свойствами и ее эффективность в качестве присадки к СОТС подтверждена работой В.А. Короткова [8]. Холестерилловый эфир п-хлорбензойной кислоты (X-25), как эффективная присадка, показал себя в наших экспериментах на трение и износ [5].

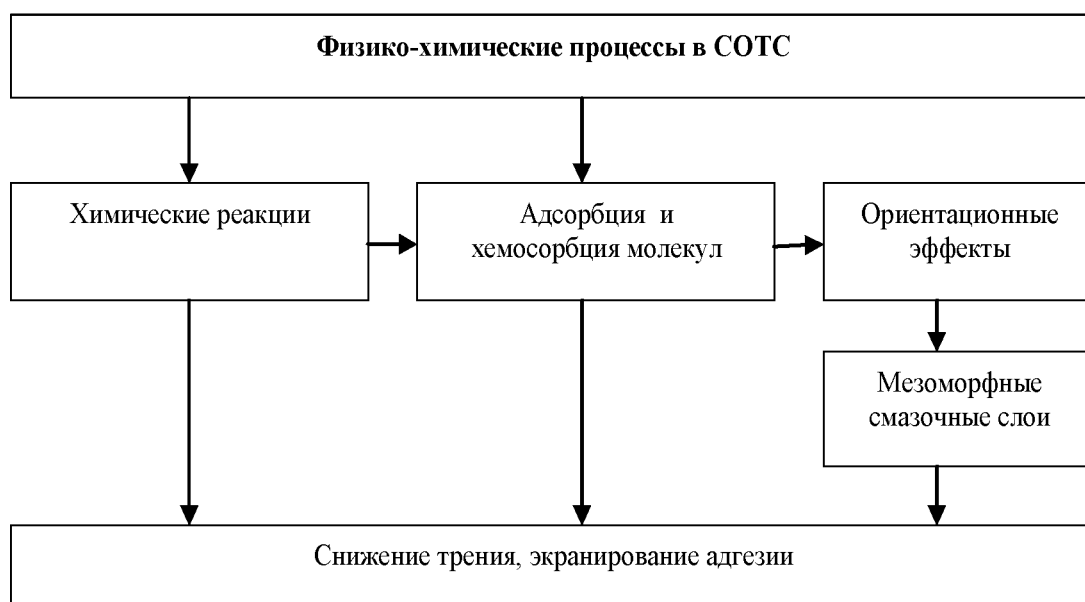


Рис. 1. Схема образования мезоморфного смазочного слоя на поверхностях трения

Таблица 1. Физико-химические свойства исследуемых присадок [7]

Промышленное наименование	Название соединения	Химическая формула	Температура плавления, °С	Температура превращений в мезоморфной фазе, °С	Температура превращения в изотропную жидкость, °С	Молекулярная масса
X-16	Холестерилловый эфир олеиновой кислоты	$C_{48}H_{78}O_2$	-	37,0 S→Ch	-	650
X-25	Холестерилловый эфир п-хлорбензойной кислоты	$C_{34}H_{49}ClO_2$	165,0	-	199,5 Ch→I	524

Таблица 2. Растворимость присадок X16 и X25 в базовых маслах

Базовое масло	Предельная концентрация присадки при 20 °С, масс. %	
	X-16	X-25
И-20А	Р	1,6
СП-4	Р	2,25
ГСВ-1	Р	1,75

Примечание: максимальная концентрация вводимых присадок ограничивалась 3 масс. %

Для исследования были выбраны три вида базовых масел. Индустриальное масло И-20А выбрано потому, что оно является основой производства режущих масел. В ее составе изначально отсутствуют иные присадки, поэтому триботехнические эффекты, связанные с введением изучаемых ЖКСХ, не искажаются под влиянием других активных присадок. Были также взяты два вида реальных режущих масла ГСВ и СП-4 с целью изучения возможности модификации их свойств за счет введения исследуемых присадок.

Исследуемые присадки растворялись в нагретом на водяной бане базовом масле при температуре 95...100 °С, а затем охлаждались до комнатной температуры. Установлено, что присадка X-16 полностью растворима в исходных маслах. Присадка X-25 лишь частично растворима (табл. 2). В связи с ограниченной растворимостью для обеспечения сопоставимости результатов в дальнейшем мы использовали растворы присадок в базовом масле одинаковой молярной концентрации -  $2.5 \cdot 10^{-2}$  моль/кг.

Исследование эффективности масел с присадками присадок при резании проводилось на трибометрическом стенде на базе токарно-винторезного станка ТВ6 при сверлении. Режим резания: диаметр сверла Р6М5 5.3 мм, частота вращения - 120 об/мин (1.8 м/мин) и 710 об/мин (11.8 м/мин), подача — 0,08 мм/об. Образец обрабатываемого материала — полоса стали 12Х18Н10Т сечением 10×10 мм — закреплялся в тензометрической головке станка. Показания сигнала крутящего момента с тензометрической головки передавались через АЦП на персональный компьютер.

В качестве интегральной характеристики смазочной способности СОТС использовали работу резания. За критерий стойкости инструмента бралось время работы инструмента, за которое работа резания увеличивалась в 2 раза. Подача СОТС осуществлялась капельным методом с расходом 1 мл/мин. Шероховатость  $R_a$  измеряли на профилографе-профилометре «Абрис ПМ-7» с радиусом закругления иглы 5 мкм на базовая длине интегрирования – 0.8 мм.

В другой серии опытов были проведены модельные эксперименты по определению усадки стружки, изучению корней стружки и исследование деформированных слоев после обработки проводились на токарно-винторезном станке модели 16К20.

В качестве обрабатываемого материала использовалась сталь 45, в качестве режущего инструмента применялись упорно — проходные резцы из быстрорежущей стали Р6М5 (HRC 51-52). Выбор материала обусловлен высокой чувствительностью к негативным воздействиям среды. Геометрия резцов была выбрана согласно справочной литературе. При точении углеродистых сталей:  $\varphi = 90^\circ$ ,  $\varphi_1 = 15^\circ$ ,  $\gamma = 20^\circ$ ,  $\alpha = \alpha_1 =$



6°. Режим резания:  $v = 30$  м/мин (0,5 м/с),  $S = 0,1$  мм/об,  $t = 0,5$  мм. Подача СОТС осуществлялась капельным методом с расходом 1 мл/мин.

Методика изучения усадки стружки состояла в следующем. На заготовке диаметром 74,8 мм с противоположенных сторон прорезались два продольных паза шириной 5 мм и глубиной 6 мм. Таким образом, величина дуги окружности между пазами составила 112,49 мм. Коэффициент усадки стружки вычислялся по формуле:

$$K = l_0 / l_{\text{стр}},$$

где  $l_0$  – длина среза (112,49 мм),  $l_{\text{стр}}$  – длина стружки.

Корни стружки получались методом откидного резца, который отбрасывался в момент резания со скоростью, превышающей скорость резания. Структура корней изучалась методами металлографического анализа на металлографическом микроскопе МИМ-7.

Обсуждение результатов. Результаты экспериментов по влиянию присадок ЖКСХ на процесс сверления приведены в таблице 3. Обнаружено положительное влияние присадок ЖКСХ на процесс сверления материалов — снижение силовых параметров, уменьшение шероховатости поверхности, повышению стойкости инструмента. Исследование влияния на работу резания показали, что при скорости 1,8 м/мин (0,03 м/с) работа резания снижается для чистого масла СП-4 на 15 % по сравнению с И-20А. Добавление присадки Х-16 снижает работу резания на 19 %. Добавление же присадки Х-25 снижает работу резания на 26 %.

Среднеарифметическое отклонение профиля  $R_a$  снижается для чистого СП-4 на 21%, при добавлении присадки Х-16 на 30 %, присадки Х-25 на 36 %. Стойкость инструмента повышается на 42 % для СП-4, на 75 % для СП-4+Х-16 и на 85 % для СП-4+Х-25.

При увеличении скорости резания до 11,8 м/мин (0,2 м/с) эффективность присадок становится ниже. Работа резания снижается при использовании СП-4 на 4%, при добавлении Х-16 на 7%, при добавлении присадки Х-25 на 11%. Шероховатость поверхности  $R_a$  снижается на 17 % для СП-4, на 20% для СП-4 + Х-16, на 24 % для СП-4 + Х-25. Стойкость инструмента также увеличивается, но не на большую величину: при использовании СП-4 на 25 %, СП-4+Х-16 на 28 %, СП-4+Х-25 на 31%.

При использовании в качестве базового СОТС ГСВ-1 эффективность оказывается выше по сравнению с СП-4. Исследование влияния на работу резания показали, что при скорости 1,8 м/мин (0,03 м/с) работа резания снижается для чистого масла ГСВ-1 на 18 % по сравнению с И-20А. Добавление присадки Х-16 снижает работу резания на 21 %. Добавление же присадки Х-25 снижает работу резания на 30 %.

Среднеарифметическое отклонение профиля  $R_a$  снижается для чистого ГСВ-1 на 26%, при добавлении присадки Х-16 на 32 %, присадки Х-25 на 39 %. Стойкость инструмента повышается на 51 % для СП-4, на 82 % для СП-4+Х-16 и на 90 % для СП-4+Х-25.

При увеличении скорости резания до 11,8 м/мин (0,2 м/с) эффективность присадок становится ниже. Работа резания снижается при использовании ГСВ-1 по отношению к маслу И-20А на 6%, при добавлении Х-16 на 9 %, при добавлении присадки Х-25 на 14%. Шероховатость поверхности  $R_a$  снижается на 18 % для ГСВ-1, на 24 % для ГСВ-1 + Х-16, на 26 % для ГСВ-1 + Х-25. Стойкость инструмента также увеличивается при использовании ГСВ-1 на 36 %, ГСВ-1+Х-16 на 41 %, ГСВ-1+Х-25 на 45%.

Таблица 3. Характеристики процесса сверления 12Х18Н10Т с использованием ЖКСХ

СОТС	Скорость резания 1,8 м/мин (0,03 м/с)			Скорость резания 11,8 м/мин (0,2 м/с)		
	Работа резания $A_0$ , мН·м	$Ra_0$ , мкм	Стойкость $T_0$ , мин	Работа резания $A_0$ , мН·м	$Ra_0$ , мкм	Стойкость $T_0$ , мин
И-20А	96,4	2,4	42	74,3	1,6	34
	$A/A_0$	$Ra/Ra_0$	$T/T_0$	$A/A_0$	$Ra/Ra_0$	$T/T_0$
И-20А	1	1	1	1	1	1
СП-4	0,85	0,79	1,42	0,96	0,83	1,25
СП-4 + X-16	0,81	0,70	1,75	0,93	0,8	1,28
СП-4 + X-25	0,74	0,64	1,85	0,89	0,76	1,31
ГСВ-1	0,82	0,74	1,51	0,94	0,82	1,36
ГСВ-1 + X-16	0,79	0,68	1,82	0,91	0,76	1,41
ГСВ-1 + X-25	0,70	0,61	1,90	0,86	0,74	1,45

Анализ результатов на усадку стружки показывает, что применение ЖКСХ в составах стандартных СОТС позволяет снизить коэффициент продольной усадки стружки. На рис. 2. представлена гистограмма коэффициента продольной усадки стружки при использовании различных СОТС.

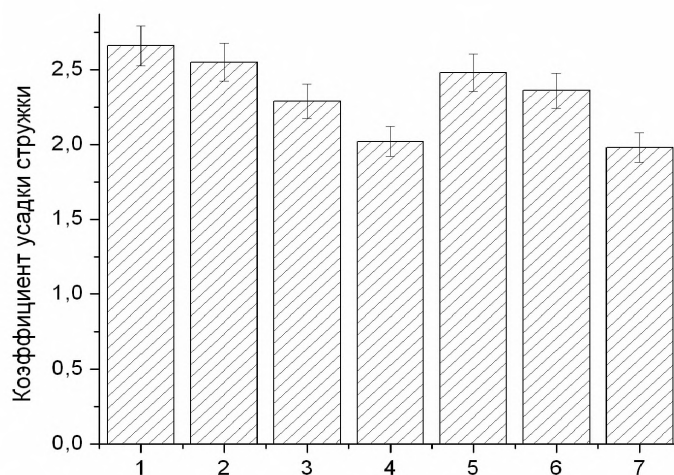


Рис. 2. Гистограмма продольной усадки стружки при точении стали 45: 1 — всухую, 2 — СП-4, 3 — СП-4 + X-16, 4 — СП-4 + X-25, 5 — ГСВ-1, 6 — ГСВ-1+X-16, 7 — ГСВ-1+X-25

Наибольшее значение коэффициента продольной усадки стружки получили при резании всухую. При использовании в качестве СОТС режущих масел с присадками ЖКСХ коэффициенты оказываются ниже, чем без присадок. Также использование в качестве СОТС режущих масел с присадками ЖКСХ содержащих в своем составе атомы хлора значение коэффициента усадки оказывается еще ниже. Для режу-

щего масла СП-4 коэффициент усадки стружки снижается по отношению к резанию всухую на 7 %. При добавлении присадки ЖКСХ Х-16 коэффициент снижается на 14 %, а при добавлении хлорсодержащей присадки Х-25 коэффициент усадки стружки снижается на 25 %. При использовании режущего масла ГСВ-1 значение коэффициента усадки стружки ниже, чем при использовании СП-4. Так по отношению к резанию всухую, величина коэффициента усадки стружки снижается на 9 %, при добавлении присадки Х-16 на 12 %, при добавлении присадки Х-25 на 27 %.

Причиной изменения усадки стружки при воздействии СОТС является на наш взгляд изменение пластичности материала. Известно, что более пластичные материалы имеют большую степень поперечной усадки стружки, чем менее пластичные. Пластичность материала повышается с увеличением температуры в зоне резания. Чем выше температура, тем выше пластичность, тем выше коэффициент усадки стружки. Эффективная смазка уменьшает температуру за счет уменьшения теплоты, выделяемой при трении на передней и задней поверхности резца, тем самым уменьшает усадку стружки. Таким образом, применение смазок с присадками Х-25 и Х-16 за счет эффективного смазочного действия позволяет снизить температуры в зоне резания. При этом хлорсодержащая присадка оказывается более эффективной.

Выводы и их обсуждение. Эксперименты по использованию при металлообработке СОТС с присадками ЖКСХ подтвердили их высокую эффективность в качестве трибоактивных веществ. Отмечено снижение силовых параметров резания, уменьшение шероховатости поверхности, повышению стойкости инструмента, снижение коэффициента усадки стружки. Подтвердилась рабочая гипотеза о более высокой эффективности хлорсодержащей присадки ЖКСХ Х-25 по сравнению с присадкой Х-16, не содержащей активных атомов. Отмечено понижение эффективности СОТС с присадками ЖКСХ с повышением скорости обработки. Следовательно, данные СОТС можно рекомендовать для операций с малыми скоростями резания.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Справочник по триботехнике. Под общ. ред. М. Хебды и А.В. Чичинадзе. М.: Машиностроение. Т.2.1990. 420с.
2. *Ермаков С. Ф., Родненков В.Г., Белоенко Е.Д., Купчинов Б.И.* Жидкие кристаллы в технике и медицине. Мн.: ООО «Асар», М.: ООО «ЧеРо», 2002. 412с
3. *А.с. 601304 (СССР).* Смазочно-охлаждающая жидкость для механической обработки металлов / Р.И. Карабанов, В.Н. Латышев, И.Г. Чистякова, В.М. Чайковский. Опубл. в Б.И.1978. № 13.
4. Топлива, смазочные материалы и технические жидкости. Ассортимент и применение: Справочник под ред. В.М. Школьников. М.: Издательский центр «Техинформ», 1999. 596с.
5. *Колбашов М.А., Латышев В.Н., Новиков В.В., Сырбу С.А.* Влияние присадок холестерических жидких кристаллов на свойства смазочных масел при трении. // Жидкие кристаллы и их практическое использование. Вып.1(27), 2009. С. 78—85
6. *Латышев В.Н.* Трибология резания. Кн. 1: Фрикционные процессы при резании металлов. Иваново: Иван.гос.ун-т, 2009. 108 с.
7. *Demus D., Demus H., Zschke H.* Flussige kristalle in tabellen. Leipzig. VEB Deut. Verlag, 1974. 356 с
8. *Коротков В.Б.* Влияние мезогенных технологических сред на процесс резания медно-никелевых сплавов: Дисс. .... канд. техн. наук. Горький, 1982. 250 с.

УДК 621.9.06

*В. Н. Копосов*

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

## ПРОЕКТИРОВАНИЕ УНИВЕРСАЛЬНЫХ МНОГОШПИНДЕЛЬНЫХ ГОЛОВОК

В работе изложены особенности проектирования универсальных многошпиндельных головок, применение которых должно быть экономически эффективно не только в условиях крупносерийного и массового, но и в условиях мелко- и среднесерийного производства.

**Ключевые слова:** проектирование, многошпиндельная головка, переналадка, точность, деталь, синтез, математическая модель.

*V. N. Kuposov*

## DESIGN OF UNIVERSAL MNOGOSHPINDELNYH HEADS

This paper contains design features universal multispindle heads, the application of which should be cost effective, not only in terms of high volume and mass, but also in the conditions of small and medium production.

**Keywords:** design, multiple spindle head, changeover, accuracy, detail, synthesis, mathematical model.

Повышение эффективности использования металлорежущего оборудования (в том числе станков с числовым программным управлением) в условиях серийного производства может быть достигнуто за счет применения многошпиндельной обработки (МШО). Обработка групп отверстий у деталей осуществляется с помощью многошпиндельных головок (МШГ). В условиях мелко- и среднесерийного производства применяются универсальные МШГ с возможностью изменения расположения шпинделей.

При широкой номенклатуре обрабатываемых деталей, что характерно для мелко- и среднесерийного производства, важной задачей является обоснование варианта МШО и соответствующих ему количества и параметров МШГ. Для решения этой задачи в первую очередь необходимо получить все возможные варианты МШО деталей. Только в этом случае может быть гарантирован последующий выбор оптимального варианта.

В предлагаемой модели генерации многообразия вариантов МШО входными параметрами являются характеристики групп отверстий обрабатываемых деталей. К ним относятся диаметры отверстий, необходимые виды их обработки, количество, расположение и точность отверстий в группе.

Для каждой группы отверстий формируется множество, элементами которого являются номера или другие условные обозначения отверстий в группе. Записывается булеан этого множества, т.е. множество всех его подмножеств.

Каждый возможный вариант обработки группы отверстий образуется из элементов этого булеана. Таким образом формируются множества вариантов обработки групп отверстий для всех деталей. Далее записывается прямое (декартовое) произведение этих множеств. Каждый элемент этого произведения представляет собой один из вариантов многошпиндельной обработки всей номенклатуры деталей.

Синтез элементов прямого произведения позволяет определить параметры многошпиндельных головок, необходимых для практической реализации того или иного варианта многошпиндельной обработки: диапазоны изменения диаметров режущих инструментов и расстояний между шпинделями, требования по точности и типы МШГ по возможному расположению шпинделей.

Последовательность генерации многообразия вариантов МШО может быть представлена в виде графа. Количество уровней его вершин равно количеству наименований обрабатываемых деталей. Вершины графа представляют собой варианты МШО, дуги – направления прямого произведения множеств, характеризующих вершины. Граф наращивается последовательно. Построение каждого нового уровня вершин означает включение в группу следующей детали. На нижнем уровне графа находятся все возможные варианты МШО всех деталей группы. В дальнейшем в группу могут быть включены дополнительно новые или исключены из нее снятые с производства детали.

Использование этой модели позволяет сформировать все возможные варианты многошпиндельной обработки групп отверстий для любой номенклатуры деталей, определить параметры МШГ. Это создает предпосылки для выбора оптимального варианта МШО. Кроме этого, такой подход позволяет решить эту задачу большой размерности с помощью ЭВМ.

Важным фактором МШО является достижение требуемой точности взаимного расположения отверстий в группе. В связи с этим на стадии проектирования МШГ встает вопрос определения диапазона точности, которая может быть достигнута при обработке данной головкой. Особенно важно это знать при проектировании универсальных многошпиндельных головок, т.к. с их помощью обрабатывается широкая номенклатура деталей с разной степенью точности.

Разрешить эту проблему позволяет метод имитационного моделирования динамических процессов. Суть этого метода состоит в математическом описании и исследовании динамики упругих колебаний подвижных элементов МШГ. Исследуемая многошпиндельная головка представляется в виде эквивалентной упругой системы, состоящей из нескольких приведенных масс, соединенных между собой упругими и диссипативными связями. Упругая система МШГ описывается дифференциальными уравнениями второго порядка.

Подобным образом для примера получена система уравнений, описывающих колебания шпинделей специальной двухшпиндельной МШГ в плоскости обработки. Эта головка представляется в виде двухмассовой упругой системы, состоящей из приведенной массы шпинделя и промежуточного вала. Каждая из масс имеет две степени свободы в плоскости обработки. Сила в зубчатом зацеплении, изменяющаяся по гармоническому закону с зубцовой частотой, рассматривается как возмущающая сила. В результате вычислительного эксперимента на ЭВМ были получены данные о величине колебаний шпинделей исследуемой МШГ по осям  $x$  и  $y$ . Они составили 0,0183 мм и 0,0162 мм соответственно.

Аналогично создается модель универсальной МШГ, которая отличается наличием большего числа составляющих элементов. Математическое моделирование МШГ на стадии проектирования позволяет определить достижимую головкой точность обработки группы отверстий и подобрать допустимые конструктивные решения ее элементов.

Для определения параметров МШГ при их централизованном изготовлении для ряда предприятий необходимо иметь результаты статистического анализа обрабатываемых деталей. Каждая группа отверстий на деталях характеризуется следующими параметрами: количество отверстий в группе, диаметр и форма отверстий, их расположение, межосевые расстояния между отверстиями, параметры точности. По этим параметрам был проведен статистический анализ 225 деталей типа корпус, основание, фланец, кронштейн и т.д., обрабатываемых на машиностроительных предприятиях г. Иваново.

Анализ показал, что у деталей в группе имеются, как правило, 2 отверстия (20 % деталей), 3 отверстия (7 %), 4 отверстия (69 %), 6 отверстий (3 %) или 8 отверстий (1 %). Диаметры отверстий распределены следующим образом (свыше – до, мм): 3 – 6 (11 % деталей), 6 – 10 (36 %), 10 – 16 (49 %), 16 – 20 (3 %), 20 – 25 (1 %). Большинство отверстий выполнено гладкими (75 % деталей), имеются также резьбовые (15 %) и ступенчатые (10 %) отверстия. Два отверстия в группе располагаются в линию; три – на окружности в виде правильного треугольника (86 % деталей), в линию (14 %); четыре – в виде квадрата на окружности (91 % деталей), в виде прямоугольника (8 %), в линию (1 %); шесть – в виде прямоугольника (67 % деталей), симметрично на окружности (33 %); восемь – симметрично на окружности (100%).

Результаты статистического анализа по межосевым расстояниям между отверстиями ввиду их большой размерности здесь не приводятся. Отметим лишь, что диапазон изменения межцентровых расстояний находится в пределах от 10 до 200 мм. Большинство значений этого параметра сосредоточено в диапазоне от 20 до 130 мм (75 % деталей).

Точность диаметров отверстий регламентируется в пределах от 7 до 14 качества. При расположении отверстий в один или несколько рядов отклонения межцентровых расстояний находятся в пределах от  $\pm 0,06$  до  $\pm 0,2$  мм, при их расположении на окружности отклонение ее диаметра изменяется от  $\pm 0,1$  до  $\pm 1,4$  мм. Отклонение центрального угла между осями отверстий изменяется от  $\pm 25^\circ$  до  $1^\circ$ .

Только обоснованные параметры МШГ позволяют обеспечить эффективность их использования в условиях мелко- и среднесерийного производства.

УДК 621.9.01

*В. В. Новиков, О. В. Афанасьева*

ФГБОУ ВО «Ивановский государственный университет»

**МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ФОРМИРОВАНИЯ СЛИВНОЙ СТРУЖКИ ПРИ СВОБОДНОМ РЕЗАНИИ**

Описывается схема стружкообразования для свободного резания, которая не привязывает направление сдвига стружки при деформации к плоскости сдвига. Получены аналитические выражения для расчета взаимосвязи между направлением текстуры сливной стружки, направлением плоскости сдвига стружки и коэффициентом трения для ортогонального свободного резания.

**Ключевые слова:** трение, стружкообразование, деформация стружки, усадка, угол сдвига.

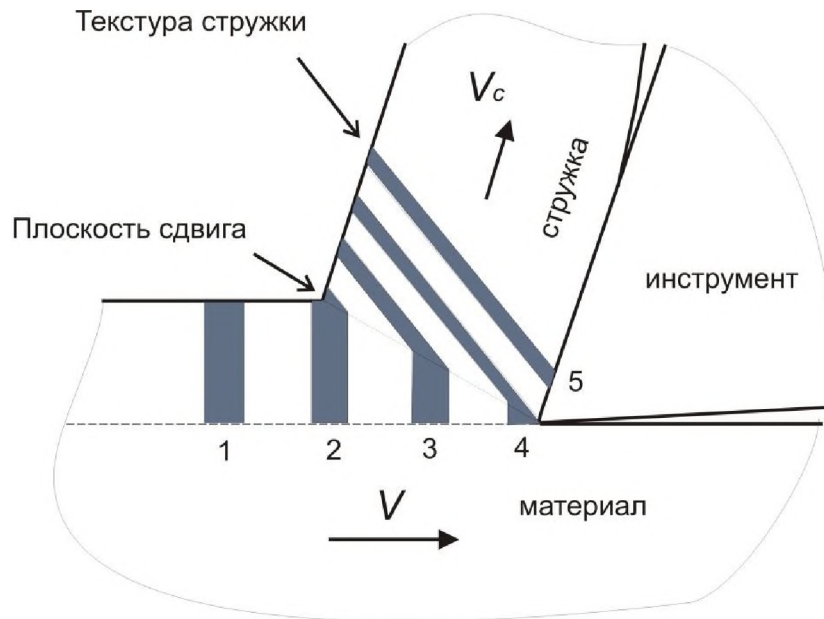
*V. V. Novikov, O. V. Afanasyeva***MODELING OF A CONTINUOUS CHIP FORMATION PROCESS WHEN THE FREE CUTTING**

The schema of chip free cutting was described. It does not bind the panning direction of the chips during deformation to the plane of shear. Analytical expressions to calculate the relationship between grain direction continuous chip and the direction of the shear plane of the chip and friction factor for orthogonal free cutting was offered.

**Keywords:** friction, chip formation, chip deformation, shrinkage, shear angle.

Надежность и долговечность работы станков и инструмента при механической обработке материалов во многом зависит от назначения оптимального режима резания. Математическое моделирование процесса резания позволяет облегчить выбор оптимальных режимов. Для этого необходимо математически правильно описать происходящие при резании физические процессы. В настоящее время общепринятой точкой зрения на процесс стружкообразования при образовании сливной стружки является модель, в которой плоскость, проходящая в середине зоны первичной деформации, является главным направлением пластического сдвига в стружке [1-3]. Такая схема слишком упрощена. Применение ее для расчетов дает значительные расхождения между экспериментальными результатами и теоретическими предсказаниями [4].

В наших работах [5-6] предложена иная схема стружкообразования, которая не привязывает направление сдвига стружки к направлению этой плоскости (рис. 1). Плоскость сдвига является всего лишь условной границей между областями упругой и пластической деформации. Последовательно проходя через зону первичной деформации, элемент стружки постепенно деформируется. Его размер в поперечном направлении удлиняется, а вдоль движения стружки укорачивается. Сдвиг в стружке происходит на этой границе в направлении действия максимальных касательных напряжений. Наклон текстурных линий соответствует направлению сдвига.



**Рис. 1.** Стадии пластической деформации сегмента стружки при формировании текстуры: 1 — до деформации, 2 — начало деформации сегмента, 3 — форма сегмента в середине деформации, 4 — в конце деформации, 5 — после деформации.

Расчет показал, что оно не совпадает с направлением плоскости сдвига, наблюдаемой в экспериментах, но соответствует направлению текстуры деформации стружки. Предложена формула для расчета угла текстуры стружки

$$\beta_2 = \gamma + \frac{1}{2} \operatorname{arctg} \left( \frac{1}{2\mu} \right), \quad (1)$$

где  $\gamma$  - передний угол,  $\mu$  - коэффициент трения.

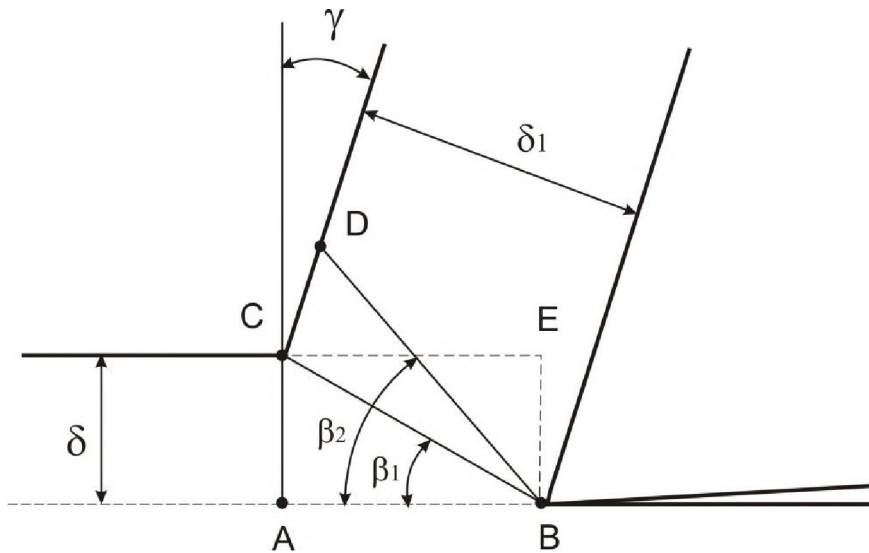
Ранее нами [6] было также высказано предположение, что угол наклона плоскостей текстуры стружки  $\beta_2$  и угол сдвига связаны между собой выражением

$$\beta_1 + \Delta\beta = \beta_2, \quad (2)$$

где  $\Delta\beta$  — параметр, зависящий от вида обрабатываемого материала и условий резания. Является актуальным найти и обосновать эту взаимосвязь теоретически.

На рис 2. представлена схема зоны стружкообразования. На схеме изображен прямоугольный сегмент стружки ABCE, который из-за пластической деформации трансформируется в четырехугольник ABDC. Из-за пластической деформации сторона |CE| укорачивается преобразуясь в |CD|. Соответственно, сторона |BE| удлинится, превращаясь в |BD|. Четырехугольник ABDC можно разбить на два треугольника  $\triangle ABC$  и  $\triangle CBD$ .





**Рис. 2.** Схема для расчета взаимосвязи между углами наклона плоскости сдвига и текстуры при образовании сливной стружки

Обозначим толщину срезаемого слоя  $\delta$ . Тогда для  $\triangle ABC$  будут справедливы следующие соотношения

$$|AC| = \delta, \quad |CB| = \frac{\delta}{\sin \beta_1}, \quad |AB| = \frac{\delta}{\operatorname{tg} \beta_1}. \quad (3)$$

Из-за пластического укорочения

$$|CD| = \frac{|AB|}{K} = \frac{|CB| \cdot \cos \beta_1}{K}, \quad (4)$$

где  $K$  — коэффициент усадки стружки.

Можно показать, что при такой постановке задачи площади исходного элемента  $\triangle CEB$  и того же элемента после пластической деформации  $\triangle CBD$  остаются равными, т.е. условие непрерывности пластической деформации для принятой схемы соблюдается:

$$\frac{1}{2}|AB| \cdot \delta = \frac{1}{2}|CD| \cdot \delta_1. \quad (5)$$

Для углов будут справедливы следующие соотношения:

$$\angle CBD = \Delta\beta, \quad \angle BCD = 90^\circ - \gamma + \beta_1, \quad \angle CDB = 90^\circ + \gamma - \beta_1 - \Delta\beta. \quad (6)$$

По теореме синусов между сторонами и углами  $\triangle CBD$  справедливо соотношение:

$$\frac{|CD|}{\sin(\Delta\beta)} = \frac{|CB|}{\sin(90^\circ + \gamma - \beta_1 - \Delta\beta)}. \quad (7)$$

Подставляя (4) в выражение (7) можно получить формулу для расчета связи между углами

$$\frac{\cos \beta_1}{K \cdot \sin(\Delta\beta)} = \frac{1}{\sin(90^\circ + \gamma - \beta_1 - \Delta\beta)}. \quad (8)$$

После преобразований из выражения (8) получается формула для расчета разности между углами наклона плоскости сдвига и текстуры стружки

$$\operatorname{tg}(\Delta\beta) = \frac{\cos \beta_1 \cdot \cos(\beta_1 - \gamma)}{K - \cos \beta_1 \cdot \sin(\beta_1 - \gamma)}. \quad (9)$$

Известно [3], что коэффициент усадки стружки связан с углом сдвига стружки соотношением:

$$K = \frac{\cos(\beta_1 - \gamma)}{\sin \beta_1}. \quad (10)$$

Подставляя (10) в выражение (9) получаем

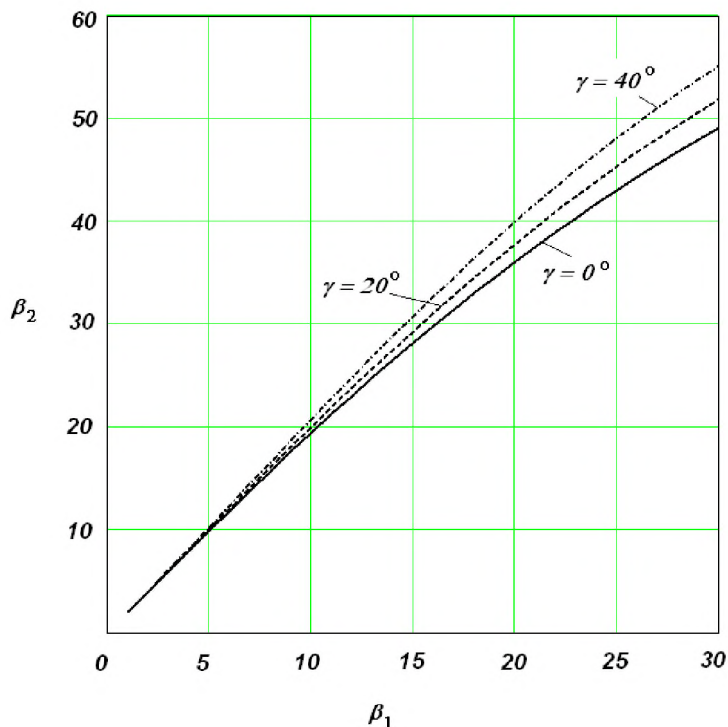
$$\Delta\beta = \operatorname{arctg} \left[ \frac{\cos \beta_1 \cdot \cos(\beta_1 - \gamma)}{\frac{\cos(\beta_1 - \gamma)}{\sin \beta_1} - \cos \beta_1 \cdot \sin(\beta_1 - \gamma)} \right]. \quad (11)$$

С учетом выражения (2) из формулы (11) следует, что

$$\beta_2(\beta_1) = \beta_1 + \operatorname{arctg} \left[ \frac{\cos \beta_1 \cdot \cos(\beta_1 - \gamma)}{\frac{\cos(\beta_1 - \gamma)}{\sin(\beta_1)} + \cos \beta_1 \cdot \sin(\beta_1 - \gamma)} \right]. \quad (12)$$

Таким образом, поставленная задача является решенной.

Номограмма, связывающая угла текстуры стружки и угол сдвига, приведена на рис. 3. Из графиков видно, что полученная взаимосвязь близка к прямой пропорциональности и слабо зависит от переднего угла инструмента. Угол сдвига стружки приблизительно в два раза меньше чем угол наклона текстуры. Такое поведение стружки напоминает известный закон равенства углов падения и отражения для механики. Набегающая на инструмент стружка как бы отражается за счет пластической деформации от поверхности инструмента. Плоскость сдвига в этом случае – есть плоскость преломления направления движения стружки от упругого распространения к пластическому течению.



**Рис. 3.** Расчетная зависимость взаимосвязи между углами сдвига и текстуры стружки при различных передних углах

Полученные результаты дают хорошее соответствие с наблюдаемым характером строения зоны пластической деформации при стружкообразовании [1-2] и могут быть использованы при дальнейшем моделировании процесса резания.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Зорев Н.Н. Исследование элементов механики процесса резания. М: Машгиз. 1952, 364 с.
2. Клушин М.И. Резание металлов. Элементы теории пластического деформирования срезаемого слоя. М: Машгиз. 1958, 480 с.
3. Trent E.M., Wright P.K. Metal Cutting 4th Edition. – Boston: Butterworth–Heinemann, 2000. – 464 p.
4. Astakhov P.V. Tribology of metal // Cutting tribology and interface engineering series, 52 Editor: V.J. Briscoe. Elsevier Ltd. Oxford. 2006. 454 p.
5. Новиков В.В. К расчету механических напряжений в стружке при ортогональном свободном резании // Металлообработка. № 6(90). 2015. С. 10—17.
6. Новиков В.В., Рыкунов А.Н. Применение трибологической модели стружкообразования для расчетов деформаций и углов сдвига в стружке Вестник РГАТУ имени П. А. Соловьева. № 1 (36) 2016. С. 62-68.

УДК 621.9.01

*В. В. Новиков, К. С. Бурченков, О. В. Афанасьева*  
ФГБОУ ВО «Ивановский государственный университет»

## АНАЛИТИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ТЕМПЕРАТУРЫ НА КОНТАКТЕ «СТРУЖКА-ИНСТРУМЕНТ» ПРИ РЕЗАНИИ

Нагрев материала стружки в зоне контакт «стружка—инструмент» приводит изменению условий трения из-за увеличения пластичности материала стружки. Нами предложено приближенное аналитическое выражение для расчета максимальных температур на контакте позволяющее учесть изменения условий трения из-за увеличения пластичности материала стружки.

**Ключевые слова:** резание, температура, трение, стружка, инструмент, моделирование.

*V. V. Novikov, K. S. Burchenkov, O. V. Afanasieva*

## ANALYTICAL CALCULATION OF THE TEMPERATURE AT THE CONTACT «CHIP-TOOL» WHEN CUTTING

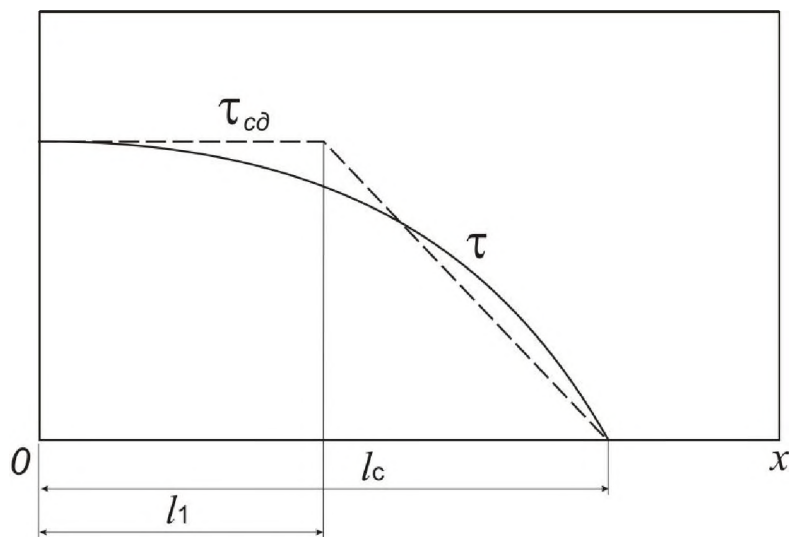
The heating of the material of the chip in the zone of contact «chip—tool» leads to a change in the conditions of friction due to increase of material ductility of the chip. We offered to develop an approximate analytical expression for calculating the maximum temperature on contact, allowing to consider change of the friction conditions because of the increased plasticity of the material of the chip.

**Keywords:** cutting, temperature, friction, chips, tool, modeling.

Надежность и долговечность работы станков и инструмента при механической обработке материалов во многом зависит от назначения оптимального режима резания. Математическое моделирование процесса резания позволяет облегчить выбор оптимальных режимов. Для этого необходимо математически правильно описать происходящие при резании физические процессы.

Известно, что трение в зонах контакта «стружка—инструмент» и «инструмент — обрабатываемый материал» существенно влияет на нагрев зоны контакта, поскольку вся работа сил трения при резании переходит в теплоту. Трение порождает в поверхностном слое инструмента источник теплоты, приводящий к нагреву. Большую роль в изучение процесса нагрева зоны контакта при резании внесли работы А.Н. Резникова [1], Талантова [2], А.А. Рыжкина [3] и др. Получены выражения для расчета температур при известных параметрах сил трения на передней поверхности. Однако эти выражения были выведены без учета механических процессов поверхностной пластической деформации в стружке, которые и порождают трение при резании, а также не учитывают влияние нагрева на напряжение сдвига при такой деформации.

Исследования [4-6] показывают, что распределение сдвиговых напряжений по зоне контакта носит сложный характер (рис. 1).



**Рис. 1.** Схема распределения тангенциальных контактных напряжений на передней поверхности зоны контакта «стружка-инструмент»

Обозначим длину пластического контакта  $l_1$  а полную длину контакта  $l_c$  (рис. 1). Исходя из зонной модели, аппроксимацию зависимости  $\tau(x)$  следует проводить двумя фрагментами: постоянным напряжением сдвига для застойной зоны и линейно убывающим напряжением для упруго-пластичной зоны:

$$\left. \begin{aligned} \tau(x) &= \tau_{\bar{n}\bar{a}} & \text{и} \delta \bar{e} & \quad 0 < x < l_1 \\ \tau(x) &= \tau_{\bar{n}\bar{a}} \frac{l_c - x}{l_c - l_1} & \text{и} \delta \bar{e} & \quad l_1 < x < l_c \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

где  $\tau_{сд}$  — критическое напряжение сдвига в обрабатываемом материале.

После интегрирования и ряда приближений можно показать, что

$$P_\tau = b l_{\bar{y}\bar{o}} \tau_{\bar{n}\bar{a}} = 0.75 b l_c \tau_{сд} \quad (2)$$

Таким образом, сила трения при резании зависит только от длины и ширины контакта и напряжения сдвига в материале стружки.

В работах [8,9] показано, что напряжение сдвига в стружке существенно зависит от температуры нагрева и это обстоятельство необходимо учитывать при моделировании процессов при резании. Поэтому нагревание зоны контакта естественно будет приводить к изменениям в значениях напряжения сдвига, силы трения и мощности поверхностного теплового источника, порожденного трением. Температура влияет на трение и это следует учитывать при расчетах.

Инструмент находится в постоянном контакте со стружкой, в которой происходит пластический сдвиг и порождается теплота трения. Таким образом, на его поверхности действует постоянный источник теплоты, интенсивность которого при допущении равномерности силы трения можно описать выражением

$$q = A_{\text{эф}} \tau_{сд} \frac{v}{k}, \quad (3)$$

где  $A_{эф}$  - коэффициент доли теплоты, передаваемой стружкой инструменту,  $k$  - коэффициент усадки стружки,  $v$  - скорость резания.

Для вывода формулы для расчета нагрева поверхности материала воспользуемся решением задачи нагрева полубесконечного тела одномерным источником теплоты, которое приведено в работе [10]. Если рассчитать температуру в центре источника теплоты на поверхности при  $z = 0$ , действующего на поверхности продолжительное время  $t \rightarrow \infty$ , то получим стационарную температуру, соответствующую режиму теплонасыщения материала

$$\theta_{\max} = \frac{q r_i}{\lambda_p} + \theta_0. \quad (4)$$

В случае обработки резанием можно принять, что интенсивность источника теплоты определяется формулой (5). Радиус пятна нагрева оценить половиной длины эффективного контакта «стружка—инструмент»:

$$r_{п} = 0.5 l_{эф}. \quad (5)$$

Подставляя выражения (3) и (5) в (4) получаем

$$\theta_{\max} = \frac{A_{эф} l_{эф}}{2\lambda_p} \cdot \frac{\tau_{сд} v}{k} + \theta_0. \quad (6)$$

Выражение (6) показывает, что если не учитывать изменение напряжения сдвига при нагреве, то температура на поверхности резца в состоянии теплонасыщения увеличивалась бы пропорционально скорости резания. Однако пропорционального роста не наблюдается. Темп увеличения температуры с возрастанием скорости снижается.

Мы считаем, что это снижение связано с уменьшением интенсивности теплового источника, генерируемого сдвигом внутри материала стружки. Известно, что при повышении температуры начинают изменяться свойства обрабатываемого материала, он становится пластичнее. Напряжения сдвига в стружке при нагреве уменьшаются, сила трения при резании уменьшается. Уменьшение тангенциальной составляющей силы резания при увеличении скорости резания подтверждается данными многих работ [11-13], что может быть связано с нагревом материала стружки в зоне контакта «стружка-инструмент».

В первом приближении снижение механических свойств материала можно аппроксимировать линейной зависимостью:

$$\tau_{сд}(\theta) = \tau_{н\ddot{a}}(0) - \alpha_T \theta, \quad (7)$$

где  $\tau_{сд}(0)$  — предел прочности при нуле градусов,  $\alpha_T$  — температурный коэффициент разупрочнения.

Подставив (7) в (6) после преобразований получим, что

$$\theta(v) = \frac{(\beta_{01} l_{эф})v}{1 + (\beta_{02} l_{эф})v} + \theta_0 \quad (8)$$

где  $\beta_{01} = \frac{A_{эф} \tau_{н\ddot{a}}(0)}{2k\lambda_p}$ ,  $\beta_{02} = \frac{A_{эф} \alpha_T}{2k\lambda_p}$  — коэффициенты зависимости.

Полученное решение (8) качественно правильно описывает наблюдаемые экспериментальные закономерности влияния скорости на температуру в зоне резания.

Для практических расчетов по формуле (8) необходимо знать напряжения сдвига от температуры. Для металлов известно, что предел прочности и напряжения сдвига связаны между собой приблизительной зависимостью [2]:

$$\tau_{\text{сд}} \approx 0.252 \sigma_{\text{в}}, \quad (9)$$

где  $\sigma_{\text{в}}$  — предел прочности материала.

Для проверки адекватности модели нагрева был проведен расчет температур для режимов точения стали 40 резцами из твердого сплава T15K5 ( $\gamma = -10^\circ$ ,  $\phi = 60^\circ$ ) при  $t = 4$  мм,  $s = 0.195$  мм/об на различных скоростях резания. Расчет температур производили по формуле (8) используя следующие параметры:  $A_{\text{эф}} = 0.5$  (в резец отводится половина теплоты источника),  $\lambda = 41,9$  Вт/м·К [2],  $\tau_{\text{сд}} = 201$  МПа,  $\alpha_{\text{T}} = 0,19$  МПа/К [14], усадка стружки  $k = 2$ ,  $l_{\text{эф}} = 1,4$  мм. Результаты расчета сравнивались с экспериментально измеренными значениями температуры, приведенными в работе [7]. Сравнительный график приведен на рис. 2.

Результаты сравнения показывают, что разработанная модель не только точно описывает общий характер зависимости температуры контакта от скорости и имеет высокую предсказательную силу. Наилучшее совпадение расчетов с экспериментом наблюдается в области высоких скоростей резания свыше 1 м/с и высоких температур свыше 600 °С.

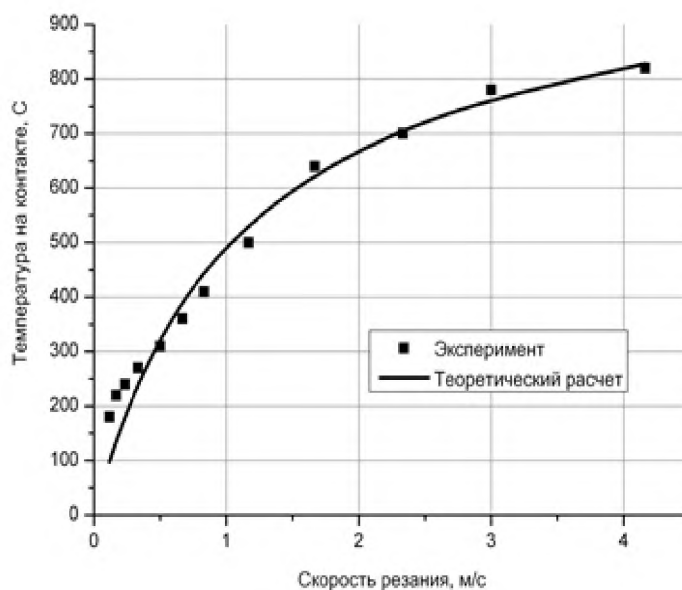


Рис. 2. Сравнение экспериментальных данных с результатами расчета по влиянию скорости резания на температуру контакта при точении стали 40

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Резников А.Н. Теплофизика процессов механической обработки материалов. - М.: Машиностроение, 1981. 280 с.
2. Талантов Н.В. Физические основы процесса **резания**, изнашивания и разрушения инструмента - М.: Машиностроение, 1992. - 240 с. :
3. Рыжкин А.А. Теплофизические процессы при изнашивании инструментальных режущих материалов. — Ростов н/Д: Издательский центр ДГТУ, 2005. 310 с.
4. Бобров В.Ф. Основы теории резания металлов. -М.: Машиностроение, 1975. - 344 с.
5. Механика деформирования и разрушения при резании / Б. В. Барбышев, У. С. Путилова, Р. Ю. Некрасов и др.; под ред. М. Х. Утешева. - Том I. Нестационарный процесс резания. - Тюмень: ТюмГНГУ, 2012. - 212 с.

6. *Astakhov Viktor P.* Tribology of metal cutting// Cutting tribology and interface engineering series, 52 Editor: B.J. Briscoe. Elsevier Ltd. Oxford, 2006. 454 p.
7. *Зорев Н.Н.* Исследование элементов механики процесса резания. М: Машгиз, 1952, 364 с.
8. *Лоладзе Т.Н.* Прочность и износостойкость режущего инструмента М. Машиностроение, 1982. — 320 С.
9. *Васин С.А., Верецака А.С., Кушнер В.С.* Резание материалов: Термомеханический подход к системе взаимосвязей при резании. М.: Изд-во МВТУ им. Н.Э Баумана, 2001. — 448 с.
10. *Рыкапин Н.Н., Углов А.А., Кокора А.Н.* Лазерная обработка материалов. М. Машиностроение, 1975. — 296 с.
11. *Яцерицын П.И., Фельдштейн Е.Э., Корниевич М.А.* Теория резания: Мн.: Новое знание, 2006. 512 с.
12. *Рыжкин А.А., Щучев К.А., Климов М.М.* Обработка материалов резанием. - Ростов н/Д: Феникс, 2008. -411 с.
13. *Клушин М.И.* Резание металлов. Элементы теории пластического деформирования срезаемого слоя. М: Машгиз, 1958, 480 с.
14. *Физические величины. Справочник / Под ред. И.С. Григорьева и Е.З. Мейлихова.* М.: Энергоатомиздат, 1991. - 1232 с.

УДК 621.895

*М. С. Обронов, С. А. Егоров*

ФГБОУ ВО «Ивановский государственный политехнический университет»

## МОДЕРНИЗАЦИЯ ПАРОГЕНЕРАТОРА ДЛЯ ПОДАЧИ СОТС

Был изготовлен и испытан, на основе существующего патента, парогенератор который устанавливается на патрубков подачи смазочно-охлаждающей жидкости металлорежущего станка. Подача жидкости происходит через парогенератор, который может производить как нагрев смеси, так и преобразование ее в пар. Температура пара на выходе регулируется зазором между электродами.

**Ключевые слова:** смазочно-охлаждающая жидкость, парогенератор, нагрев, слюда.

*M. S. Obroнов, S. A. Egorov*

## MODERNIZATION OF THE STEAM GENERATOR FOR SUPPLYING COOLANTS

The steam generator has been built and tested, based on an existing patent, which is installed on the supply pipe coolant cutting machine. Fluid is flow through the steam generator, which can produce heating of the mixture and converting it into steam. Steam temperature at the outlet is adjustable by the gap between the electrodes.

**Keywords:** coolant, steam generator, heat, mica.



Один из способов интенсификации резания с применением СОТС во время обработки резанием применяют паровую фазу [1, 2]. Преимуществами данного способа является отсутствие теплового удара и повышение стойкости инструмента, чувствительного к перепадам температуры, малый расход СОТС, сравнимый с подачей аэрозоли, повышение точности обработки вследствие снижения тепловых деформаций, снижение времени попадания активных компонентов в зону резания [3].

Ранее был предложен парогенератор [4, 5], имеющий цельно металлический корпус, из за большой тепло- и электропроводимости металла происходят большие потери тепла т.е. увеличивается вспомогательное время на получение пара и электропроводность корпуса представляет опасность для жизни оператора.

Цель работы предложить конструкцию корпуса парогенератора обладающего минимальными теплотерями, что позволит снизить вспомогательное время на выполнение операции точения.

Для определения времени необходимого для получения пара воспользуемся формулой:

$$t = \frac{Q}{I^2 \cdot R} \text{ мин}$$

где  $I$  - ток между электродами, 2,5 А,  $R$  - сопротивление межэлектродного промежутка, 100 Ом,  $Q$  - количество выделяемой теплоты:

$$Q = m_B \cdot c_B (t_{\text{п}} - t_B) + m_B \cdot \lambda_B + m_K \cdot c_K (t_{\text{п}} - t_K)$$

где  $m_B$  - масса воды в межэлектродном промежутке,  $C_B$  - изобарная теплоемкость воды,  $t_n$  - температура пара,  $t_B$  - начальная температура воды,  $\lambda_B$  - скрытая теплота парообразования,  $m_K$  - масса корпуса,  $C_K$  - теплоемкость корпуса ( сталь),  $t_K$  - начальная температура корпуса.

Так как теплоемкость корпуса меньше чем теплоемкость нагреваемой воды, а температуропроводность воды ниже температуропроводности стали, то корпус нагревается вместе с водой, находящейся в промежутке.

Отсюда следует что время нужное на получение пара в парогенераторе с корпусом изготовленным целиком из стали примерно равно 7 мин. Предлагается заменить стальной корпус на корпус из листовой стали с внутренним наполнением слюдой.

Вследствие этого вспомогательное время должно уменьшиться до 2 мин.

В таблице приведены результаты испытаний смазочно-охлаждающих технологических средств в виде эмульсий при получении пара.

*Таблица. Результаты испытаний*

СОТС	Холодный парогенератор (начало смены), сек	Горячий парогенератор (середина смены), сек
Ивнетикс2-10	120 ± 30	50 ± 15
Ивнетикс1-12	75 ± 25	10 ± 5
Мультап70-40	75 ± 25	10 ± 5
Мультап46-81	75 ± 25	10 ± 5

Применение слюды Мусковит позволит увеличить скорость получения пара в 3,5 раза и в связи с малой тепло- и электропроводимостью обеспечить безопасность оператору парогенератора.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Наумов А.Г., Латышев В.Н. О механизме радикально-цепных реакций при лезвийной обработке металлов// Металлообработка. - 2009. - № 3 (51). - С. 8-16.
2. Егоров С.А. Повышение качества обработки стали с применением паробразного смазочно-охлаждающего технологического средства. / С.А. Егоров, А.А. Дорохов// Молодые ученые – развитию текстильной и легкой промышленности (ПОИСК-2012): сб. мат. межвуз. научн.-техн. конф. асп. и студ. Ч. 2. – Иваново: ИГТА, 2012. – С. 154-155.
3. Егоров С.А. Исследование эффективности действия СОТС в паровой фазе. / С, А. Егоров, А.А. Дорохов, И.А. Свиридов, Е.А. Федулов// Современные наукоемкие технологии и перспективные материалы текстильной и легкой промышленности (Прогресс – 2013) [Текст]: сб. мат. межд. научн.-техн. конф. Ч.2. – Иваново: Текстильный ин-т ИВГПУ, 2013. – С. 151–152.
4. Егоров С.А. Электроводонагреватель. / С.А. Егоров, Ю.Г. Фомин, С.В. Белов, И.А. Свиридов, Д.В. Коробов.// Патент на полезную модель RU № 123281 U1 H05B3/60 (2006.01) Заявл. 11.05.2012. Опубл. 20.12.2012. Бюл. № 35
5. Патент РФ № 2013117569/06, 27.12.2013. Свиридов И.А., Егоров С.А., Коробов Д.В. Устройство для получения горячей воды и пара.// Патент России № 136136. 2013. Бюл. № 36.

УДК 621.91.01

*Д. С. Репин, М. А. Колбашов, А. С. Клопов*

ФГБОУ ВО «Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России»

## **ВЛИЯНИЕ ПОЛИМЕРНЫХ ПРИСАДОК НА СМАЗОЧНУЮ СПОСОБНОСТЬ СОТС**

Представлены результаты исследований по влиянию полимерных присадок на смазочную способность СОТС при сверлении различных металлов. Проведены эксперименты по определению крутящего момента при использовании полимерсодержащих СОТС как с применением, так и без применения активацией коронным разрядом.

**Ключевые слова:** режущий инструмент, смазочно-охлаждающие технологические средства, полимерные присадки, сверление

*D. S. Repin, M. A. Kolbashov, A. S. Klopov*

## **INFLUENCE OF POLYMERIC ADDITIVES ON LUBRICANT ABILITY OF LUBRICANT-COOLING AGENT**

The results of studies on the effect of polymer additives on the lubricity of lubricant-cooling agent during the processing of various metals on drilling operations are presented. Experiments have been carried out to determine the torque when using polymer-containing lubricant-cooling agent with or without the use of corona activation.

**Keywords:** cutting tool, lubricant-cooling agent, polymeric additives, boring

Повышение работоспособности режущего инструмента в металлообработке способствует повышению точности и качества обрабатываемых деталей. Быстрорежущие инструментальные материалы до сих пор имеют широкое применение для изготовления режущего инструмента. Выдерживая большие механические нагрузки, инструменты из быстрорежущей стали не могут работать с требуемыми на сегодняшний день скоростями резания из-за относительно малой теплостойкости. Применение высокоэффективных смазочно-охлаждающих технологических средств (СОТС) расширяет возможности быстрорежущих инструментов. Задача разработки таких СОТС, изыскание новых методов их активации, с целью достижения более высоких результатов, в металлообработке является актуальной [1].

Совершенствование процессов механической обработки металлов резанием тесно связано с разработкой эффективных СОТС. Одним из направлений решения ряда этих задач является совершенствование СОТС посредством введения различных по химическому строению и функциональному назначению присадок и активация внешними воздействиями.

Исследование СОТС проходило на операции сверления. Сверление является одним из самых распространенных методов получения отверстий. Режущим инструментом здесь служит сверло. Сверло – более сложный инструмент, чем резец. В более сложных условиях протекает и процесс резания сверлом: затруднен отвод стружки и подвод охлаждающей жидкости; наблюдается значительное трение стружки о поверхность канавок сверла и самого сверла об обработанную поверхность и т.д. Все это вызывает более тяжелые, по сравнению с точением, условия процесса стружкообразования при сверлении, большие деформации срезаемого слоя, увеличенное тепловыделение и повышенный нагрев сверла.

Если рассматривать процесс стружкообразования на небольшом участке режущей кромки, то он подчиняется тем же закономерностям и сопровождается теми же явлениями, что и при точении; упругие и пластические деформации, тепловыделение, наростообразование, упрочнение, износ инструмента здесь возникают по тем же причинам.

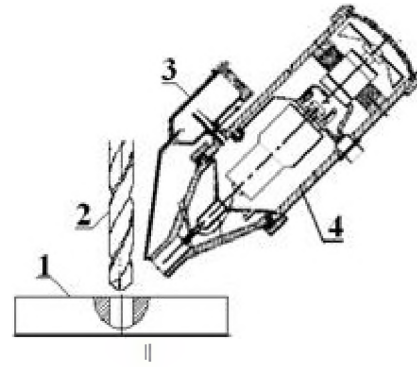
Для изучения смазочной способности активированных полимерсодержащих СОТС на операции сверления были взяты следующие материалы: сталь 45, сталь 12Х18Н10Т и титан ВТ1-0. Образцы были изготовлены в форме диска, что позволяло обеспечить возможность многократного проведения экспериментов. Используемые образцы имели следующие размеры:

- диаметр 80 мм,
- толщина 10 мм.

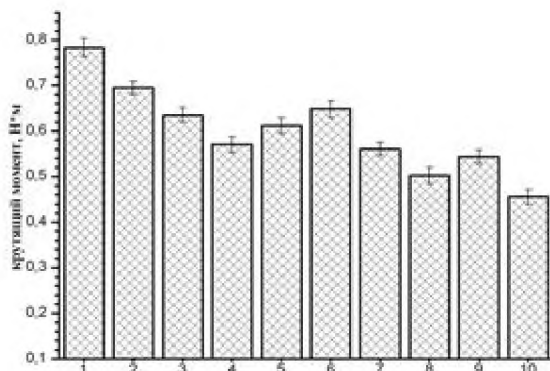
Режимы резания выбирались согласно справочнику для операции сверления стали 45, нержавеющей стали 12Х18Н10Т и титана ВТ1-0. Подача СОТС осуществлялась капельным путем и составила 110 – 120 капель в минуту. Ионизатор со специально разработанной насадкой размещался на установке, как показано на рис. 1. Были проведены эксперименты по определению крутящего момента при использовании полимерсодержащих СОТС как с применением, так и без применения активацией коронным разрядом.

В качестве присадок к СОТС были выбраны следующие вещества - полиэтиленгликоль (ПЭГ) и поливиниловый спирт (ПВС). Выбранные вещества не имеют запаха и нетоксичны, а также обладают высоким содержанием кислорода [3]. Благодаря содержанию атомов кислорода они обладают хорошей растворимостью в водных растворах [2]. «Эфтол» (композиция на основе гликоля, органических ПАВ с антифрикционными присадками и ингибиторами коррозии, рекомендуемая концентрация рабочего раствора (%) при лезвийной обработке 5,0), широко применяемый на производстве был выбран как базовое СОТС.

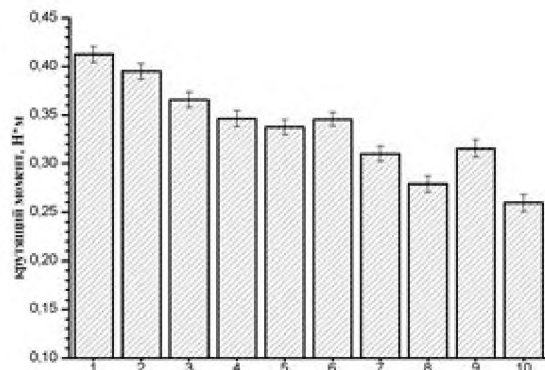
Результаты полученных экспериментов представлены на рис. 2.



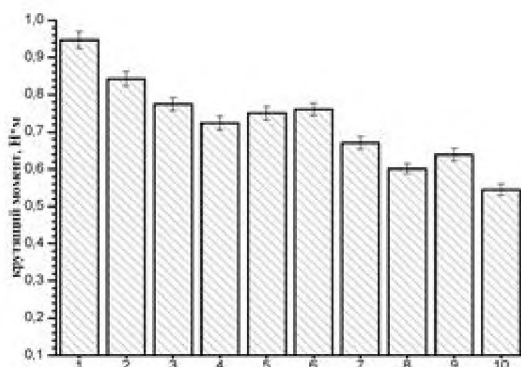
**Рис. 1.** Схема размещения ионизатора при испытании на сверление:  
1 – обрабатываемый материал, 2 – режущий инструмент, 3 – емкость для подачи СОТС, 4 – ионизатор



**а**



**б**



**в**

**Рис. 2.** Диаграмма крутящего момента при сверлении различных материалов с использованием активированных и неактивированных коронным разрядом полимерсодержащих СОТС а) сталь 45 ( $V = 26$  м/мин,  $t = 3,35$  мм,  $S = 0,1$  мм/об); б) ВТ1-0 ( $V = 16$  м/мин,  $t = 3,35$  мм,  $S = 0,1$  мм/об); в) 12Х18Н10Т ( $V = 18$  м/мин,  $t = 3,35$  мм,  $S = 0,1$  мм/об).  
1) резание без СОТС, 2) Эфтол, 3) Эфтол (+), 4) Эфтол(-), 5) Эфтол+ПВС, 6) Эфтол+ПЭГ, 7) Эфтол+ПЭГ(+), 8) Эфтол+ПЭГ(-), 9) Эфтол+ПВС(+), 10) Эфтол+ПВС(-)

В результате проведенных исследований установлено, что активированное полимерсодержащее СОТС, улучшает смазочные свойства базовой и неактивированной полимерсодержащей СОТС, способствует уменьшению крутящего момента. Наи-

больший эффект от данных СОТС наблюдался при сверлении титана ВТ1-0. Данными экспериментами установлено, что как и в случае точения, наиболее лучшие результаты были достигнуты при использовании в качестве присадки к СОТС ПВС активированной отрицательным зарядом. Как было сказано выше, наибольший эффект был достигнут при сверлении титанового сплава. При чем эффективными оказались как активированные так и неактивированные коронным разрядом полимерсодержащие СОТС. При обработке стали 45 и 12Х18Н10Т использование данных СОТС так же позволяет уменьшить величину крутящего момента, хотя и не так значительно как при сверлении ВТ1-0.

Так, использование в качестве присадки ПВС уменьшает  $M_{кр}$  по сравнению с базовой СОТС с 0,84 до 0,54 Н\*м при сверлении стали 12Х18Н10Т. При сверлении стали 45 значение  $M_{кр}$  для Эфтола составил 0,69 Н\*м, активированная полимерсодержащая СОТС позволила снизить  $M_{кр}$  до 0,45 Н\*м. При обработке титанового сплава ВТ1-0 были получены следующие значения  $M_{кр}$  0,39 Н\*м для базовой, использование активированной СОТС уменьшило  $M_{кр}$  до 0,26 Н\*м. Применение полимерсодержащего СОТС уменьшает величину крутящих моментов за счет снижения трения и работы, затрачиваемой на деформацию снятия стружки. Достигнуть такие результаты помогает применение полимерсодержащих СОТС активированных коронным разрядом.

Проведенные исследования смазочных свойств полимеров позволяют сделать вывод о том, что молекулярные цепи полимеров, подвергаясь действию коронного разряда, разрушаются с образованием макрорадикалов высокой реакционной способностью. Макрорадикалы адсорбируются на ювенильных поверхностях металлов, уменьшают свободную энергию поверхности, создают защитные смазочные пленки, тем самым, облегчая процесс сверления.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Латышев В.Н.* Экспериментальные исследования трибологических явлений при резании материалов / А.Г. Наумов, В.С. Раднюк, Д.С. Репин, К.В. Курапов, М.С. Маршалов, С.А. Жуковский, О.В. Ткачук // Трение и износ. 2010. Т. 31, -\* №5. - С. 500-510.
2. *Подзолков А.И., Дубовик Ю.А., Бабенко Д.А.* Влияние полимерсодержащих смазочно-охлаждающих технологических средств на эффективность резания металлов. Вестник ХНТУ. 2007. № 3(29).
3. Химическая энциклопедия: В 5 т.: т. 3: Меди – Полимерные / Х 46 Редкол.: Кнунянц И.Л. (гл. ред.) и др. – М.: Большая Российская энцикл., 1992. – 639 с.: ил.

УДК 621.91.01

*Д. С. Репин, М. А. Колбашов, И. Р. Евдокимов*

ФГБОУ ВО «Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России»

## **ИССЛЕДОВАНИЕ НАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ В ПОВЕРХНОСТНОМ СЛОЕ МЕТАЛЛОВ ПОСЛЕ ОБРАБОТКИ РЕЗАНИЕМ**

В статье представлены результаты исследований по влиянию активированных полимерсодержащих СОТС на остаточные напряжения, возникающие при обработке металлов резанием.

**Ключевые слова:** остаточные напряжения, режущий инструмент, смазочно-охлаждающие технологические средства, полимерные присадки, точение.

*D. S. Repin, M. A. Kolbashov, I. R. Evdokimov*

## **THE INVESTIGATION OF STRESSED STATE IN SURFACE LAYER OF METALS AFTER CUTTING PROCESSING**

The article presents the results of studies on the effect of activated polymer-containing lubricant-cooling agent on residual stresses arising, during metal cutting.

**Keywords:** residual stress, cutting tool, lubricant-cooling agent, polymeric additives, turning.

В современной технике обработка металлов резанием на металлорежущих станках имеет большое значение, ей подвергается большинство деталей разнообразных машин. Так, анализ состояния пожарной и аварийно-спасательной техники при пробегах близких к капитальному ремонту показывает, что основными причинами отказов является преждевременный износ трущихся частей. Ремонт гидравлических систем аварийно-спасательной техники происходит, как правило, путем замены изношенных узлов. Поэтому, одно из направлений в системе МЧС России при эксплуатации автотранспортных средств, как на колесном, так и на гусеничном шасси является повышение их надежности. Отягчающим обстоятельством служит особый интенсивный режим работы специальной техники, связанный с негативным воздействием ряда факторов. Это температурные перепады, экстремальные динамические нагрузки, неустановившийся режим работы, реверсивные нагрузки, попадание абразивных материалов из окружающей среды, водные загрязнения смазочных материалов и топлива. В современной пожарной и аварийно-спасательной технике широкое применение нашли различные виды сталей и сплавов с износостойчивыми свойствами. Так, например, в пожарной технике стали используются для изготовления шпинделя и его опорной гайки в пожарном гидранте, поршневые пальцы, коленчатые и распределительные валы двигателей внутреннего сгорания, элементы топливной аппаратуры, валы и зубчатые колеса коробок передач и коробок отбора мощности, валы пожарных насосов, шпиндели напорных задвижек насосов, сопряженные детали пеномесителей.

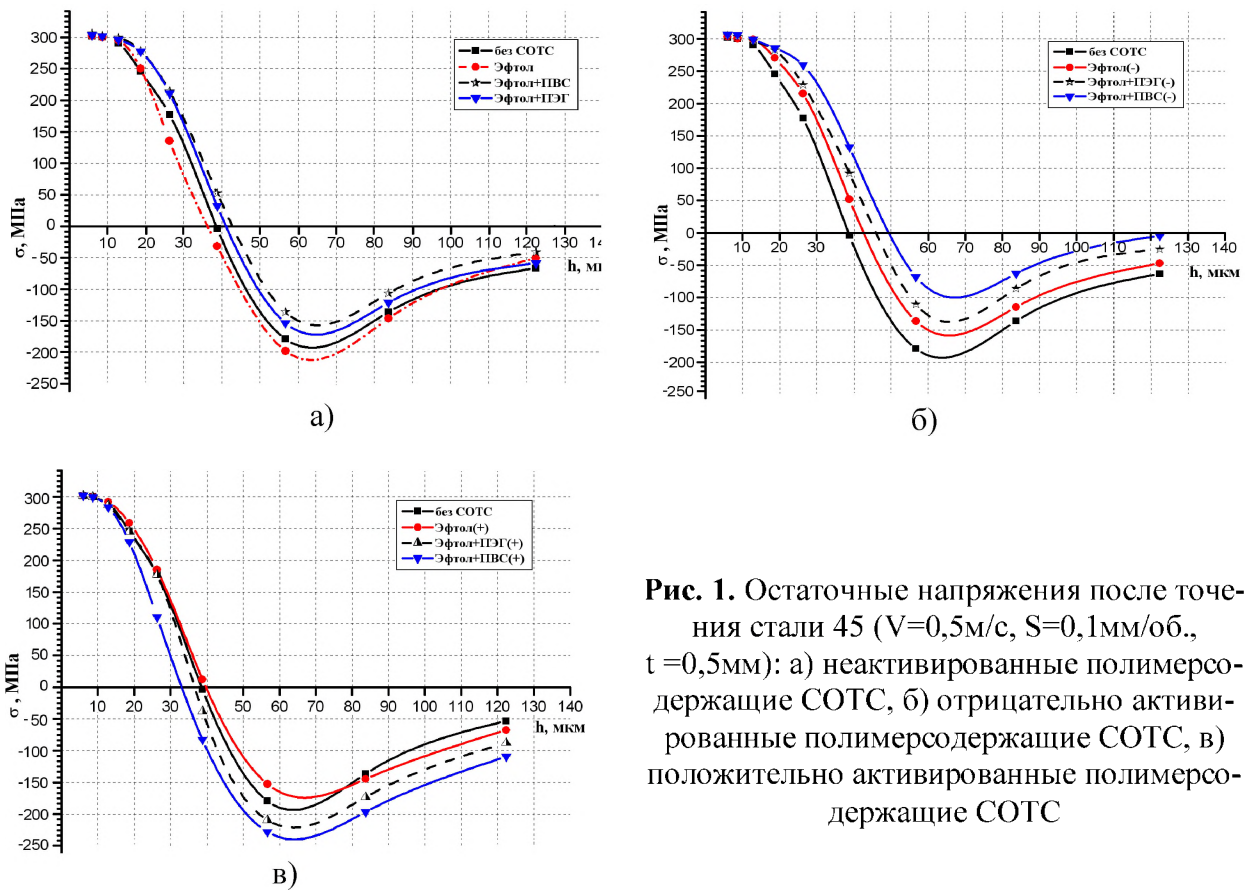
Производство выше перечисленных изделий неразрывно связано с механической обработкой и на этой стадии целесообразно применение смазочно-охлаждающих технологических средств (СОТС). Эффективность металлообработки - комплексный показатель, учитывающий в числе прочих условий и роль смазочно-охлаждающих технологических средств СОТС, их влияние на качество изделий, производительность труда и другие технико-экономические показатели процессов обработки металлов резанием.

Повышение работоспособности режущего инструмента в металлообработке способствует повышению точности и качества обрабатываемых деталей. Современные СОТС - это неотъемлемая часть всего комплекса средств, обеспечивающего эффективную эксплуатацию металлорежущего оборудования. Поскольку в практике металлообработки условия резания различаются значительно, то соответственно применяется и большое число СОТС, искусственно вводимых в зону резания. Перспективным путем решения ряда этих задач является совершенствования СОТС посредством введения в них различных по природе и химическому строению функциональных присадок. На основании изучения литературных источников и физико-химических свойств полимеров были выбраны следующие вещества в качестве присадок к СОТС - это полиэтиленгликоль (ПЭГ) и поливиниловый спирт (ПВС) [3]. Присадки высокомолекулярных соединений эффективны, благодаря глубокому и многостороннему воздействию на физико-химические и механические процессы и явления, происходящие в зоне резания.

В качестве обрабатываемых материалов использовались конструкционная сталь 45, титановый сплав ВТ1-0. При выборе данных материалов учитывалась необходимость их применения в промышленности. Исходным продуктом для изготовления водных СОТС являлся эмульсол – Эфтол (ТУ 0258-137-05744685-00). Для повышения эффективности используемых СОТС была произведена их предварительная активация с помощью коронного разряда. Установлено, что процесс образования химически активных компонентов смазочной среды (атомов, ионов, свободных радикалов, ион-радикалов) можно интенсифицировать различными внешними энергетическими воздействиями на технологическое средство. Компоненты СОТС, подвергнутые предварительной активации, получают дополнительную энергию, что переводит их в метастабильное состояние. Это состояние характеризуется ослаблением или частичным нарушением внутримолекулярных связей, т.е. стимулируется деструкция СОТС с образованием активных атомов, радикалов и групп [1]. Именно эти активные элементы образуют в зоне контакта пленки, которые в свою очередь экранируют адгезионное взаимодействие поверхностей инструмента и обрабатываемого материала. В данной работе были изучены остаточные микронапряжения, при использовании в качестве СОТС полимерсодержащих средств активированных коронным разрядом.

Особенность остаточных напряжений после механической обработки состоит в том, что они действуют практически только в поверхностных слоях глубиной несколько десятков микрометров. Однако как показывает опыт эксплуатации, остаточные напряжения в поверхностных слоях могут повлиять на прочность всей детали, особенно при действии переменных напряжений. Два основных фактора вызывают возникновение остаточных напряжений – это пластические деформации и нагревание поверхностных слоев.

Были произведены исследования остаточных напряжений в поверхностных слоях стали 45 и титанового сплава ВТ1-0 после обработки инструментом изготовленного из быстрорежущей стали марки Р6М5. При резании стали 45 напряжения в поверхностном слое были сжимающими (рис.1.). Наименьшие остаточные напряжения по всей глубине залегания наблюдались после обработки с применением отрицательно активированной полимерсодержащей СОТС (рис.1(б)). Также было замечено незначительное уменьшение остаточных напряжений при использовании неактивированных полимерсодержащих СОТС. Наибольшие сжимающие напряжения наблюдались при использовании положительно активированной полимерсодержащей СОТС (рис.1 (в)).

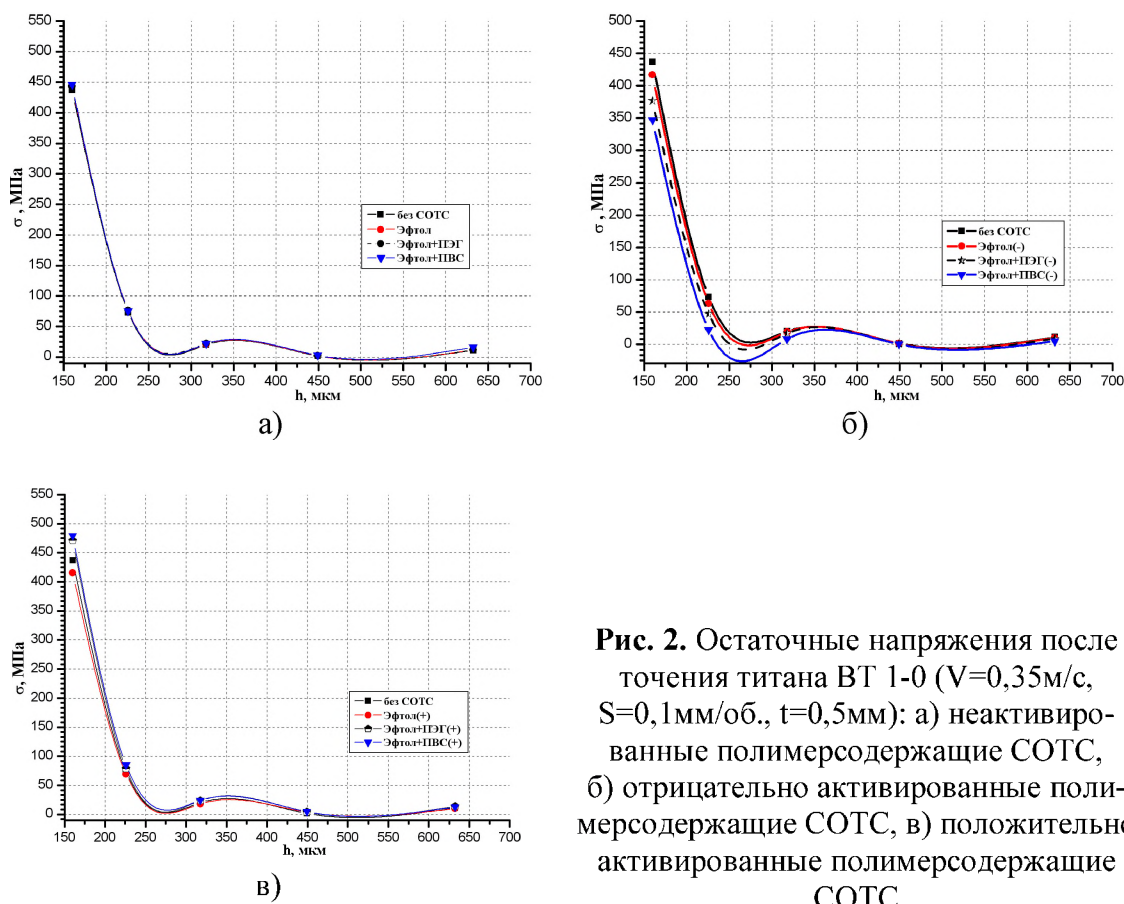


**Рис. 1.** Остаточные напряжения после точения стали 45 ( $V=0,5\text{ м/с}$ ,  $S=0,1\text{ мм/об.}$ ,  $t=0,5\text{ мм}$ ): а) неактивированные полимерсодержащие СОТС, б) отрицательно активированные полимерсодержащие СОТС, в) положительно активированные полимерсодержащие СОТС

Из полученных графиков можно сделать вывод, что отрицательно активированные СОТС уменьшают остаточные напряжения, что свидетельствует об облегчении процесса резания. При положительной активации происходит увеличение остаточных напряжений, следовательно, процесс резания ухудшается. Уменьшение остаточных напряжений при применении положительно ионизированного воздуха связано с облегчением процесса деформации металла в ходе резания, а это, в свою очередь можно объяснить возникновением активных радикалов в зоне обработки [2].

Изучение остаточных напряжений в поверхностных слоях титанового сплава ВТ1-0 выявили присутствие растягивающих напряжений (рис. 2). Так как функциональные свойства прибора ограничены, остаточные напряжения в немагнитных материалах начинают регистрироваться не с поверхности, из-за этого измерения начинаются с глубины 150 мкм.





**Рис. 2.** Остаточные напряжения после точения титана ВТ 1-0 ( $V=0,35\text{ м/с}$ ,  $S=0,1\text{ мм/об.}$ ,  $t=0,5\text{ мм}$ ): а) неактивированные полимерсодержащие СОТС, б) отрицательно активированные полимерсодержащие СОТС, в) положительно активированные полимерсодержащие СОТС

При использовании неактивированных СОТС изменение остаточных напряжений не было зафиксировано. Положительная активация способствовала незначительному увеличению поверхностных растягивающих напряжений, изменения наблюдаются на глубине 150–350 мкм. Причем стоит заметить, что эмульсия при данной активации наоборот, уменьшает напряжения.

Введение отрицательно активированных сред способствует снижению напряжений на глубине от 150 до 300 мкм на величину. Здесь, как и в исследовании остаточных напряжений стали 45, можно предположить, что возникновение активных радикалов в процессе деструкции полимерных присадок приводит к изменению остаточных напряжений на поверхности обработанного материала.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Латышев В.Н. Повышение эффективности СОЖ. М.: Машиностроение, 1985. С 64.
2. Латышев В.Н., Наумов А.Г., Раднюк В.С., и др. Экспериментальные исследования трибологических явлений при резании материалов // Трение и износ. 2010. том 31, №5 С. 500-510.
3. Химическая энциклопедия: В 5 т.: т. 3: Меди – Полимерные / Х 46 Редкол.: Кнунянц И.Л. (гл. ред.) и др. – М.: Большая Российская энцикл., 1992. – 639 с.: ил.

УДК 621.7.06

*Л. К. Чернов, В. А. Полетаев*

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

## **МАГНИТНОЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ИГЛЫ И МАГНИТОВ В МАГНИТНО-АБРАЗИВНОМ УСТРОЙСТВЕ**

Рассмотрен принцип магнитной галтовки. Представлено описание взаимодействия частицы галтовочного наполнителя и постоянного магнита при магнитной галтовке. Приведен метод расчета результирующей силы взаимодействия магнита на частицы.

**Ключевые слова:** шероховатость, магнитная галтовка, магнитное поле, галтовочный наполнитель.

*L. K. Chernov, V. A. Poletaev*

## **THE MAGNETIC INTERACTION OF THE NEEDLE AND THE MAGNETS IN THE MAGNETIC-ABRASIVE DEVICE**

The principle of magnetic mass finishing. The description of the interaction of tumbling particles of the filler and the permanent magnet when the magnetic Galton-ke. Given the method of calculation of resultant force of interaction between the magnet particles.

**Keywords:** roughness, magnetic tumbling, magnetic field, tumbling the filler.

Магнитная галтовка – вид суперфинишной обработки резанием. Режущим инструментом является ферромагнитный галтовочный наполнитель. Обработка происходит в неподвижном рабочем объеме, окруженном постоянными магнитами, в который загружены наполнитель, представляющий короткие обоюдоострые иглы, обрабатываемые детали и смазочно-охлаждающая жидкость. Полирование деталей происходит за счет соударения перемещаемого магнитным полем наполнителя и обрабатываемых деталей.

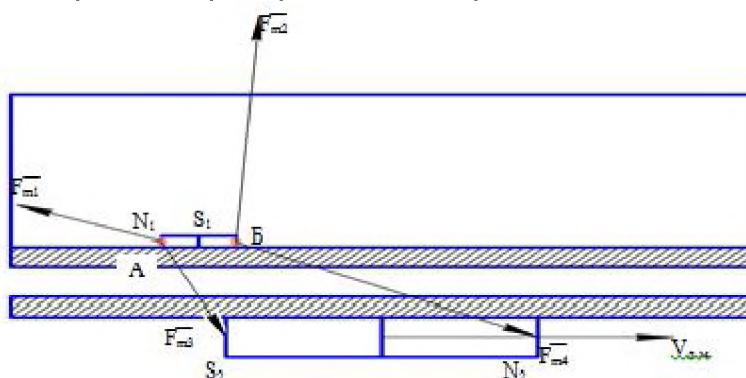
Устройство для магнитной галтовки состоит из двигателя, вращающего подвижный диск с закрепленными на нем постоянными магнитами и неподвижным рабочим объемом с наполнителем (иглами), в котором происходит магнитно-абразивная обработка [1-3]. Под воздействием подвижного магнитного поля ферромагнитный галтовочный наполнитель в рабочем объеме перемещается и создает обрабатывающее усилие на поверхности детали.

Возможны четыре случая взаиморасположения частицы и магнита при обработке изделий: постоянный магнит приближается к частице, находящейся в покое; постоянный магнит находится под частицей; частица подброшена силой магнитного взаимодействия; частица следует за постоянным магнитом.

Наиболее сложными являются условия взаимодействия между частицей и магнитом для четвертого случая. Ферромагнитное тело, находящееся в магнитном

поле, намагничивается и становится постоянным магнитом, поэтому можно рассматривать частицу наполнителя (иглу) как слабый постоянный магнит.

Примем, что частица обращена своим южным полюсом к южному полюсу постоянного магнита определим поведение частицы наполнителя в данном случае. Для этого необходимо знать модуль и направление вектора силы магнитного взаимодействия  $F_m$ . Сложив вектор  $F_m$  со всеми действующими на частицу силами, получим итоговый вектор направления движения частицы  $V_{д.ч}$  (рис.1). Его модуль будет определять суммарную силу, действующую на частицу.

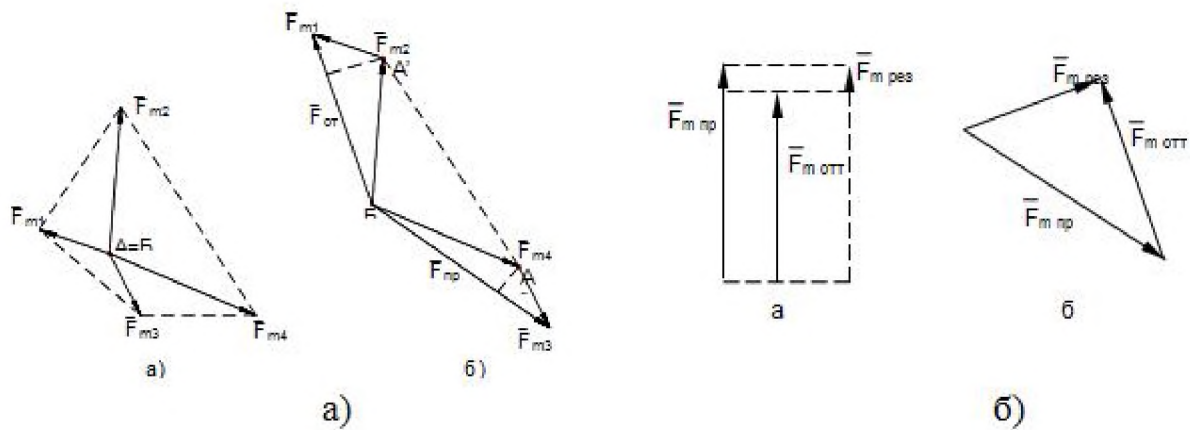


**Рис. 1.** Схема частица–постоянный магнит с нанесенными векторами  $F_{m1}$ ,  $F_{m2}$ ,  $F_{m3}$  и  $F_{m4}$ : N1 – северный полюс частицы; N2 – северный полюс постоянного магнита; S1 – южный полюс частицы; S2 – южный полюс постоянного магнита; А – центральная точка северного полюса частицы; Б – центральная точка южного полюса частицы;  $V_{д.ч}$  – направление движения постоянного магнита

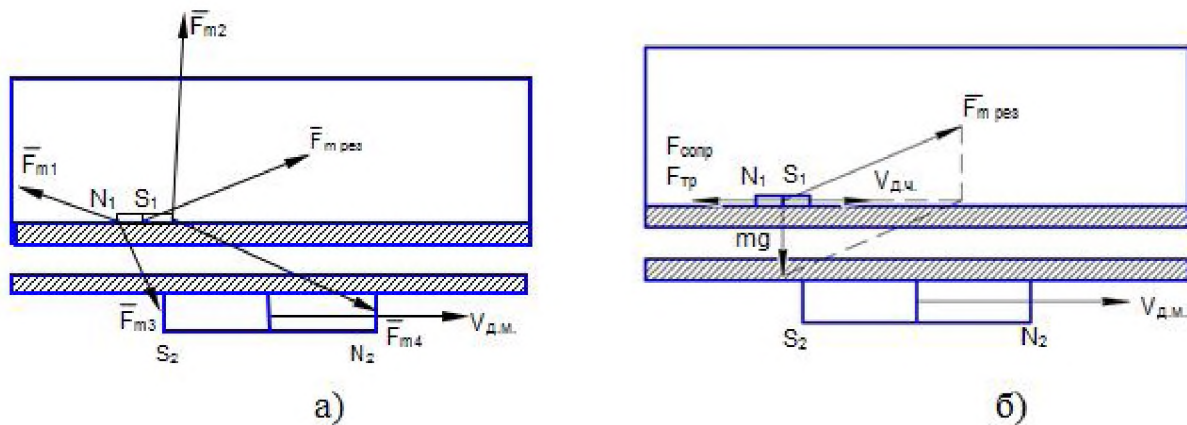
Силе магнитного взаимодействия противодействуют сила трения, сила сопротивления среды и сила тяжести частицы. При определении вектора  $F_m$  далее рассмотрим магнитное взаимодействие как сумму четырех составляющих:

$F_{m1}$  – сила магнитного отталкивания, приложенная к северному полюсу частицы N1 в точке А (центральная точка боковой поверхности частицы), и направленная от северного полюса постоянного магнита N2;  $F_{m2}$  – сила магнитного отталкивания, приложенная к южному полюсу частицы S1 в точке Б (центральная точка боковой поверхности частицы), и направленная от южного полюса постоянного магнита S2;  $F_{m3}$  – сила магнитного притяжения, приложенная к северному полюсу частицы N1 в точке А, и направленная от северного полюса постоянного магнита N2;  $F_{m4}$  – сила магнитного притяжения, приложенная к южному полюсу частицы S1 в точке Б, и направленная от южного полюса постоянного магнита S2. Рассчитаем результирующие векторы сил притяжения и сил отталкивания. Для этого совместим точки А и Б с целью возможности анализа группы из четырех векторов (рис. 2, а). Сложим векторы сил магнитного отталкивания и магнитного притяжения и получим результирующие векторы  $F_{m\text{отт}}$  и  $F_{m\text{пр}}$  (рис 2, б). Сложение векторов дает результирующий вектор силы магнитного взаимодействия, указывающий направление действия силы, и откладываемый от геометрического центра частицы.

Далее рассмотрим векторы сил магнитного притяжения, магнитного отталкивания и результирующего вектора магнитного взаимодействия, нанеся их на схему частица–постоянный магнит (рис. 3а).

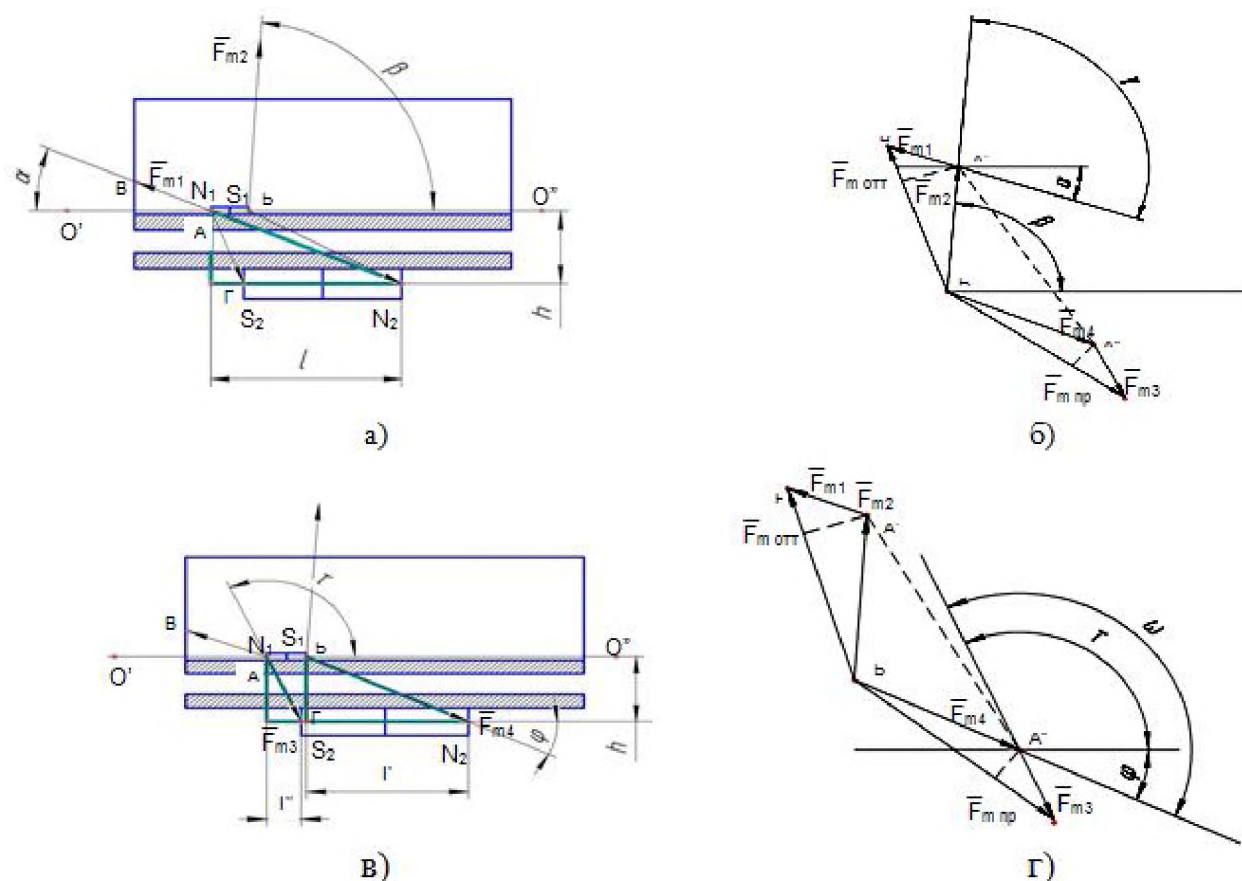


**Рис. 2.** Схемы для расчета результирующих векторов сил притяжения и сил отталкивания: а) векторы сил магнитного притяжения и отталкивания; б) сложение векторов



**Рис. 3.** Схемы для определения действия результирующих векторов: а) результирующий вектор силы магнитного взаимодействия:  $F_{m1}, F_{m2}, F_{m3}$  и  $F_{m4}$  – векторы магнитного взаимодействия;  $F_{м\text{рез}}$  – результирующий вектор магнитного взаимодействия;  $N_1$  – северный полюс частицы;  $N_2$  – северный полюс постоянного магнита;  $S_1$  – южный полюс частицы;  $S_2$  – южный полюс постоянного магнита;  $A$  – центральная точка северного полюса частицы;  $B$  – центральная точка южного полюса частицы;  $V_{д.м.}$  – направление движения постоянного магнита; б) векторы сил, действующие на частицу:  $V_{д.ч.}$  – вектор направления движения частицы;  $F_{сопр}$  – сопротивление среды;  $F_{тр}$  – сила трения;  $mg$  – сила тяжести;  $N_1$  – северный полюс частицы;  $N_2$  – северный полюс постоянного магнита;  $S_1$  – южный полюс частицы;  $S_2$  – южный полюс постоянного магнита;  $V_{д.м.}$  – направление движения постоянного магнита.

Ей противостоят сила тяжести, сила сопротивления среды и сила трения. Нанесем на схему постоянный магнит–частица противодействующие силы и вектор силы магнитного взаимодействия  $F_{м\text{рез}}$ . Методом сложения векторов определим искомый вектор  $V_{д.ч.}$ –вектор направления движения частицы (рис. 3б). Направления и модули сил трения, сопротивления среды, силы тяжести, действующие на частицу, известны. Поэтому далее рассчитаем направление и модуль  $F_{м\text{рез}}$ . Нахождение вектора сил магнитного притяжения и отталкивания позволит определить направление движения частиц и модуль  $F_{м\text{рез}}$ , и углы отклонения векторов  $F_{m1}, F_{m2}, F_{m3}, F_{m4}$  при известных модулях.



**Рис. 4.**Схемы для определения углов между векторами: а) взаимодействие постоянного магнита и частицы наполнителя, с нанесенными размерами и углами:  $l$  – проекция на ось  $x$  расстояния между северным полюсом постоянного магнита и северным частицы,  $h$  – проекция на ось  $y$  расстояния между центром постоянного магнита и частицы,  $O'O$  – горизонталь,  $\angle\alpha$  – отклонение вектора  $F_{m1}$  от горизонтали  $O'O$ ,  $\angle\beta$  – отклонение вектора  $F_{m2}$  от горизонтали  $O'O$ ; б) расчет угла  $\gamma$  и модуля силы магнитного отталкивания; в) взаимодействие постоянного магнита и частицы наполнителя, с нанесенными размерами и углами:  $l'$  – проекция на ось  $x$  расстояния между северным полюсом постоянного магнита и южным частицы,  $l''$  – проекция на ось  $x$  расстояния между южным полюсом постоянного магнита и северным частицы,  $h$  – проекция на ось  $y$  расстояния между центром постоянного магнита и частицы,  $O'O$  – горизонталь,  $\angle\varphi$  – отклонение вектора  $F_{m4}$  от горизонтали  $O'O$ ,  $\angle\tau$  – отклонение вектора  $F_{m3}$  от горизонтали  $O'O$ ; г) расчет угла  $\omega$  и модуля силы магнитного отталкивания

Рассчитаем углы отклонения для сил отталкивания  $F_{m1}$ ,  $F_{m2}$  (рис. 4а):  $\angle\alpha = \arctg(h/l)$ ,  $\angle\beta = \arctg(l_2/h) + 90^\circ$ , где  $l$  – проекция на ось  $x$  расстояния между северным полюсом постоянного магнита и северным частицы,  $l_2$  – проекция на ось  $x$  расстояния между южным полюсом постоянного магнита и южным частицы,  $h$  – проекция на ось  $y$  расстояния между центром постоянного магнита и частицы.

Угол  $\gamma$  между векторами  $F_{m1}$ ,  $F_{m2}$  (рис.4б) равен  $\angle\gamma = \angle\alpha + \angle\beta$ .

Итак, известны модули  $F_{m1}$ ,  $F_{m2}$  и угол  $\gamma$ . Рассчитаем модуль силы отталкивания:  $F_{m\text{отт}} = \sqrt{F_{m1}^2 + F_{m2}^2 - 2F_{m1}F_{m2} \cos \gamma}$

Углы отклонения для сил отталкивания  $F_{m1}$ ,  $F_{m2}$  (рис. 4в), соответственно равны:  $\angle\varphi = \arctg(h/l')$ ;  $\angle\tau = \arctg(l/h) + 90^\circ$ ,

где  $l'$  – проекция на ось  $x$  расстояния между северным полюсом постоянного магнита и южным полюсом частицы,  $l$  – проекция на ось  $x$  расстояния между южным полюсом постоянного магнита и северным частицы,  $h$  – проекция на ось  $y$  расстояния между центром постоянного магнита и частицы.

Рассчитаем угол  $\omega$  между векторами  $F_{m3}$ ,  $F_{m4}$  (рис. 4г)  $\angle\omega = \angle\varphi + \angle\tau$ .

$$F_{m\text{ пр}} = \sqrt{(F_{m3}^2 + F_{m4}^2 - 2F_{m3}F_{m4}\cos\omega)}$$

Представим векторную сумму  $F_{m\text{ пр}}$  и  $F_{m\text{ отг}}$  в виде двух треугольников со сторонами  $F_{m1}$ ,  $F_{m2}$ ,  $F_{m\text{ отг}}$  и  $F_{m3}$ ,  $F_{m4}$ ,  $F_{m\text{ пр}}$ . Их вершины –  $BA'B$  и  $BA''G$  соответственно. Проведем горизонталь через точку  $B$  – прямую  $O'O$ , тогда углами отклонения векторов  $F_{m\text{ пр}}$  и  $F_{m\text{ отг}}$  будут являться угол  $O'BG$  –  $\angle\sigma$ , и угол  $O''BB$  –  $\angle\delta$ . Значения  $\angle\sigma$  и  $\angle\delta$  определяются из выражений

$\angle\sigma = 180 - (\angle\varphi + \angle A''BG)$  и  $\angle\delta = \angle\beta + \angle A'BB$ . Найдем  $\angle A'BB$  и  $\angle A''BG$ :

$$\angle A'BB = \sin^{-1}\left(\sin\gamma \cdot \frac{F_{m1}}{F_{m\text{ отг}}}\right); \quad \angle A''BG = \sin^{-1}\left(\sin\omega \cdot \frac{F_{m4}}{F_{m\text{ пр}}}\right)$$

Модуль силы магнитного взаимодействия  $F_m$  запишется в следующем виде:

$$F_m = \sqrt{(F_{m\text{ пр}}^2 + F_{m\text{ отг}}^2 - 2F_{m\text{ пр}}F_{m\text{ отг}}\cos\Omega)}; \quad \angle\Omega = \angle\sigma - \angle\delta.$$

где угол между  $F_{m\text{ пр}}$  и  $F_{m\text{ отг}}$  равен разнице между двумя углами отклонения.

Представленный метод расчета позволяет определять направление вектора магнитного взаимодействия в системе постоянный магнит–частица галтовочного наполнителя и траекторию движения отдельной частицы в рабочем объеме магнитно-абразивного устройства, объем наполнителя в целом и силу действия наполнителя на обрабатываемую поверхность детали. Достоинством метода является возможность определения параметров отделочной обработки, от которых зависит траектория движения частицы при магнитно-абразивной обработке.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Полетаев В.А.* Патент на полезную модель РФ №97076. Устройство для магнитно-абразивной галтовки. / В.А. Полетаев, Н. Л. Павлюкова, Л. К. Чернов / Оpubл. в Б.И. №24, 27.08.2010.
2. *Полетаев В.А.* Патент на полезную модель РФ №111795. Устройство для магнитно-абразивной галтовки. / В.А. Полетаев, Л. К. Чернов / Оpubл. в Б.И. №36, 27.12.2011.
3. *Полетаев В.А.* Исследование процесса магнитной галтовки в магнитно-абразивном устройстве. / В.А. Полетаев, Л. К. Чернов // Металлообработка, 2013. - № 3. - С.31-35

УДК 621.7.06

*Л. К. Чернов, В. А. Полетаев*

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

## **СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОЦЕССА МАГНИТНОЙ ГАЛТОВКИ**

Рассмотрено общее строение установки и принцип магнитной галтовки деталей. Приведены результаты отделочной обработки деталей из цветных сплавов. При полировании деталей используются магнитные поля, создаваемые при помощи постоянных магнитов разной конфигурации и из различных материалов. а также смазочно-охлаждающие среды разных составов. Представленный метод отделочной обработки деталей из цветных металлов позволяет существенно повысить качество их поверхностей.

Ключевые слова: шероховатость, магнитная галтовка, магнитное поле, галтовочный наполнитель.

*L. K. Chernov, V. A. Poletaev*

## **IMPROVING THE PROCESS MAGNITOGORSKI**

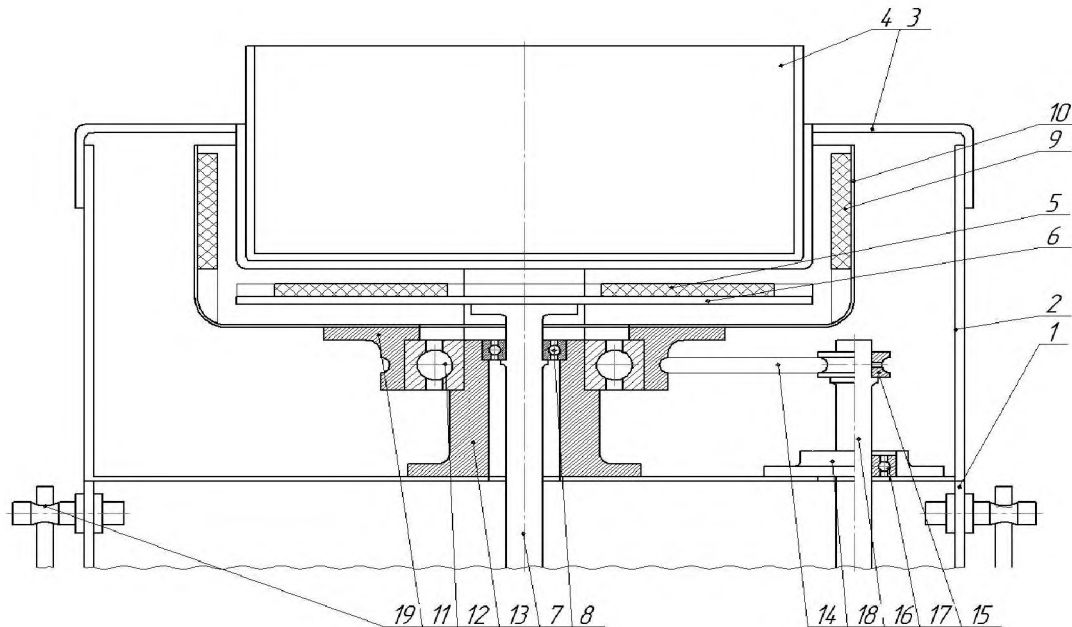
Reviewed the overall structure of the installation and the principle of magnetic mass finishing, de-hoists. The results of the finishing machining of non-ferrous alloys. When poly-form the workpieces are magnetic fields generated by permanent MAG-nits of different configurations and from different materials. and cooling lubrication environments of different composition. Presents a method of finishing machining of non-ferrous metals can significantly improve the quality of their surfaces.

Keywords: roughness, magnetic tumbling, magnetic field, tumbling the filler.

Финишная обработка изделий и деталей со сложной или фасонной обрабатываемой поверхностью при условии малых габаритов обрабатываемого изделия и мелкосерийного производства в современном машиностроении процесс достаточно трудоемкий и затратный. В настоящее время существует множество методов и способов финишной обработки поверхности, но они так или иначе приспособлены под определенный тип обрабатываемой поверхности, под определенные габариты и качество поверхности, получаемой после обработки. При отделочной обработке применяют различные виды воздействия на обрабатываемую поверхность: механическое (обработка резанием и давлением), электрохимическое и электрофизическое. Наиболее распространённые методы отделочной обработки резанием со снятием мелкой стружки, например, галтовка.

При магнитной галтовке обработка происходит в неподвижном рабочем объеме, окруженном постоянными магнитами, в который загружены наполнитель, представляющий короткие обоюдоострые иглы, обрабатываемые детали и смазочно-охлаждающая технологическая среда. Полирование деталей происходит за счет соударения перемещаемого магнитным полем наполнителя и обрабатываемых деталей.

На рис.1 представлена конструкция разработанного устройства для магнитной галтовки [1–2].



**Рис. 1.** Установка для магнитной галтовки: 1 – основной корпус; 2 – верхняя часть корпуса; 3 – рабочий объем; 4 – рабочий контейнер; 5 – основная группа постоянных магнитов; 6 – подвижный диск; 7 – основной вал; 8 – подшипник; 9 – постоянные магниты; 10 – подвижный борт; 11 – втулка №1; 12 – основной подшипник; 13 – втулка №2; 14 – ремень; 15 – блок; 16 – вспомогательный вал; 17 – подшипник; 18 – втулка №3; 19 – поворотный механизм

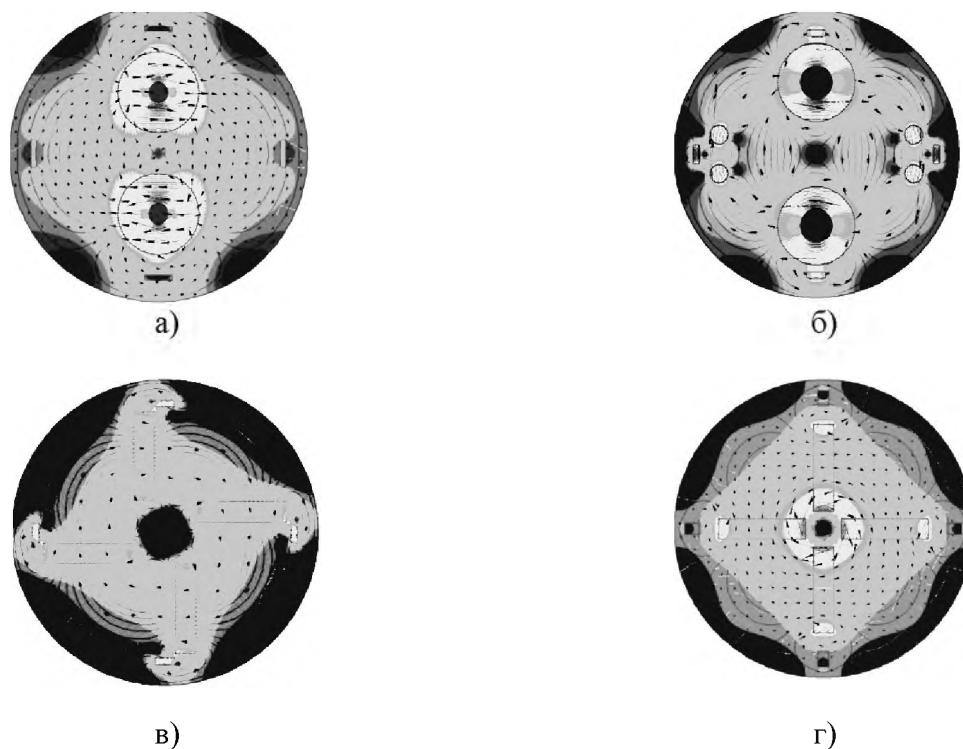
Установка работает следующим образом: двигатель передает движение на основной и вспомогательный вал посредством ременной передачи; вращение со вспомогательного вала на втулку №1 передается при помощи крестообразно ремня, из-за чего втулка №1 вращается в противоположную сторону основному валу. Основной вал и втулка №1 передают движение на подвижный диск и подвижный борт. Тем самым поле, индуцируемое основной и вспомогательной группой постоянных магнитов приходит в движение, воздействуя на находящийся в рабочем контейнере галтовочный магнитный наполнитель. Под воздействием поля наполнитель в контейнере начинает перемещаться по сложной траектории и ударяться о поверхность изделий, и, тем самым, обрабатывать их. При необходимости усиления воздействия наполнителя на изделия необходимо увеличить угол наклона рабочего объема

При выполнении данных условий наполнитель, взаимодействуя с поверхностью, обрабатывает ее. При недостаточной силе или же неправильной конфигурации поля наполнитель будет беспорядочно перемещаться по рабочему объему, не создавая обрабатывающего усилия на поверхности изделий. Для проведения экспериментов были разработаны рабочие схемы расположения постоянных магнитов на подвижном диске установки для магнитной галтовки (рис. 2).

В данной работе представлены результаты магнитной галтовки деталей при расположении магнитов по схеме №2. Схема составлена из восьми постоянных магнитов, состоящих в двух группах: вспомогательной и основной. В основную группу входят два больших редкоземельных кольцевых магнита. Размеры магнита основной



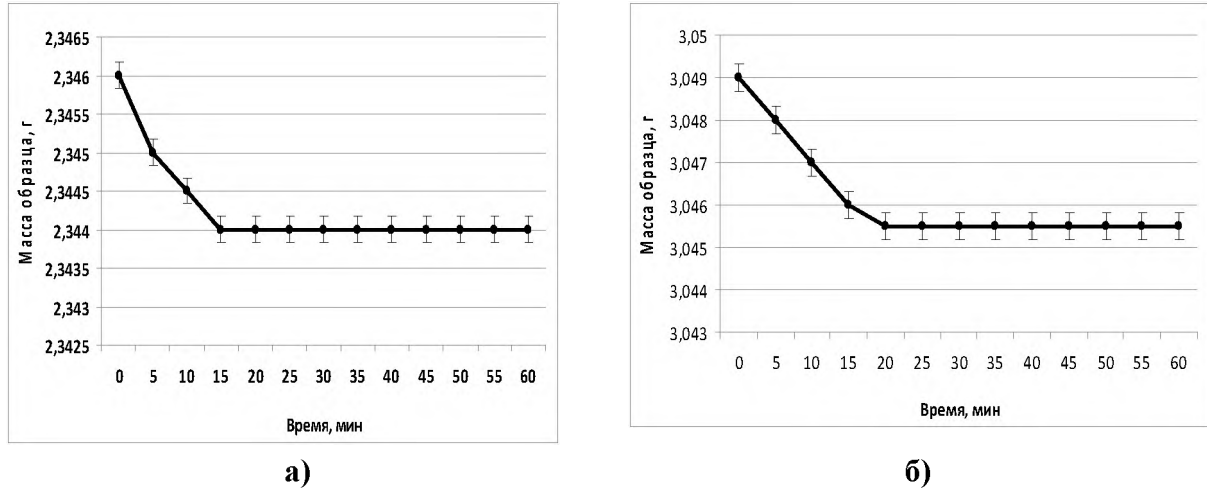
группы - внешний радиус 60мм, внутренний радиус 15мм и высота 6 мм, физические характеристики  $B_r=1$  Тл,  $H_{cb}=700$  кА/м. Во вспомогательную группу входят шесть малых редкоземельных цилиндрических магнитов. Размеры магнита вспомогательной группы:  $r=14,5$ мм,  $h=5$ мм. Физические характеристики:  $B_r=0,95$  Тл,  $H_{cb}=750$  кА/м.



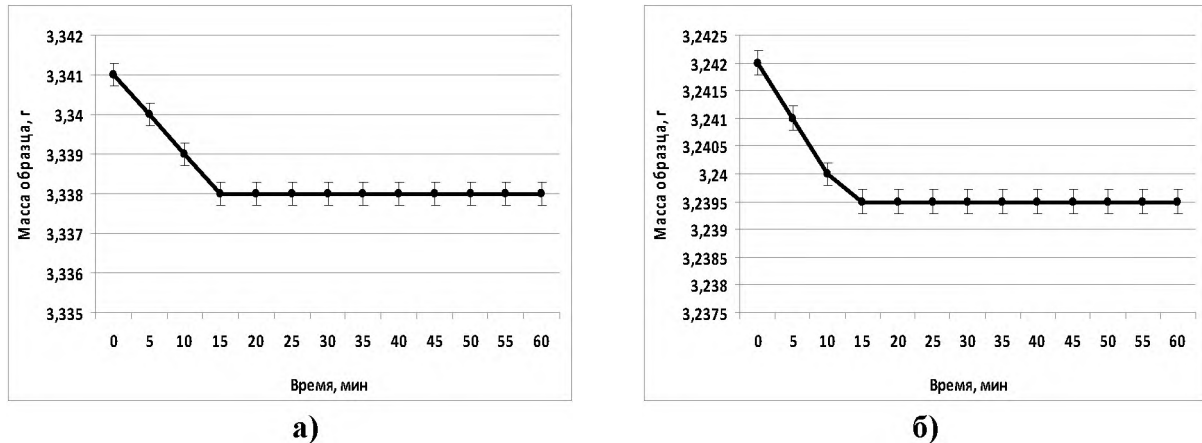
**Рис. 2.** Схемы расположения постоянных магнитов на подвижном диске установки для магнитной галтовки: а – схема 1 с составом: типа 0101 ИЖКГ (4 шт.); материал NdFeB; габариты: 14,5x5мм;  $B_r=0,95$ Тл,  $H_{cb}=750$  кА/м; магниты типа 0103 ЭМЦ097Н(2шт.); материал NdFeB; габариты: 60x15x3 мм.;  $B_r=1$ Тл,  $H_{cb}=700$  кА/м; б – схема 2 с составом типа 0101 ИЖКГ (6 шт.); материал NdFeB; габариты: 14,5x5мм;  $B_r=0,95$ Тл,  $H_{cb}=750$  кА/м; магниты типа 0103 ЭМЦ097Н (2 шт.); материал NdFeB; габариты: 60x15x3мм;  $B_r=1$ Тл,  $H_{cb}=700$  кА/м; в – схема 3 с составом: типа 0101 ИЖКГ(4шт.); материал NdFeB; Габариты: 14,5x5мм;  $B_r=0,95$ Тл,  $H_{cb}=750$  кА/м; магниты типа 0104 ЕАЖИ(4шт.); материал NdFeB; габариты: 64x15x3мм;  $B_r=1,1$ Тл,  $H_{cb}=850$  кА/м; г – схема 4 с составом: типа 0101 ИЖКГ (4шт.); материал NdFeB; габариты: 14,5x5мм;  $B_r=0,95$ Тл,  $H_{cb}=750$  кА/м; магниты типа 0104 ЕАЖИ(4шт.); материал NdFeB габариты: 64x15x3;  $B_r=1,1$ Тл,  $H_{cb}=850$  кА/м

Обработка деталей из латуни марки Л63 методом магнитного галтования производилась в различных СОТС с составами №1 [3] которая содержит бис-алкил, полиоксиэтилен фосфат калия, моноэтаноламиды синтетических жирных кислот, циклогексанон, бакцид и воду, и составом №2 [4], содержащим бис-алкил, полиоксиэтилен фосфат калия, моноалкиловые эфиры полиэтиленгликоля на основе первичных жирных кислот, глицерин, уксусную кислоту и воду.

На рис. 3-4. представлены изменения массы деталей из латуни марки Л63 при магнитной галтовке в СОТС № 1 и № 2 при разных способах обработки деталей.



**Рис. 3.** Изменение массы деталей в ходе отделочной обработки с применением СОТС №1:  
 а)- при вращении подвижных диска и борта в разные стороны;  
 б)- при вращении подвижных диска и борта в одну сторону

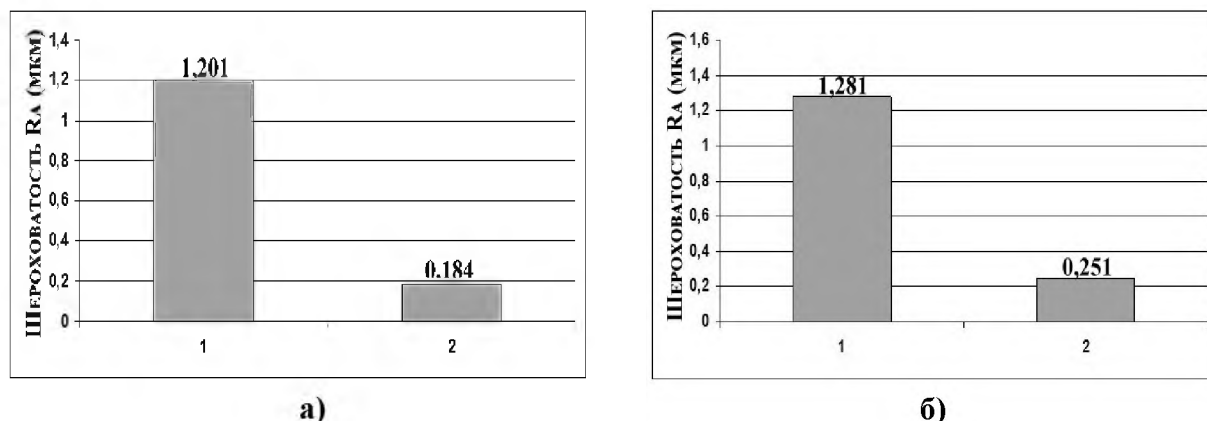


**Рис. 4.** Изменение массы деталей в ходе отделочной обработки с применением СОТС №2:  
 а)- при вращении подвижных диска и борта в разные стороны;  
 б)- при вращении подвижных диска и борта в одну сторону

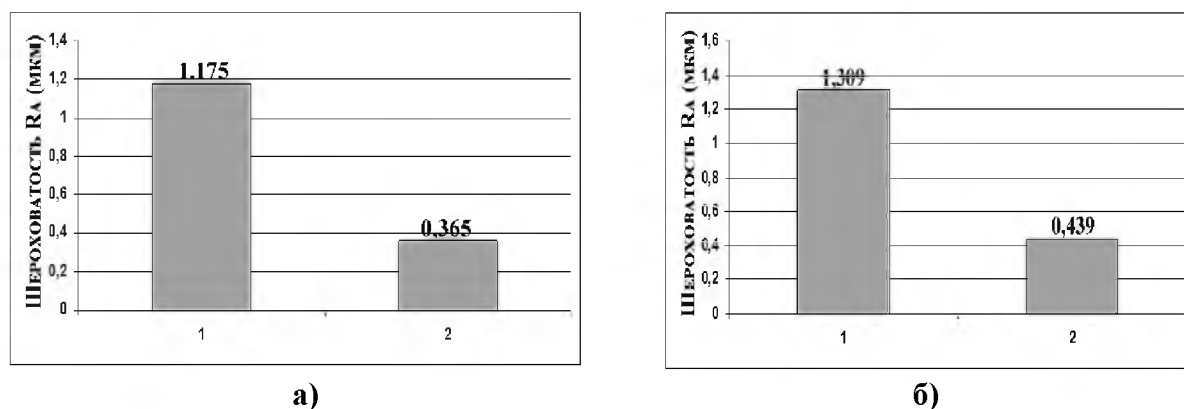
Анализ рис. 3–4 показывает, что основной сьем металла при использовании СОТС составом №1 меньше, чем при СОТС составом №2. Это может означать, что СОТС №2 эффективней СОТС №1, так как сьем металла здесь больше. Кроме того, выявлено, что изменение массы деталей в ходе отделочной обработки при вращении подвижных диска и борта в разные стороны меньше, чем при вращении подвижных диска и борта в одну сторону.

На рис. 5–6 показано изменение величины шероховатости  $R_a$  образцов деталей из латуни марки Л63 до и после обработки методом магнитной галтовки.

Анализ рис. 5–6 показывает, что наиболее эффективна обработка деталей при использовании СОТС составом № 1, так как параметр величина шероховатости обработанной поверхности меньше, чем при обработке составом №2.



**Рис. 5.** Изменение величины шероховатости поверхности деталей из латуни при магнитной галтовке с использованием СОТС № 1 : а)- при вращении подвижных диска и борта в разные стороны; б)- при вращении подвижных диска и борта в одну сторону: 1 – до обработки; 2 – после обработки



**Рис. 6.** Изменение величины шероховатости поверхности деталей из латуни при магнитной галтовке с использованием СОТС № 2 : а)- при вращении подвижных диска и борта в разные стороны; б)- при вращении подвижных диска и борта в одну сторону: 1 – до обработки; 2 – после обработки

В статье предложено расположение постоянных магнитов относительно рабочего объема и относительно друг друга, повышающее эффективность использования рабочего объема и усиление воздействия потока галтовочного наполнителя на обрабатываемые изделия. Приведены результаты обработки магнитно- абразивной галтовкой латуни марки Л63 в различных СОТС.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Патент на полезную модель РФ №97076. Устройство для магнитно-абразивной галтовки. Полетаев В.А., Павлюкова Н. Л., Чернов Л. К. Оpubл. в Б.И. №24, 27.08.2010.
2. Патент на полезную модель РФ №111795. Устройство для магнитно-абразивной галтовки. Полетаев В.А., Чернов Л. К. Оpubл. в Б.И. №36, 27.12.2011.
3. Патент РФ №2261268. Смазочно-охлаждающая технологическая среда для обработки цветных металлов./Павлюкова Н.Л., Полетаев В.А., Марков В.В., Оpubл. в Б.И. №27, 2005.
4. Патент РФ №2441060. Смазочно-охлаждающая технологическая среда для обработки цветных металлов. / Полетаев В.А, Павлюкова Н.Л., Чернов Л.К. .. Оpubл. в Б.И. № 3, 2012.

УДК 621.7.06

*Л. К. Чернов, В. А. Полетаев*

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

**ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗНОСА ГАЛТОВОЧНЫХ ИГЛ**

Исследован и установлен характер износа галтовочных игл при магнитной галтовке. Построены двухмерная и трехмерная модели рабочего конца галтовочной иглы. Приведены результаты обработки деталей иглами с разной величиной износа.

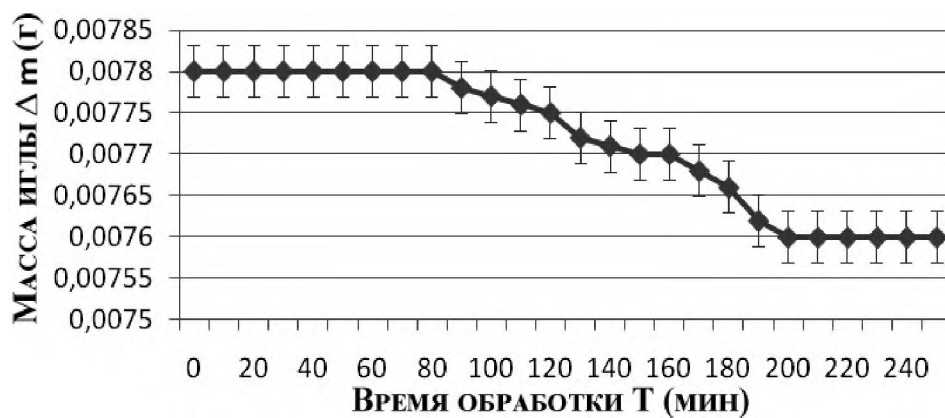
**Ключевые слова:** шероховатость, магнитная галтовка, магнитное поле, галтовочный наполнитель.

*L. K. Chernov, V. A. Poletayev***INVESTIGATION OF WEAR OF WEARING NEEDLES**

The character of wear of tumbling needles during magnetic galvanizing has been studied and established. Two-dimensional and three-dimensional models of the working end of a tumbling needle are constructed. Results of machining of parts with needles with different wear values are given.

**Keywords:** roughness, magnetic tumbling, magnetic field, tumbling filler.

Режущим инструментом при магнитной галтовке является галтовочный наполнитель, средством передачи усилия с вала двигателя на обрабатываемую поверхность является магнитное поле, индуцируемое постоянными магнитами. Обработка происходит в неподвижном рабочем объеме, в который загружены: наполнитель, представляющий из себя короткие обоюдоострые иглы, обрабатываемые детали и смазочно-охлаждающая жидкость. Галтовочная игла в результате контакта с поверхностью детали подвергается износу [1-2]. На рис. 1 показан график изменения массы иглы от времени обработки детали из латуни марки Л63 в течение 4 часов.



**Рис. 1.** Изменение массы галтовочной иглы от времени обработки детали из латуни марки Л63

Как видно из рис.1, масса иглы изменяется в зависимости от времени обработки детали, причем основное изменение массы происходит в период с 80 минуты по 200 минуту. В начале и в конце обработки масса иглы существенно не изменяется, следовательно, можно предположить, что игла интенсивно изнашивается только в определенный период времени. Повторные эксперименты подтвердили данное предположение [3-5]. Игла представляет собой цилиндр с высотой на порядок большей диаметра основания. Активной рабочей областью являются основания цилиндра и, следовательно, они должны подвергаться наибольшему износу.

На рис.2 представлены фотографии галтовочных игл: а) – до обработки; б) – после обработки детали в течение 2 часов; в) – после обработки детали в течение 3 часов (увеличение x10).

На основе анализа полученных снимков галтовочных игл разработаны трехмерные модели новой иглы и иглы после износа.

Выбирались пять образцов галтовочных игл для каждого случая. В двухмерном графическом редакторе (Adobe Photoshop) на основе фотографии иглы создавался контур рабочего конца галтовочной иглы (рис. 3).



а)



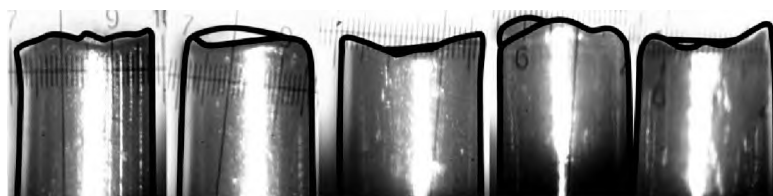
б)



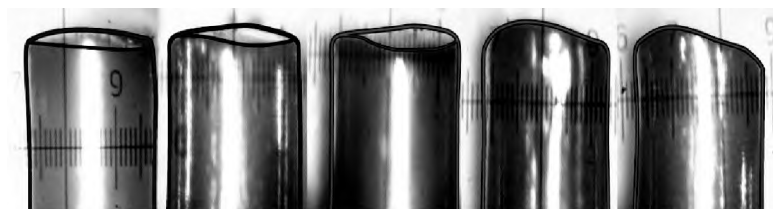
в)

**Рис. 2.** Фотографии галтовочных игл:

- а) – до обработки;
- б) – после обработки детали в течение 2 часов;
- в) – после обработки детали в течение 3 часов (увеличение x10)



а)

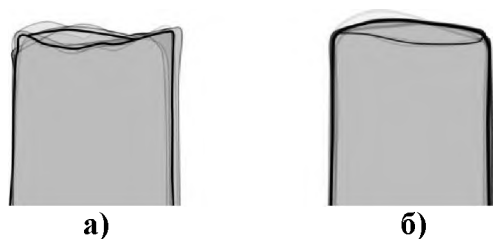


б)

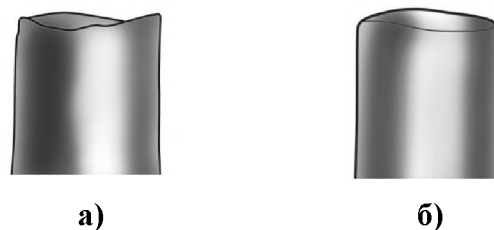
**Рис. 3.** Контурированные галтовочные иглы: а – новые; б – после износа

Полученные контуры совмещались. По средним точкам совмещенных контуров рабочих концов галтовочных игл проводился обобщающий контур (рис. 4).

По полученному обобщающему контуру в графическом редакторе выстраивалась двумерная модель рабочего конца галтовочной иглы (рис. 5).



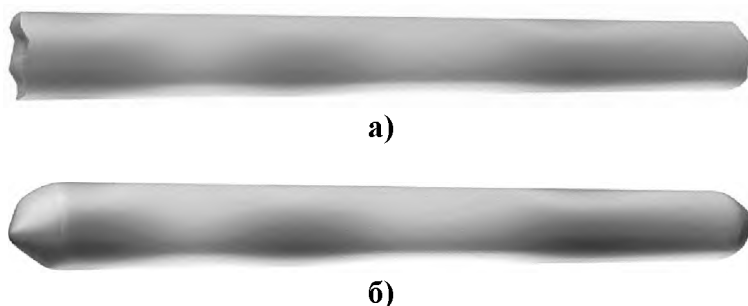
**Рис. 4.** Обобщающие контуры галтовочных игл: а) – для новых, б) – после износа



**Рис. 5.** Двухмерная модель рабочего конца галтовочной иглы: а) – для новых, б) – после износа

Зная, что игла представляет собой тело вращения, а оба ее рабочих конца идентичны, на основе двухмерной в трехмерном редакторе 3d Max создается трехмерную модель (рис. 6).

Из изменения геометрической формы иглы, можно сделать вывод, что основной износ происходит по краям оснований поверхности цилиндра. По мере изнашивания конец галтовочной иглы принимает форму, близкую к полусфере.



**Рис. 6.** Трехмерная модель галтовочной иглы: а) – для новых, б) – после износа

Для выяснения влияния износа иглы на качество обработанной поверхности была проведена серия экспериментов. Образцы из латуни Л63 обрабатывались иглами различной степени изношенности в течении часа с одинаковой скоростью вращения  $\omega = 90$  об/мин и в одинаковой технологической среде. Типы игл:

- новая галтовочная игла: тип 1;
- игла, прошедшая два часа обработки: тип 2;
- игла, прошедшая свыше трех часов обработки: тип 3.

В ходе экспериментов замерены изменения массы образцов и шероховатости поверхности в ходе обработки иглами с разной степенью износа. Динамика съема металла представлена в графике на рис. 7.

Сообразно с данными экспериментов можно сделать вывод, что новые иглы более эффективно снимают металл с обрабатываемой поверхности.

Данные о шероховатости трех образцов, представленные на рис.8, позволяют сделать вывод, что изношенные иглы более эффективно полируют металл.

На снимках обработанной поверхности прослеживается характерные следы оставленные галтовочными иглами с различной степенью износа (рис 9).

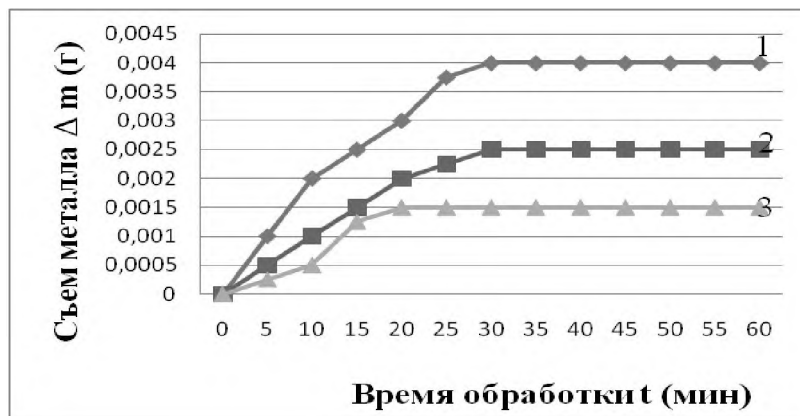


Рис. 7. Съем металла с образца в ходе магнитной галтовки: 1 – иглами типа 1, 2 – иглами типа 2, 3 – иглами типа 3

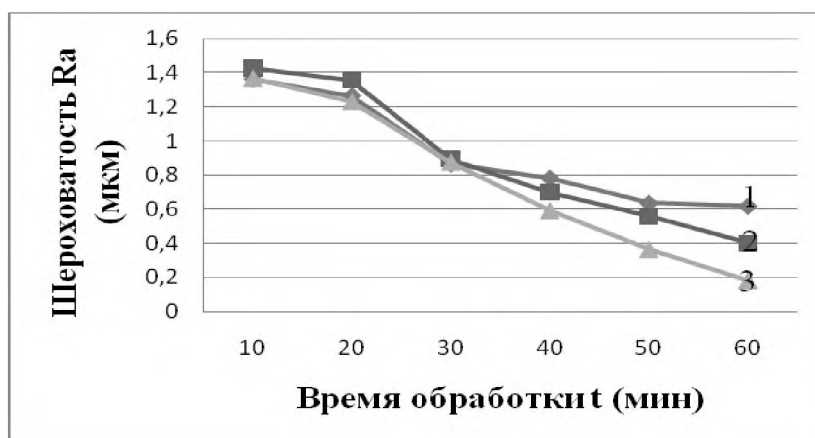


Рис. 8. Шероховатость  $R_a$  мкм с образца в ходе магнитной галтовки: 1 – иглами типа 1, 2 – иглами типа 2, 3 – иглами типа 3

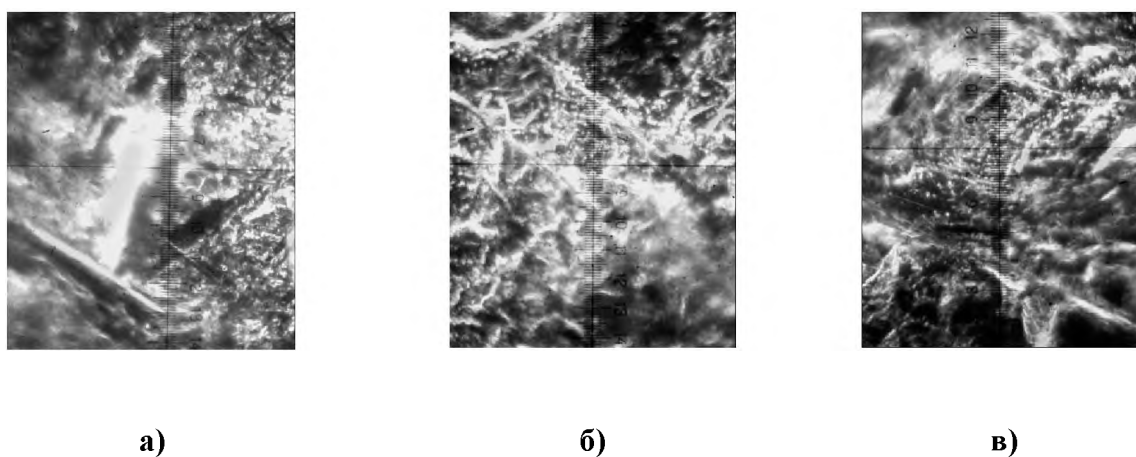


Рис. 9. Поверхность образцов обработанных при помощи: а) – игл типа 1; б) – игл типа 2; в) – игл типа 3

Рассмотрев следы от сильных взаимодействий поверхности образца с иглами, можно сделать вывод, что иглы типа 1 глубже царапают поверхность, на рис. 9 б – царапины короче и не акцентированы, на рис. 9 в – практически нет. Более того, на рис. 9 в структура поверхности образца практически однородна. Следовательно, можно сделать вывод, что иглы с определенной степенью износа более пригодны для использования в магнитной галтовке по сравнению с новыми иглами. Так как рабочая область иглы не содержит царапающих углов, ее геометрическая форма приближена к полушарию и подвергнута гартованию. Новые галтовочные иглы будет полезным подвергать трехчасовой рабочей нагрузке перед использованием в галтовании.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Полетаев В.А., Чернов Л. К.* Патент на полезную модель РФ №111795. Устройство для магнитно-абразивной галтовки. В.А. Полетаев, Л. К. Чернов / Опубл. в Б.И. №36, 27.12.2011.
2. *Полетаев В.А., Чернов Л. К.* Исследование процесса магнитной галтовки в магнитно-абразивном устройстве. В.А. Полетаев, Л. К. Чернов // Металлообработка, 2013 ,№ 3, С.31-35.
3. *Чернов Л.К., Полетаев В.А.* Magnetic dispositivo abrasivo per studi di tumbling magnetica./ Л.К. Чернов, В.А. Полетаев. Italian Science Review. - 2014. - №4. – С.461 – 465.
4. *Чернов Л.К., Полетаев В.А.* Магнитно-абразивное устройство для исследования процесса магнитной галтовки. Новый университет. / Л.К. Чернов, В.А. Полетаев. Серия «Технические науки»: - Йошкар-Ола: ООО «Коллоквиум». - 2014.— №10. – С.12 – 17.
5. *Чернов Л.К., Полетаев В.А.* Совершенствование процесса магнитной галтовки в магнитно-абразивном устройстве. Материалы IV международной конференции «Фундаментальная наука и технологии - перспективные разработки»/ Л.К. Чернов, В.А. Полетаев, 29-30 сентября 2014 г.: материалы конференции. - North Charlston: CreateSpace. - 2014. - Т.1. – С.139 – 141.



## СОВРЕМЕННЫЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ

УДК 614.841

*И. В. Багажков, В. А. Смирнов*

ФГБОУ ВО «Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России»

### ИЗУЧЕНИЕ ПРОГНОЗА РАЗВИТИЯ И РАСПРОСТРАНЕНИЯ ПОЖАРА В ЗДАНИЯХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ НА ПРИМЕРЕ ИВАНОВСКОГО ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО КОЛЛЕДЖА

С точки зрения пожарной опасности можно отметить, что наличие в помещениях учебного заведения, синтетических изделий и разнообразной бытовой техники, с одной стороны, увеличивает потенциальную возможность возникновения пожаров, а с другой стороны, делает даже самый незначительный пожар опасным для жизни и здоровья людей из-за выделения ядовитых газов при горении синтетических материалов. Другими источниками пожарной опасности являются: венткамеры, электрощитовые, гардеробы, книгохранилища, компьютерные залы, подсобные помещения. Еще более естественным и опасным путем распространения пожара являются открытые дверные проемы. Через пустоты в стенах учебного корпуса пожар может распространиться на верхние этажи здания. Продолжительность затяжных пожаров может достигать значительных величин, что может привести к значительному ущербу.

**Ключевые слова:** источник пожарной опасности, стадии развития пожара, пожарная нагрузка, противодымная вентиляция, пустоты стен, продукты сгорания, разрушение остекления, локализация пожара.

*I. V. Bagazhkov, V. A. Smirnov*

### STUDY OF PREDICTION OF DEVELOPMENT AND DISTRIBUTION OF FIRE IN BUILDINGS OF EDUCATIONAL INSTITUTIONS ON THE EXAMPLE OF THE IVANOVO POWER ENGINEERING COLLEGE

In terms of fire danger, it may be noted that the presence on the premises of the educational institution, synthetic products and various household appliances, on the one hand, increases the potential for fires, and, on the other hand, makes even the most minor fire dangerous for life and health due to allocation of poisonous gases during combustion of synthetic materials. Other sources of fire danger are: equipment, ventilating Chamber rooms not, wardrobes, libraries, computer rooms, utility rooms. Even more natural and dangerous by the spread of the fire are open doorways. Through the voids in the walls of the building fire may spread to the upper floors of the building. The duration of the prolonged fires could reach significant values that can cause significant damage.

**Keywords:** fire hazard source development stage of fire, fire load, protivodymnaja ventilation, void walls, products of combustion, destruction of glazing, localization of fire.

Здания образовательных учреждений как правило, строят из негорючих материалов I и II степеней огнестойкости по типовым проектам. В настоящее время еще много эксплуатируется зданий учебных заведений III степени огнестойкости с пустотными конструкциями из трудно горючих материалов, а иногда встречаются и здания IV, V степеней огнестойкости.

Данную тему рассмотрим на примере «Ивановского энергетического колледжа» расположенным в г. Иваново, ул. Ермака, д.41. Территория объекта занимает площадь 3 га. В учебном заведении обучается свыше трехсот человек. В учебном корпусе № 1 имеется актовый зал, который составляет наибольшую пожарную опасность, именно поэтому рассмотрим данное помещение.

С точки зрения пожарной опасности можно отметить, что наличие в помещениях колледжа, синтетических изделий и разнообразной бытовой техники, с одной стороны, увеличивает потенциальную возможность возникновения пожаров, а с другой стороны, делает даже самый незначительный пожар опасным для жизни и здоровья людей из-за выделения ядовитых газов при горении синтетических материалов. Другими источниками пожарной опасности являются: венткамеры, электрощитовые, гардеробы, книгохранилища, компьютерные залы, подсобные помещения.

Наименее опасны в пожарном отношении учебные кабинеты, коридоры. Кроме того, большую опасность представляет горючая нагрузка находящаяся в актовом зале, такой будет являться обивка кресел, декорации на сцене и др.). Пожар в зале может распространяться по кабельным коммуникациям, если проемы в местах прохождения труб не заделаны строительным раствором или бетоном, а так же пустотам стен. В течение нескольких минут помещение актового зала полностью задымляется, и находиться в помещениях без средств защиты органов дыхания невозможно.

Наиболее интенсивно происходит задымление верхних этажей учебного корпуса, особенно с подветренной стороны. Следует также добавить, что фактором, существенно повышающим пожарную опасность многоэтажных зданий и зданий повышенной этажности, является высокая вероятность позднего обнаружения пожара в случае отсутствия или нахождения в неисправном состоянии соответствующих систем пожарной автоматики.

Установлено, что временная пожарная нагрузка в актовом зале, состоит из мебели – 58-65%; изделий из ткани 24-29%, изделий из бумаги 10-13%. Любой пожар при свободном горении может быть разделен на пять стадий: 1 – начальную, 2 – развивающегося пожара, 3 – объемного пожара, 4 – развитого пожара, 5 – затухающего пожара. Каждая стадия характеризуется определенной продолжительностью и температурой.

Стадии развития пожара на примере Ивановского энергетического колледжа.

1. Максимальная среднеобъемная температура на начальной стадии развития в очаге пожара – актовый зал учебного корпуса № 1, составит до 200-300°C. Именно на этой стадии пожара может наблюдаться наибольшая гибель людей (до 90%), причем в основном от дыма и токсичных газообразных продуктов, выделяемых при тлении и горении обивки стульев и декораций в сценической части. Длительность этой стадии пожара может быть от нескольких минут до нескольких часов (при тлеющих пожарах в закрытых помещениях). Стадия сопровождается выделением дыма и газообразных продуктов, характеризуется постепенным переходом тления или пламенного горения от одного предмета обстановки к другому при медленном росте среднеобъемных температур в помещении очага пожара.

На прогрев конструкций и потерю их огнестойкости пожар на этой стадии оказывает мало влияния. Пожар развивается на малой площади одного помещения в основном без распространения за его пределы.

2. Следующая стадия – стадия развивающегося пожара – обычно наступает после вскрытия оконного остекления в помещении актового зала. Пламенное горение становится более интенсивным с быстрым нарастанием параметров пожара. Длительность этой стадии на реальных пожарах небольшая, от 5 до 20 мин.

3. Пожар на этой стадии сопровождается нарастанием выделения большого количества дыма, газообразных продуктов горения и огня, интенсивно перемешивающихся в объеме помещения, и выходом их из проемов и отверстий за пределы помещения очага пожара. Стадия характеризуется наступлением так называемой общей вспышки, когда происходит воспламенение всех предметов находящихся в актовом зале. Температура достигает больших величин 900-1000°C, а среднеобъемная температура повышается до 600-800°C. Эта стадия переходит в развитую стадию пожара.

4. Стадия развитого пожара характеризуется наступлением экстремальных значений параметров пожара. Температура достигает 1100-1300°C. Происходит интенсивный прогрев конструкций и их теплообмен с очагом пожара. В основном на этой стадии происходит пламенное горение. Количество дыма сокращается. Длительность этой стадии может быть от нескольких минут до получаса, в зависимости от количества пожарной нагрузки и условий воздухообмена. К завершению этой стадии выгорает 70-80% пожарной нагрузки.

5. Затухающая стадия пожара характеризуется систематическим понижением значений параметров пожара: падением значений температуры, скорости выгорания, интенсивности тепловыделения и т.д. Прогрев конструкций в первое время этого периода еще продолжается, причем температуры по глубине конструкции еще растут, а на поверхности конструкций со стороны очага пожара понижаются в соответствии со снижением температуры пожара.

В «Ивановском энергетическом колледже» с учетом фактической пожарной нагрузки и при наличии всего комплекса систем противопожарной защиты (пожарная сигнализация, автоматические установки пожаротушения, вытяжная противодымная вентиляция, внутренний противопожарный водопровод и др.) реальный температурный режим пожара, если он все-таки произойдет и получит активное развитие, будет существенно отличаться (очевидно, в меньшую сторону) от «стандартного» режима. Этот режим десятилетиями применяется во многих странах для стандартизации условий испытаний и сопоставления получаемых пределов огнестойкости идентичных конструкций, а продолжительность пожара в реальных условиях, вероятно, вряд ли превысит 1-1,5 часа, либо из-за полного выгорания за это время пожарной нагрузки, либо в результате влияния систем противопожарной защиты и тушения пожара силами пожарных подразделений. Среднее время локализации пожара в городах, где, по сравнению с сельской местностью, преимущественно сосредоточены здания I – IV степени огнестойкости, составляет около 16 мин., а время ликвидации пожара – менее 30 мин. при среднем времени тушения пожара менее 40 мин.

Пламя выходит за пределы актового зала, в котором оно возникло, через оконные проемы, если дверь в помещение была плотно закрыта. Это происходит, во-первых, потому, что остекление окон, как правило, разрушается при среднеобъемной температуре пожара 250-300°C (т.е. через 10-15 мин. после начала пожара); во-вторых, при недостатке воздуха в зоне горения, который обычно имеет место при

внутренних пожарах, продукты пиролиза сгорают за пределами помещения, в оконных проемах и над ними. Языки пламени из окна с разрушившимся остеклением вместе с горячими продуктами горения устремляются вверх и достигают оконных переплетов верхних этажей, которые могут воспламениться. При отсутствии горизонтальных преград на фасаде пламя из оконного проема уже через 10-12 минут от начала пожара может выбиваться наружу на фасад и подниматься вверх по стене, поджигая сгораемые элементы фасада и оконного заполнения выше расположенного проема. После разрушения остекления огонь и дым могут проникнуть в помещение верхнего этажа. Для предотвращения распространения пожара через оконные проемы на вышерасположенные этажи в зданиях I-VI степеней огнестойкости расстояние по вертикали между оконными проемами следует принимать не менее 1,2 м, при этом, расстояние от верха оконного проема до низа перекрытия не превышает 0,2 м.

Еще более естественным и опасным путем распространения пожара за пределы актового зала, где он первоначально возник, являются дверные проемы, если дверь во время возникновения пожара не была закрыта или если она самопроизвольно открылась под действием избыточного давления газовой среды в горящем помещении. Даже если дверь плотно закрыта, это одно из слабых мест в отношении опасности распространения пожара за пределы горящего помещения, так как огнестойкость дверей, как правило, сравнительно мала и составляет 10-15 мин, а иногда и 4-5 мин.

В пределах 2 этажа наиболее вероятным является развитие пожара с выходом на лестничную клетку, распространение огня через перегородки и лестничные площадки. По вертикальным ограждающим конструкциям пожар может интенсивно распространяться с обогреваемой стороны в пределах того же помещения, если эти конструкции покрыты горючими, а тем более легковоспламеняемыми декоративно-отделочными синтетическими материалами. Конструкции имеющие пустоты обладают низкой огнестойкостью и способны прогореть или разрушиться под воздействием пламени или высоких температур на обогреваемой поверхности, то пожар распространится в смежное помещение.

Через пустоты в стенах учебного корпуса пожар может распространиться на верхние этажи здания. Наиболее опасными путями распространения пожара в верхние этажи здания являются пустоты в строительных конструкциях, вентиляционные и кабельные каналы и т.п. Продукты неполного сгорания, интенсивно выделяющиеся в горящем помещении, по законам естественной конвекции устремляются по таким каналам вверх. В течение нескольких минут здание полностью задымляется, и находиться в помещениях без средств защиты органов дыхания невозможно. Наиболее интенсивно происходит задымление верхних этажей, со 2 на 3 этажи учебного корпуса № 1, особенно с подветренной стороны.

Изложенные соображения показывают, что при свободном горении пожар в учебном корпусе № 1 нанесет существенный ущерб как зданию, так и обслуживающему персоналу находящимся в здании в количестве восьмидесяти человек. Продолжительность затяжных пожаров может достигать значительных величин, что может привести к значительному ущербу.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Федеральный закон от 21 декабря 1994 г. № 69-ФЗ «О пожарной безопасности».

2. Федеральный закон от 22 июля 2008 года, №123–ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности».

3. Приказ Минтруда России от 23.12.2014 № 1100н «Об утверждении Правил по охране труда в подразделениях федеральной противопожарной службы Государственной противопожарной службы».

4. Приказ МЧС России № 3 от 09.01.2013 г. «Об утверждении Правил проведения личным составом федеральной противопожарной службы Государственной противопожарной службы аварийно-спасательных работ при тушении пожаров с использованием СИЗОД».

5. Приказ МЧС России №156 от 31.03.2011г. «Об утверждении Порядка тушения пожаров подразделениями пожарной охраны».

6. Методические рекомендации по действиям подразделений Федеральной Противопожарной службы при тушении пожаров и проведении аварийно-спасательных работ от 26.05.2010 № 43–2007–18.

7. Анализ обстановки с пожарами и последствий от них на территории Российской Федерации за 2016 год.

УДК 614.841

*И. В. Багажков, В. А. Смирнов*

ФГБОУ ВО «Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России»

## **ПРОГНОЗ РАЗВИТИЯ И РАСПРОСТРАНЕНИЯ ПОЖАРОВ В ЗДАНИЯХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ**

С точки зрения пожарной опасности можно отметить, что наличие в помещениях учебного заведения, синтетических изделий и разнообразной бытовой техники, с одной стороны, увеличивает потенциальную возможность возникновения пожаров, а с другой стороны, делает даже самый незначительный пожар опасным для жизни и здоровья людей из-за выделения ядовитых газов при горении синтетических материалов. Другими источниками пожарной опасности являются: венткамеры, электрощитовые, гардеробы, книгохранилища, компьютерные залы, подсобные помещения. Еще более естественным и опасным путем распространения пожара являются открытые дверные проемы. Через пустоты в стенах учебного корпуса пожар может распространиться на верхние этажи здания. Продолжительность затяжных пожаров может достигать значительных величин, что может привести к значительному ущербу.

**Ключевые слова:** Источник пожарной опасности, стадии развития пожара, пожарная нагрузка, противодымная вентиляция, пустоты стен, продукты сгорания, разрушение остекления. локализация пожара.

*I. V. Bagazhkov, V. A. Smirnov*

## **DEVELOPMENT AND FORECAST THE SPREAD OF FIRES IN BUILDINGS, EDUCATIONAL INSTITUTIONS**

In terms of fire danger, it may be noted that the presence on the premises of the educational institution, synthetic products and various household appliances, on the one hand, increases the potential for fires, and, on the other hand, makes even the most minor fire dangerous for life and

health due to allocation of poisonous gases during combustion of synthetic materials. Other sources of fire danger are: equipment, ventilating Chamber rooms not, wardrobes, libraries, computer rooms, utility rooms. Even more natural and dangerous by the spread of the fire are open doorways. Through the voids in the walls of the building fire may spread to the upper floors of the building. The duration of the prolonged fires could reach significant values that can cause significant damage.

**Keywords:** fire hazard source development stage of fire, fire load, protivodymnaja ventilation, void walls, products of combustion, destruction of glazing, localization of fire.

Данную тему рассмотрим на примере «Ивановского энергетического колледжа» расположенным в г. Иваново, ул. Ермака, д.41. Территория объекта занимает площадь 3 га. В учебном заведении обучается свыше трехсот человек. В учебном корпусе № 1 имеется актовъ зал, который составляет наибольшую пожарную опасность, именно поэтому рассмотрим данное помещение.

С точки зрения пожарной опасности можно отметить, что наличие в помещениях колледжа, синтетических изделий и разнообразной бытовой техники, с одной стороны, увеличивает потенциальную возможность возникновения пожаров, а с другой стороны, делает даже самый незначительный пожар опасным для жизни и здоровья людей из-за выделения ядовитых газов при горении синтетических материалов. Другими источниками пожарной опасности являются: венткамеры, электрощитовые, гардеробы, книгохранилища, компьютерные залы, подсобные помещения.

Наименее опасны в пожарном отношении учебные кабинеты, коридоры. Кроме того, большую опасность представляет горючая нагрузка находящаяся в актовом зале, такой будет являться обивка кресел, декорации на сцене и др.). Пожар в зале может распространяться по кабельным коммуникациям, если проемы в местах прохождения труб не заделаны строительным раствором или бетоном, а так же пустотам стен. В течение нескольких минут помещение актового зала полностью задымляется, и находиться в помещениях без средств защиты органов дыхания невозможно.

Наиболее интенсивно происходит задымление верхних этажей учебного корпуса, особенно с подветренной стороны. Следует также добавить, что фактором, существенно повышающим пожарную опасность многоэтажных зданий и зданий повышенной этажности, является высокая вероятность позднего обнаружения пожара в случае отсутствия или нахождения в неисправном состоянии соответствующих систем пожарной автоматики.

Установлено, что временная пожарная нагрузка в актовом зале, состоит из мебели – 58-65%; изделий из ткани 24-29%, изделий из бумаги 10-13%. Любой пожар при свободном горении может быть разделен на пять стадий: 1 – начальную, 2 – развивающегося пожара, 3 – объемного пожара, 4 – развитого пожара, 5 – затухающего пожара. Каждая стадия характеризуется определенной продолжительностью и температурой.

Стадии развития пожара на примере Ивановского энергетического колледжа.

1. Максимальная среднеобъемная температура на начальной стадии развития в очаге пожара – актовъ зал учебного корпуса № 1, составит до 200-300°C. Именно на этой стадии пожара может наблюдаться наибольшая гибель людей (до 90%), причем в основном от дыма и токсичных газообразных продуктов, выделяемых при тлении и горении обивки стульев и декораций в сценической части. Длительность этой стадии пожара может быть от нескольких минут до нескольких часов (при тлеющих пожарах

в закрытых помещениях). Стадия сопровождается выделением дыма и газообразных продуктов, характеризуется постепенным переходом тления или пламенного горения от одного предмета обстановки к другому при медленном росте среднеобъемных температур в помещении очага пожара. На прогрев конструкций и потерю их огнестойкости пожар на этой стадии оказывает мало влияния. Пожар развивается на малой площади одного помещения в основном без распространения за его пределы.

2. Следующая стадия – стадия развивающегося пожара – обычно наступает после вскрытия оконного остекления в помещении актового зала. Пламенное горение становится более интенсивным с быстрым нарастанием параметров пожара. Длительность этой стадии на реальных пожарах небольшая, от 5 до 20 мин.

3. Пожар на этой стадии сопровождается нарастанием выделения большого количества дыма, газообразных продуктов горения и огня, интенсивно перемешивающихся в объеме помещения, и выходом их из проемов и отверстий за пределы помещения очага пожара. Стадия характеризуется наступлением так называемой общей вспышки, когда происходит воспламенение всех предметов находящихся в актовом зале. Температура достигает больших величин 900-1000°C, а среднеобъемная температура повышается до 600-800°C. Эта стадия переходит в развитую стадию пожара.

4. Стадия развитого пожара характеризуется наступлением экстремальных значений параметров пожара. Температура достигает 1100-1300°C. Происходит интенсивный прогрев конструкций и их теплообмен с очагом пожара. В основном на этой стадии происходит пламенное горение. Количество дыма сокращается. Длительность этой стадии может быть от нескольких минут до получаса, в зависимости от количества пожарной нагрузки и условий воздухообмена. К завершению этой стадии выгорает 70-80% пожарной нагрузки.

5. Затухающая стадия пожара характеризуется систематическим понижением значений параметров пожара: падением значений температуры, скорости выгорания, интенсивности тепловыделения и т.д. Прогрев конструкций в первое время этого периода еще продолжается, причем температуры по глубине конструкции еще растут, а на поверхности конструкций со стороны очага пожара понижаются в соответствии со снижением температуры пожара.

В «Ивановском энергетическом колледже» с учетом фактической пожарной нагрузки и при наличии всего комплекса систем противопожарной защиты (пожарная сигнализация, автоматические установки пожаротушения, вытяжная противодымная вентиляция, внутренний противопожарный водопровод и др.) реальный температурный режим пожара, если он все-таки произойдет и получит активное развитие, будет существенно отличаться (очевидно, в меньшую сторону) от «стандартного» режима. Этот режим десятилетиями применяется во многих странах для стандартизации условий испытаний и сопоставления получаемых пределов огнестойкости идентичных конструкций, а продолжительность пожара в реальных условиях, вероятно, вряд ли превысит 1-1,5 часа, либо из-за полного выгорания за это время пожарной нагрузки, либо в результате влияния систем противопожарной защиты и тушения пожара силами пожарных подразделений. Среднее время локализации пожара в городах, где, по сравнению с сельской местностью, преимущественно сосредоточены здания I – IV степени огнестойкости, составляет около 16 мин., а время ликвидации пожара – менее 30 мин. при среднем времени тушения пожара менее 40 мин.

Пламя выходит за пределы актового зала, в котором оно возникло, через оконные проемы, если дверь в помещение была плотно закрыта. Это происходит, во-первых, потому, что остекление окон, как правило, разрушается при среднеобъемной температуре пожара 250-300°C (т.е. через 10-15 мин. после начала пожара); во-вторых, при недостатке воздуха в зоне горения, который обычно имеет место при внутренних пожарах, продукты пиролиза сторают за пределами помещения, в оконных проемах и над ними. Языки пламени из окна с разрушившимся остеклением вместе с горячими продуктами горения устремляются вверх и достигают оконных переплетов верхних этажей, которые могут воспламениться. При отсутствии горизонтальных преград на фасаде пламя из оконного проема уже через 10-12 минут от начала пожара может выбиваться наружу на фасад и подниматься вверх по стене, поджигая стораемые элементы фасада и оконного заполнения выше расположенного проема. После разрушения остекления огонь и дым могут проникнуть в помещение верхнего этажа. Для предотвращения распространения пожара через оконные проемы на вышерасположенные этажи в зданиях I-VI степеней огнестойкости расстояние по вертикали между оконными проемами следует принимать не менее 1,2 м, при этом, расстояние от верха оконного проема до низа перекрытия не превышает 0,2 м.

Еще более естественным и опасным путем распространения пожара за пределы актового зала, где он первоначально возник, являются дверные проемы, если дверь во время возникновения пожара не была закрыта или если она самопроизвольно открылась под действием избыточного давления газовой среды в горящем помещении. Даже если дверь плотно закрыта, это одно из слабых мест в отношении опасности распространения пожара за пределы горящего помещения, так как огнестойкость дверей, как правило, сравнительно мала и составляет 10-15 мин, а иногда и 4-5 мин.

В пределах 2 этажа наиболее вероятным является развитие пожара с выходом на лестничную клетку, распространение огня через перегородки и лестничные площадки. По вертикальным ограждающим конструкциям пожар может интенсивно распространяться с обогреваемой стороны в пределах того же помещения, если эти конструкции покрыты горючими, а тем более легковоспламеняемыми декоративно-отделочными синтетическими материалами. Конструкции имеющие пустоты обладают низкой огнестойкостью и способны прогореть или разрушиться под воздействием пламени или высоких температур на обогреваемой поверхности, то пожар распространится в смежное помещение.

Через пустоты в стенах учебного корпуса пожар может распространиться на верхние этажи здания. Наиболее опасными путями распространения пожара в верхние этажи здания являются пустоты в строительных конструкциях, вентиляционные и кабельные каналы и т.п. Продукты неполного сгорания, интенсивно выделяющиеся в горящем помещении, по законам естественной конвекции устремляются по таким каналам вверх. В течение нескольких минут здание полностью задымляется, и находиться в помещениях без средств защиты органов дыхания невозможно. Наиболее интенсивно происходит задымление верхних этажей, со 2 на 3 этажи учебного корпуса № 1, особенно с подветренной стороны.

Изложенные соображения показывают, что при свободном горении пожар в учебном корпусе № 1 нанесет существенный ущерб как зданию, так и обслуживающему персоналу находящимся в здании в количестве восьмидесяти человек. Продолжительность затяжных пожаров может достигать значительных величин, что может привести к значительному ущербу.



## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Федеральный закон от 21 декабря 1994 г. № 69–ФЗ «О пожарной безопасности».
2. Федеральный закон от 22 июля 2008 года, №123–ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности».
3. Приказ Минтруда России от 23.12.2014 № 1100н «Об утверждении Правил по охране труда в подразделениях федеральной противопожарной службы Государственной противопожарной службы».
4. Приказ МЧС России № 3 от 09.01.2013 г. «Об утверждении Правил проведения личным составом федеральной противопожарной службы Государственной противопожарной службы аварийно-спасательных работ при тушении пожаров с использованием СИЗОД».
5. Приказ МЧС России №156 от 31.03.2011г. «Об утверждении Порядка тушения пожаров подразделениями пожарной охраны».
6. Методические рекомендации по действиям подразделений Федеральной Противопожарной службы при тушении пожаров и проведении аварийно-спасательных работ от 26.05.2010 № 43–2007–18.
7. Анализ обстановки с пожарами и последствий от них на территории Российской Федерации за 2016 год.

УДК 378.1

*Е. С. Беспалова, Е. В. Волобуева, С. А. Гарелина, К. П. Латышенко,  
М. А. Финогенова*  
ФГБВОУ ВО «Академия гражданской защиты МЧС России»

### **РАЗРАБОТКА ВИЗУАЛЬНОГО (ВИДЕО- И ФОТО) КОНТЕНТА И ТЕСТОВ ПО ДИСЦИПЛИНЕ «МЕХАНИКА»**

В работе рассказано о подборе видео- и фотоматериалов, тестов по дисциплине «Механика» для улучшения качества подготовки специалистов.

**Ключевые слова:** качество образования, видео- и фотоконтент, тест, дисциплина «Механика».

*E. S. Bepalova, E. V. Valobueva, S. A. Garelina, K. P. Latyshenko, M. A. Finogenova*

### **DEVELOPMENT OF VISUAL (VIDEO AND PHOTO) CONTENT AND TESTS ON THE SUBJECT «MECHANICS»**

This paper presents the selection of video and photographic materials, tests on discipline «Mechanics» in order to improve the quality of training.

**Keywords:** quality of education, video and fotokontent, test discipline «Mechanics».

В XXI веке всё чаще идут разговоры о «клиповом мышлении», приобретённом молодежью вследствие проведения значительной части своего времени за гаджетами, а также за просмотром телевизора. Термин «клиповое мышление» включает в себя особенность человека воспринимать мир через короткие яркие образы и послания,

например, через ленту теленовостей, небольших статей или коротких видеоклипов. В процессе обучения необходимо учитывать эти особенности современной молодёжи и широко использовать их в образовательном процессе визуальный контент.

С помощью визуализации информации можно решить целый комплекс педагогических задач. Особо стоит отметить, что фото- и видеоконтент по дисциплине «Теоретическая механика» позволяет наглядно представить изучаемые явления в тех областях, в которых непосредственно восприятие затруднено или вообще невозможно (рис. 1). Тем более, такой материал будет востребован в аудиториях, плохо или вовсе не оснащённых необходимыми приборами и моделями.

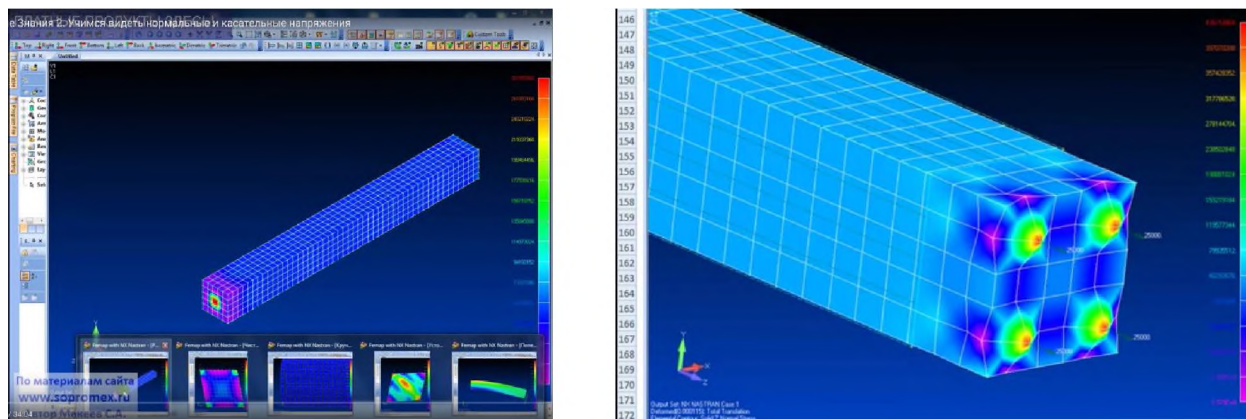


Рис. 1. Фрагменты видеороликов с визуализацией напряжений, возникающих при различном нагружении тел

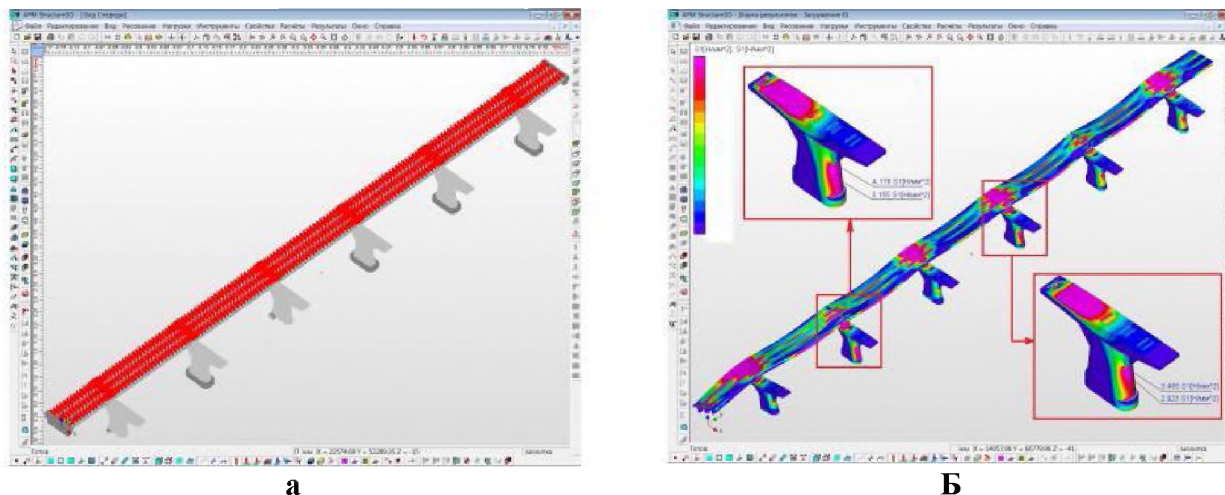
Целью работы является создание фото- и видеоконтента по дисциплине «Механика» в соответствии с тематическим планом дисциплины и составление тестов по этим материалам. В работе особе внимание уделено визуализациям, которые осуществляют интеграцию «Механики» с будущей профессиональной деятельностью выпускников АГЗ МЧС России (рис. 2, 3).

Для реализации этой цели были решены следующие задачи:

- изучен фото- и видеоматериал по каждому занятию дисциплины «Теоретическая механика», представленный в интернете;
- изучено оборудование кафедры, сделаны фотографии и видеоролики на основе этой базы (рис. 4);
- составлен предварительный перечень фотографий и видеороликов, отобран материал, пригодный для использования в учебном процессе в АГЗ МЧС России;
- составлено описание каждой фотографии и видеоролика и рекомендации по их использованию в образовательном процессе;
- разработаны тесты по этим материалам.



Рис. 2. Фотография с места разрушения моста



**Рис. 3.** Расчётная схема моста (а) и карта распределения главных напряжений в пролётных балках моста (б)



**Рис. 4.** Фрагмент видеоролика, демонстрирующего закон сохранения кинетического момента системы относительно вертикальной неподвижной оси, созданный на основе оборудования кафедры

Использование в образовательном процессе фото- и видеоконтента – это во многих случаях наиболее эффективный вариант преподавания различных дисциплин для современной молодёжи. Можно предположить, что применение подобных методов значительно улучшит усвоение обучающимися информации, а также успешно применять знания на практике.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. <http://termeh.ucoz.org/index/videolekcii/0-5>  
<http://forkettle.ru/vidioteka/tekhnicheskie-nauki/teoreticheskaya-mekhanika-i-detali-mashin/209-teoreticheskaya-mekhanika-ot-sztu/teoreticheskaya-mekhanika-chast-1-ot-sztu>

УДК 004.92 : 514.18 : 519.6

**А. А. Бойков**

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

## **ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РЕОРГАНИЗАЦИИ КУРСА ГРАФИЧЕСКИХ ДИСЦИПЛИН В УСЛОВИЯХ КОМПЬЮТЕРИЗАЦИИ УЧЕБНОГО ПРОЦЕССА**

Перечислены основные направления реорганизации курса графических дисциплин и дана их краткая характеристика.

**Ключевые слова:** Графические дисциплины, компьютеризация, автоматизация проектирования, САПР

**А. А. Boykov**

## **THE WAYS OF REORGANIZATION OF THE GRAPHICAL DISCIPLINES IN THE CONTEXT OF COMPUTERIZATION OF THE TUITION PROCESS**

In the paper the ways of reorganization of the graphical disciplines in the context of computerization of the tuition process were shown and analysed.

**Keywords:** graphic disciplines, computerization, computer aided design, CAD-systems

Цикл графических дисциплин, до недавнего времени состоявший из курсов начертательной геометрии и инженерной графики, на сегодняшний день включает в себя также третий обязательный компонент — компьютерную графику. Термин «компьютерная графика» достаточно широк и обозначает комплекс технологий создания, обработки, хранения графической информации при помощи ЭВМ. В контексте инженерных дисциплин под компьютерной графикой подразумевают решение задач начертательной геометрии и инженерной графики в системах автоматизации проектирования (САД-системах).

В докладе проф. С. И. Роткова и проф. Е. В. Попова «о сути компьютерной геометрии» [1] приводятся следующие определения, имеющие непосредственное отношение к компьютеризации графического образования: *компьютерная графика* — это «информационная технология отображения пространства большей размерности на двумерное пространство» (экрана, бумаги и др.), *геометрическое моделирование* — это «информационная технология создания геометрической составляющей электронной модели изделия путем преобразования данных из пространства меньшей размерности в пространство большей размерности». В контексте этих определений *начертательная геометрия*, которая долгое время в инженерном образовании сохраняла статус предисловия к черчению, и с появлением САД-систем была объявлена «умирающей наукой» [2], приобретает особое значение «теоретического базиса информационной технологии генерации геометрической информации».

Тем не менее, одной из магистральных тенденций реорганизации графического образования является полный или частичный отказ от решения задач при помощи проекций [3, 4]. При таком подходе пространственные задачи сразу формулируются в пространственных терминах: построение точек по координатам превращается в построение точек, вместо их проекций; построение перпендикуляра к плоскости — построение нормали к поверхности без предварительного выбора фронтали и горизонтали; определение натуральной величины — просмотр свойств трехмерного отрезка вместо использования алгоритмов прямоугольного треугольника и др. Изучение проекционных изображений, как того требует образовательный стандарт, осуществляется путем проецирования трехмерных объектов на плоскость. Аргументом в пользу такого подхода считается *большая наглядность* трехмерных моделей и лучшее развитие *пространственного воображения*. Главная опасность этого подхода заключается в том, что интерактивные модели, которые можно рассматривать с разных сторон, не тренируют абстрактно-логическое мышление, не делают проекционный чертеж и, соответственно, проектную документацию понятнее, не углубляют значение геометрических свойств объектов, принципов проектной деятельности, обязательными этапами которой являются анализ данных задачи и конструктивный синтез решения.

Другая тенденция состоит в параллельном рассмотрении методов геометрического моделирования в синтетическом (конструктивном) и аналитическом изложении [5]. Первые попытки такого соединения проводились еще в 60-х гг [6]. Главным недостатком такого подхода, не решенным в полной мере и на сегодняшний день, является опасность преобладания аналитической геометрии над конструктивной ввиду сложности и громоздкости конструктивных алгоритмов и простоты организации вычислений на современных ЭВМ. Достоинством такого подхода является фундаментальная полнота геометрического подхода, поскольку аналитический и синтетический методы геометрического моделирования взаимно дополняют и обогащают друг друга [7, 8], в частности, в вопросах многомерного моделирования [9] или моделирования мнимых геометрических объектов [10]. Однако в условиях снижения числа учебных часов и недостаточном развитии средств автоматизации конструктивного геометрического моделирования такое соединение не в ущерб графическому образованию практически невозможно.

Последнее направление, которое необходимо отметить, состоит в создании и использовании средств автоматизации конструктивного геометрического моделирования. Такая автоматизация возможна на базе САПР AutoCAD при использовании специальных подпрограмм [11, 12], реализующих наиболее трудоемкие построения в виде графических макрокоманд, или с использованием системы «Симплекс» [13-16] (рис. 1), позволяющей автоматизировать построения и группы построений и реализовывать на их основе решение задач моделирования сложных типов движений плоскости и пространства, развертывания поверхностей, моделирования оболочек ключевыми способами и др. К этому направлению относится комплекс разработок, проводимых в ИГЭУ и связанных с созданием систем компьютерного решения геометрических задач и компьютерной верификации решений [17-18] (рис. 2). В целом, данное направление в наибольшей степени сохраняет все преимущества конструктивного, в частности, проекционного моделирования, и достоинства современных компьютерных систем и САПР. Основным научным и прикладным резервом данного направления является богатство геометрических методов решения прикладных и научных проблем, накопленное за годы существования и развития отечественной геомет-

рической школы. Основными трудностями для широкого внедрения этого направления в геометрическое образование являются:

- недостаток часов, которых едва хватает для изучения минимального обязательного содержания курса графических дисциплин, что весьма ограничивает возможность изучать интерфейсы и принципы работы в новых программах;
- недостаточная интеграция методов автоматизированного конструктивного моделирования с промышленными CAD-системами, что создает сложность использования результатов, полученных конструктивным способом, в прикладных задачах моделирования деталей и сборок, хотя в этом направлении наметились положительные сдвиги [14, 15].

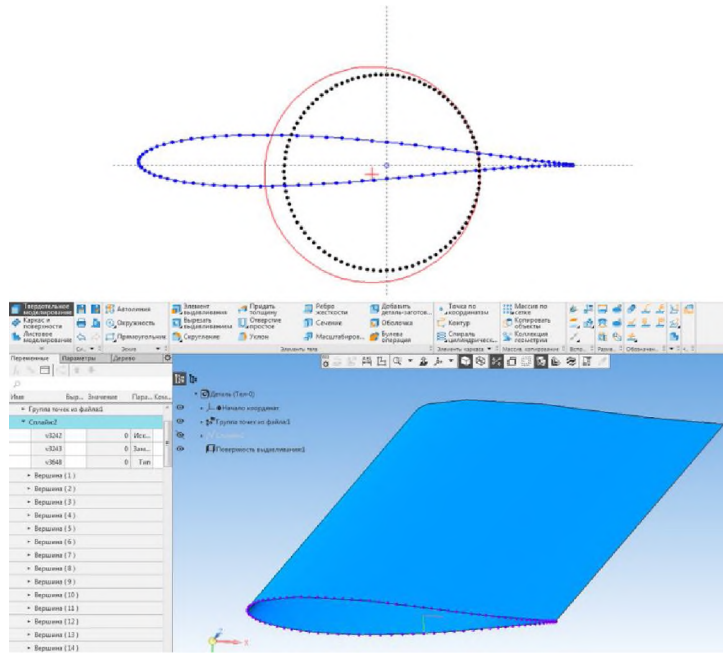


Рис. 1. Кривая профиля Жуковского в системе Симплекс и созданный на ее основе фрагмент поверхности крыла в системе Компас [14]

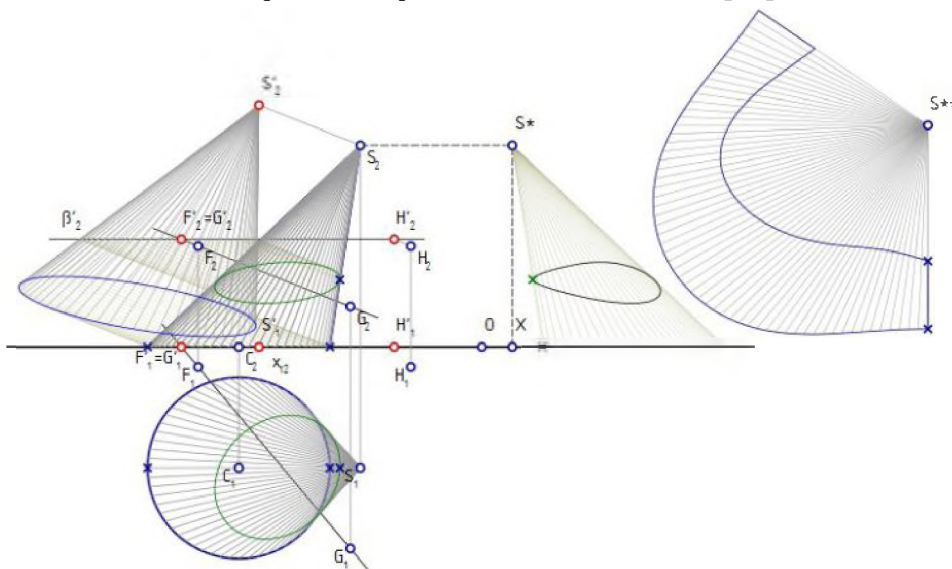


Рис. 2. Построение развёртки боковой поверхности конуса, усеченного плоскостью общего положения  $FGH$

В заключение хочется отметить, что «эйфория» САПР, связанная с повсеместным внедрением систем T-Flex, AutoCAD, Компас и др. в учебный процесс на гео-метро-графических кафедрах и ставшая причиной призывов к отказу от начертательной геометрии, сменилась вдумчивым поиском путей интеграции теоретических основ формирования изображений (начертательной геометрии), технического рисунка с возможностями САД-систем, призванных автоматизировать, а не заменить знание геометрии у будущих инженеров. Как результат, возрос интерес к конструктивному геометрическому моделированию и стали появляться соответствующие программные системы и примеры их применения в прикладных задачах.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Попов Е. В., Ротков С. И.* Кратко о сути компьютерной геометрии и графики // Проблемы качества графической подготовки студентов в техническом вузе: традиции и инновации. Пермь, 2016. Вып. 3. С. 62-67
2. *Тунаков А.* Начертили и забыли // Поиск. 2007. № 10-11.
3. *Хейфец А. Л.* Начертательная геометрия как “бег в мешках” [Электронный ресурс]. URL: <http://dgng.pstu.ru/conf2015/papers/72/>
4. *Соколова Л. С.* Геометрическая подготовка бакалавров в условиях ухода классического чертежа из современного высокотехнологичного производства [Электронный ресурс]. URL: <http://dgng.pstu.ru/conf2016/papers/33/>
5. *Иванов Г.С.* Начертательная геометрия. М.: ФГБОУ ВПО МГУЛ, 2012.
6. *Котов И.И.* Аналитическая геометрия в пространстве и начертательная геометрия поверхностей. М.: МАИ, 1968. 148 с.
7. *Иванов Г. С.* Теоретические основы начертательной геометрии / Г. С. Иванов. М.: Машиностроение, 1998. 158 с.
8. *Панчук К. Л., Ляшков А. А.* Геометрическое моделирование. Теоретический, инструментальный и образовательный аспекты // Всероссийское совещание зав. кафедрами инженерно-графических дисциплин технических вузов. Ростов-на-Дону: ДГТУ, 2015.
9. *Иванов Г.С., Дмитриева И.М.* Принцип двойственности – теоретическая база взаимосвязи синтетических и аналитических способов решения геометрических задач // Геометрия и графика. М.: Инфра-М, 2016. Т. 4. Вып. 3. С. 3-10.
10. *Гириш А.Г., Короткий В. А.* Графические алгоритмы реконструкции кривой второго порядка, заданной мнимыми элементами. // Геометрия и графика. М.: Инфра-М, 2016. Т. 4. №. 4. С. 19-30. DOI: 10.12737/22840
11. *Короткий, В.А.* Универсальный компьютерный коникограф / В.А. Короткий, Л.И. Хмарова // Графикон'2016 Труды 26-й Международной научной конференции. 2016. С. 347-351.
12. *Хейфец А. Л.* Геометрическая точность компьютерных алгоритмов конструктивных задач [Электронный ресурс]. URL: <http://dgng.pstu.ru/conf2016/papers/74/>
13. *Волошинов Д. В.* Конструктивное геометрическое моделирование / Д. В. Волошинов. Saarbrücken: Lambert Academic Publishing, 2010. 355 с.
14. *Никифоров П. В.* Получение кривой теоретического профиля Жуковского для создания 3D-модели поверхности крыла [Электронный ресурс]. URL: <http://dgng.pstu.ru/conf2017/papers/62/>
15. *Никифоров П. В.* «Виртуальный циркуль» как средство разработки функций САПР [Электронный ресурс]. URL: <http://dgng.pstu.ru/conf2017/papers/68/>
16. *Волошинов Д. В.* Геометрическая лаборатория. Новый геометрический инструмент [Электронный ресурс]. URL: <http://dgng.pstu.ru/conf2017/papers/60/>

17. *Бойков А. А., Федотов А. М.* Автоматическая проверка решений задач инженерной геометрии // Графикон'2016 Труды 26-й Международной научной конференции. 2016. С. 352-356.

18. *Бойков А. А.* О трехмерном моделировании и начертательной геометрии в свете возможностей современных компьютерных систем // Проблемы качества графической подготовки студентов в техническом вузе: традиции и инновации. 2015. Т. 1. С. 361-376.

УДК 514.115, 514.18, 004.92

*А. А. Бойков, П. А. Чернова*

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

### **РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ НАЧЕРТАТЕЛЬНОЙ ГЕОМЕТРИИ СКЛАДЫВАНИЕМ ЛИСТА БУМАГИ (ОРИГАМИ-ГЕОМЕТРИЯ)**

В статье предлагается метод решения задач начертательной геометрии на основе оригами-построений вместо традиционных циркуля и линейки - описывается созданный комплекс геометрических подпрограмм.

**Ключевые слова:** Начертательная геометрия, решение задач, оригами, геометрические построения.

*A. A. Boykov, P. A. Chernova*

### **SOLVING OF THE DESCRIPTIVE GEOMETRY PROBLEMS WITH USE THE FOLDED-PAPER CONSTRUCTIONS (ORIGAMI)**

The article describes the method of solving of descriptive geometry problems based on using folded-paper (origami) constructions instead of traditional compass-and-straightedge. The developed graphical subroutines are shown.

**Keywords:** descriptive geometry, solving of the problems, origami, geometrical constructions.

Один из разделов геометрии – теория геометрических построений – занимается теоретическими исследованиями в области возможности решения тех или иных задач тем или иным набором геометрических инструментов [1, 2]. Исследования в области геометрических построений имеют несомненную теоретическую значимость в области оснований геометрии. Их практическая ценность состоит в создании алгоритмов решения прикладных задач с использованием того или иного набора инструментов. В классической геометрии для решения задач на построение используют циркуль и линейку [1, 2, 3], хотя известны различные специальные инструменты, позволяющие на практике выполнять более сложные построения и решать задачи, не разрешимые при помощи циркуля и линейки (эллипсограф, циклограф, невсис, мезолябия и др.). В настоящее время ценность алгоритмов, которые могут быть реализованы при помо-



щи простых геометрических инструментов, состоит в возможности выражения решения в этом случае рациональными числами, и при помощи систем символьной математики получать предельно точные решения (округление выполняется лишь на финальном этапе) [4].

Другой подход к решению геометрических задач связан с техникой складывания бумаги (оригами) [5], основу которого составляют семь правил складывания (правила Фудзиты). В публикациях, посвященных применению оригами в контексте начертательной геометрии (НГ), складывание бумаги используется для иллюстрации образования комплексного чертежа ([6] и др.). В настоящей работе оригами-построения использованы для решения задач НГ.

Задачи НГ решаются при помощи циркуля и линейки (ЦЛ), поэтому для их решения достаточно правил 1-5 (табл. 1).

Как известно, правило 6 позволяет графически решать алгебраические уравнения третьей степени [5], что невозможно для ЦЛ. Два постулата и пять правил Фудзиты были реализованы в виде составных построений (табл. 1) для интерпретатора графических команд, разработанного в ИГЭУ [7]. Это позволило рассмотреть решение задач НГ с помощью оригами-построений (рис. 1) [8].

Таблица 1. Реализация постулатов и правил Фудзиты

Наименование	Описание	Реализация	Рисунок
Постулат 1	Построение точки P на пересечении складок a и b	sub post1 (a, b) P = pab(a, b) ret (P) end sub	
Постулат 2	Построение точки P, симметричной точке A относительно складки l	sub post2 (l, A) t = soa (l, A) T = pab (l, t) t = sab (A, T) P = psp (t, 2) ret (P) end sub	
Правило 1	Построение складки s через две точки A и B	sub fudz1 (A, B) s = sab(A, B) ret(s) end sub	
Правило 2	Построение прямой s, перпендикулярной отрезку AB и проходящей через его середину	sub fudz2 (A,B) c1 = ccx(A,B) c2= ccx(B,A) [Q,R] = p2c (c1,c2) s = sab(Q,R:true) ret(s) end sub	

Наименование	Описание	Реализация	Рисунок
Правило 3	Построение складки $s$ , которая является биссектрисой угла между складками $a$ и $b$	$\text{sub fudz3 (a, b)}$ $F = \text{pab}(a, b)$ $c = \text{ccx}(F, R)$ $[Q, R] = \text{pac}(a, c)$ $[S, \_] = \text{pac}(b, c)$ $s1 = \text{fudz2}(Q, S)$ $s2 = \text{fudz2}(R, S)$ $\text{ret}(s1, s2)$ $\text{end sub}$	
Правило 4	Построение складки $s$ , перпендикулярной складке $a$ через точку $A$	$\text{sub fudz4 (A, a)}$ $c = \text{ccx}(A, R)$ $[R, S] = \text{pac}(a, c)$ $s = \text{fudz2}(R, S)$ $\text{ret}(s)$ $\text{end sub}$	
Правило 5	Построение складки $s$ , которая позволяет найти точки пересечения окружности с центром в точке $A$ , проходящей через точку $B$ , со складкой $a$	$\text{sub fudz5 (A, B, a)}$ $c = \text{ccx}(B, A)$ $[Q, T] = \text{pac}(a, c)$ $s1 = \text{fudz2}(Q, A)$ $s2 = \text{fudz2}(T, A)$ $\text{ret}(s1, s2)$ $\text{end sub}$	

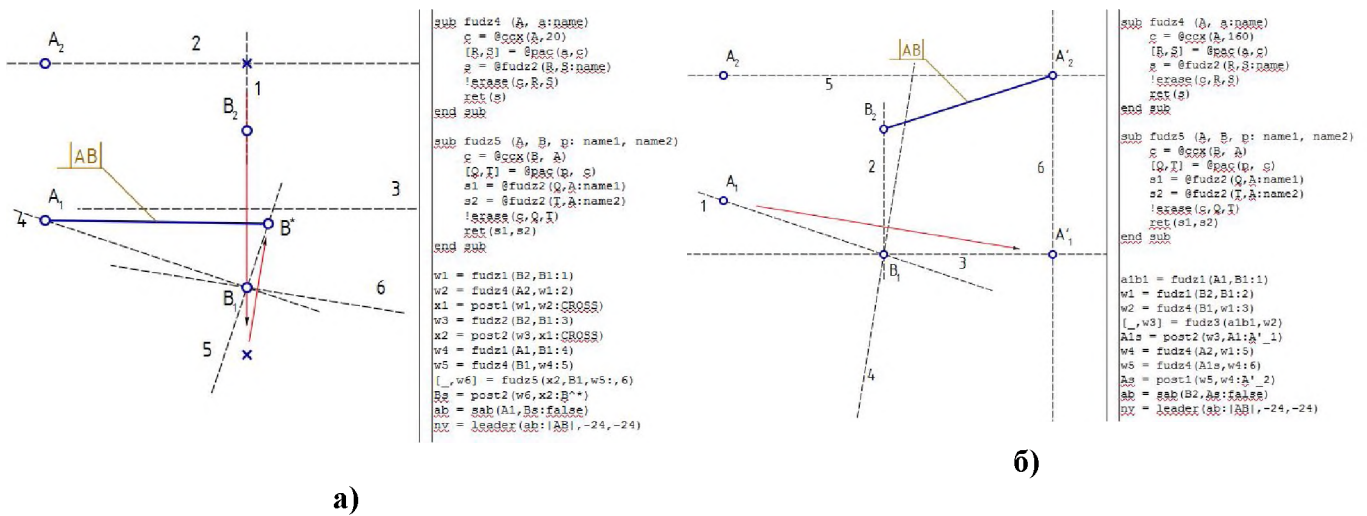


Рис. 1. Решение задачи о нахождении натуральной величины отрезка:

- а — по аналогии с правилом прямоугольного треугольника;
- б — по аналогии с вращением вокруг проецирующей прямой

Данный подход существенно расширяет понимание геометрических основ НГ, показывая, как задачи моделирования объектов трехмерного пространства решаются «плоским» складыванием листа бумаги.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Четверухин Н. Ф. Методы геометрических построений. – 1952. – 148 с.
2. Адлер А. Теория геометрических построений. Л., Учпедгиз, 1940. – 232 с.
3. Баландин М. Введение в построения циркулем и линейкой. Новосибирск. – 49 с.
4. Селиверстов А. В. Начертательная геометрия для преподавания математики [Электронный ресурс]. URL: <http://dgng.pstu.ru/conf2017/papers/22/>
5. Баландин М. Аксиоматика Фудзиты и геометрические построения. Новосибирск, 2015. – 82 с.
6. Иванова Е. А. Возможности использования оригами-моделей в процессе преподавания дисциплины «Начертательная геометрия» // Вопросы современной науки и практики. №11(25). 2009. – С. 40-44.
7. Бойков А. А. Средства автоматизации геометрических построений // XII международная науч.-техн. конференция студентов, аспирантов и молодых ученых «Энергия-2017». Иваново, ИГЭУ. 2017. Т. 5. – С. 188-189.
8. Чернова П. А. Решение задач курса начертательной геометрии с помощью оригами-построений // XII международная науч.-техн. конференция студентов, аспирантов и молодых ученых «Энергия-2017». Иваново, ИГЭУ. 2017. Т. 5. – С. 223.

УДК 621.396.2

*П. А. Будко, Ю. Н. Островский, А. М. Винограденко*

ФГК ВОУ ВО «Военная академия связи им. Маршала Советского Союза С.М. Буденного»

## **КОМПЛЕКСНЫЙ ПОДХОД В ОСВОЕНИИ СПЕЦИАЛЬНОЙ ТЕХНИКИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИННОВАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

Проведен анализ проблем обучения современным образцам специальной техники. Предложено использование комплекса учебно-тренировочных средств, предназначенного для отработки операций управления сложными техническими системами.

**Ключевые слова:** Информатизация, компетентность, комплекс учебно-тренировочных средств.

*P. A. Budko, Y. N. Ostrovsky, A. M. Vinogradenko*

## **AN INTEGRATED APPROACH TO THE DEVELOPMENT OF SPECIAL TECHNIQUES WITH THE USE OF INNOVATIVE TECHNOLOGIES**

The analysis of the problems of teaching modern models of special equipment. Proposed the use of complex training tools for practice management operations for complex technical systems.

**Keywords:** computerization, competence, complex of training facilities.

**Введение.** Информатизация общества оказывает значительное влияние на образование, которое перестает быть средством усвоения готовых общепризнанных знаний и превращается в способ информационного обмена личности с окружающими людьми,

обмена, который предполагает не только усвоение, но и передачу, представление, генерирование информации в обмен на полученную. Это превращение предполагает глубокое изменение подходов к содержанию образования на основе изучения новых технологий обучения, которые становятся средствами предъявления, обработки и усвоения информации.

Существует и обратное влияние, когда знание технологий, умелое их использование создают реальные возможности для включения в подготовку специалиста принципиально иного содержания, ранее недоступного для применения в процессе обучения.

Осуществление социальных и экономических реформ сделало необходимым и возможным построение в Российской Федерации информационного общества, что ставит перед системой образования задачу формирования информационной культуры у всех граждан страны и делает информатизацию отрасли одним из важнейших направлений реформы образования. Поиск оптимальных путей компьютеризации в сфере образования и педагогической науке в настоящее время привлекает повышенное внимание не только ученых: педагогов, психологов, дидактов, методистов, специалистов по вычислительной технике и информатике, но и многочисленных практических работников системы образования.

#### **Противоречия в процессе подготовки специалистов.**

К настоящему времени в России и других странах проведен ряд серьезных исследований, посвященных раскрытию многообразных аспектов процесса подготовки будущих специалистов в различных областях профессиональной деятельности, в том числе в военной сфере, МЧС. Однако, несмотря на огромный интерес исследователей, проблема формирования профессиональной компетентности у будущих специалистов в вузах МЧС остается весьма актуальной. Таким образом, в настоящее время существует потребность в разрешении объективно сложившегося противоречия между необходимостью формирования профессиональной компетентности у будущих специалистов в вузах МЧС при изучении специальных дисциплин и ограниченными возможностями ее удовлетворения путем использования традиционных дидактических средств и моделей обучения студентов и курсантов.

С учетом необходимости разрешения этого противоречия авторами статьи была выбрана задача выявить педагогические условия формирования профессиональной компетентности у будущих специалистов МЧС средствами информационных технологии обучения в процессе изучения специальных дисциплин и предложить подход к комплексному обучению специалистов МЧС с использованием современных инновационных подходов.

#### **Анализ проблем обучения современным образцам специальной техники.**

Существующий на сегодняшний день подход к обучению специалистов, работающих на сложном оборудовании, основан на традиционных методиках, использующих логическую последовательность связанных текстовых, графических и мультимедийных материалов. В свою очередь сложность проведения обучения на реальных эксплуатируемых аппаратах обуславливается рисками возможных аварий или поломками дорогостоящего оборудования. Для повышения эффективности подготовки специалистов предлагается использование комплекса учебно-тренировочных средств (КУТС) (рис. 1), предназначенного для отработки операций управления сложными техническими системами. В их основу положены методики обучения, опирающиеся на интерактивное взаимодействие обучаемого специалиста (оператора) с этими средствами.



Рис. 1. Алгоритм процесса обучения с использованием КУТС

Перечисленные трудности подчеркивают актуальность задачи разработки и усовершенствования технических средств и тренажеров по подготовке специалистов.

Одним из возможных путей решения поставленной задачи повышения эффективности подготовки является внедрение комплексов учебно-тренировочных средств на основе инновационных технологий.

**Методика комплексного обучения специалистов МЧС с использованием современных инновационных подходов.**

Существуют различные пути решения задачи повышения эффективности подготовки (рис. 2):

1. Разработка комплексов дополненной реальности;
2. Разработка комплексов дополненной виртуальности;
3. Разработка комплексов виртуальной реальности – 3D фильмы.



Рис. 2. Континуум «виртуальность – реальность»

КУТС представляет собой совокупность информационно и технически взаимосвязанных программно-аппаратных средств обучения и тренажа для повышения эффективности процесса подготовки, а также снижения финансово-экономических затрат на поддержание учебно-материальной базы. Таким образом, начальную подготовку будущих специалистов следует проводить на специально разработанных тренажерах.

Для повышения эффективности подготовки специалистов в разрабатываемых КУТС, помимо традиционных задач повышения наглядности, сознательности и активности, используются такие специфические приемы как (рис. 3): интерактивность, нелинейность информационных структур и потоков, потенциальная избыточность информации.

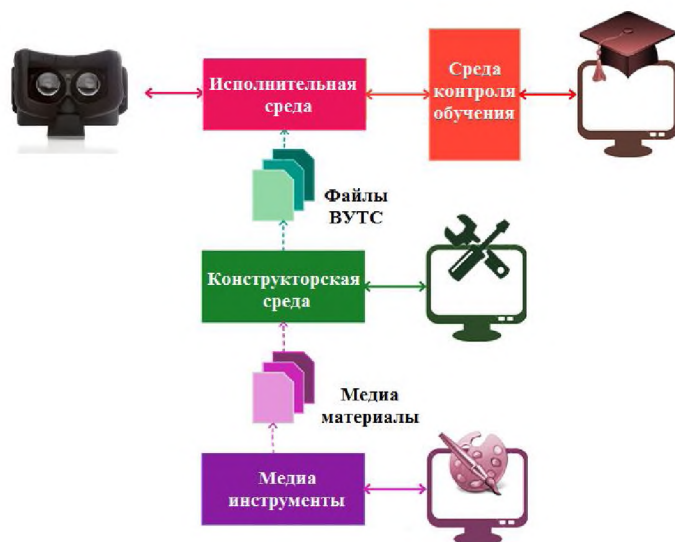


Рис. 3. Исследование средств и методов построения имитационных систем

**Вывод.** На основании изложенного можно сделать вывод о том, что КУТС обеспечивает реализацию всего цикла подготовки специалистов, при этом использование данных технологий позволяет не только сократить время подготовки, но и повысить качество усвоения материала за счет глубокого погружения в процесс обучения, а также значительно экономит соответствующие ресурсы реальных образцов техники. При этом, благодаря единому автоматизированному рабочему месту, упрощаются процедуры контроля обучаемых, ведения отчетности и параллельного взаимодействия преподавателя с группой операторов.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Будко П.А., Винограденко А.М., Островский Ю.Н., Платонов С.Н. и др. Электронный визуализированный обучающий комплекс «Электростанция «Багаж»». Навигатор в мире науки и образования. 2017. № 1 (34). – С. 638-645.
2. Будко П.А., Винограденко А.М., Гайнуллин Р.Р., Гункин К.Ю., Михайлов А.Ю., Кашикиров А.А., Чихачев А.В. Электронный учебник «Электропитание устройств и систем телекоммуникаций». Навигатор в мире науки и образования. 2017. № 1 (34). – С. 606-610.
3. Будко П.А., Винограденко А.М., Тимошенко Л.И. Программно-аппаратный комплекс тренажеров техники связи для системы специальной подготовки личного состава войск связи. Программное и методическое обеспечение тренажера радиостанции Р-173. Том 1. Часть 6. Ставрополь, 2008.

УДК 378.147

*А. С. Бутрин, Ж. Ф. Гессе*

ФГБОУ ВО «Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России»

### **САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА ОБУЧАЮЩИХСЯ НА ЗАНЯТИЯХ ПО ДИСЦИПЛИНЕ «МЕТРОЛОГИЯ, СТАНДАРТИЗАЦИЯ И СЕРТИФИКАЦИЯ»**

В работе обсуждается методика работы с документацией в рамках изучения стандартизации на различных уровнях.

**Ключевые слова:** учебный процесс, самостоятельная работа обучающихся, стандартизация.

*A. S. Butrin, Zh. F. Gesse*

### **INDEPENDENT WORK OF STUDENTS ON «METROLOGY, STANDARDIZATION AND CERTIFICATION» CLASSES**

The paper discusses the working methodology with documentation during standardization studying at various levels.

**Keywords:** educational process, independent work of students, standardization.

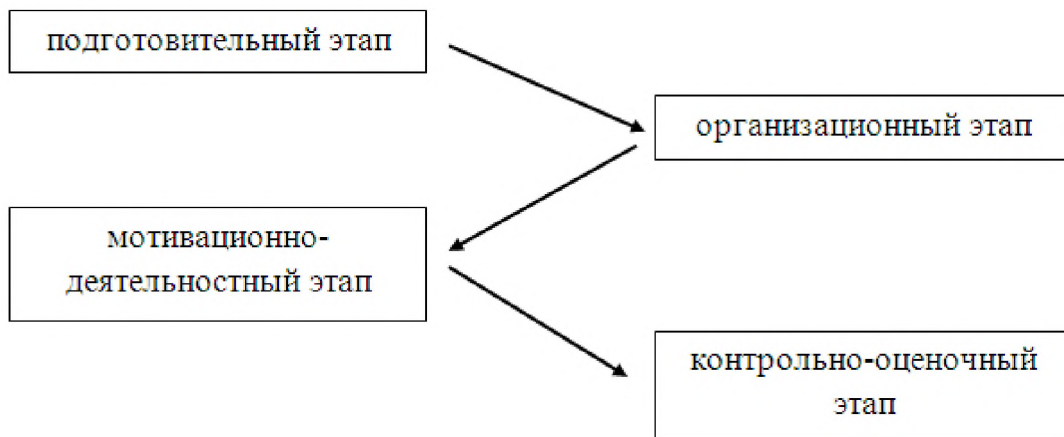
Ритм жизни современного общества предполагает необходимость динамичного развития человека, его совершенствование, образование и самообразование для своевременной адаптации к изменяющимся условиям жизни. При этом современное образование диктует обязательным условием для выпускника хорошо отлаженные навыки самостоятельной работы. Поэтому цели, которые ставят преподаватели в рамках деятельностного подхода, состоят в том, чтобы научить обучающихся самостоятельно работать с учебным и справочным материалом при решении расчетных, ситуативных и реальных задач, где нужно продемонстрировать знания конкретных дисциплин, развить творческие способности и поисковые навыки.

Самостоятельная работа – это планируемая учебная и научная работа, выполняемая по заданию преподавателя под его методическим и научным руководством [1]. Самостоятельная работа помимо аудиторных часов, включает в себя и внеаудиторные занятия, а именно подготовку к аудиторным занятиям и выполнение заданий по итогам лекционных, семинарских, практических, лабораторных занятий, выполнение расчетно-графических, контрольных и курсовых работ, прохождение практик, участие в конференциях различного уровня, как заключительный этап, подготовка к итоговой аттестации и выполнение выпускной квалификационной работы.

Самостоятельная работа обучающихся в ВУЗе носит комплексный и усложняющийся характер. Если на первых годах обучения в основном преподаются общие дисциплины, то на более старших курсах изучению подлежат уже специальные дисциплины прикладного назначения, обеспечивающие главное условие, обеспечивающее успешное выполнение самостоятельной работы – мотивацию.

Проблема организации самостоятельной работы обучающихся не нова. Обучающиеся при правильной постановке преподавателем задачи, при имеющемся четком алгоритме выполнения работы и известных формах отчетности, при установленных сроках работ, критериях оценки, виде контроля, при фиксированном времени, отводимом для консультаций, владеют всей необходимой и достаточной информацией для выполнения самостоятельной работы по учебным дисциплинам. При этом следует отметить тот факт, что самостоятельная работа может быть индивидуализирована в зависимости от графика обучения.

В общем случае этапы выполнения самостоятельной работы показаны на рисунке.



**Рисунок.** Основные этапы самостоятельной работы обучающихся

Образование (самообразование) должно быть непрерывно. Ключевым аспектом в процессе непрерывного образования является изучение нормативной документации в сфере своей области деятельности. Так, в случае преподавателя – это, прежде всего, изучение Федерального закона «Об образовании в Российской Федерации», в случае специалиста в области пожарной безопасности – это Федеральный закон «О пожарной безопасности» и т.д. При изучении многих дисциплин (дисциплин, касающихся правового регулирования, государственного надзора; химии, физики и многих других) необходимо владеть базовыми знаниями нормативных документов, нормативно-правовых актов. Это объясняется имеющимися межпредметными связями с одной стороны, а с другой стороны наличием при изучении каждой дисциплины вопросов, регулируемых законодательством РФ.

При изучении темы «Стандартизация» по дисциплине «Метрология, стандартизация и сертификация» на практическом занятии обучающимся выдается набор документов (ГОСТ, ТР, ТУ, СНиП и т.д.) и предлагается составить общий план характеристики документа, начиная от его названия и вида (типа), года принятия и заканчивая, характером применения. Задание по своей сути достаточно простое и вместе с тем носит творческий характер, что затрудняет его выполнение. Учитывая различные типы мышления обучающихся, подобные задания рекомендуется выполнять в малых группах для объединения разносторонних взглядов.

Одной из проблем у обучающихся является корректное оформление списка литературы. Поэтому в рамках темы «Стандартизация» обучающимся предлагаются к выполнению такие задания, как: Проанализировать Межгосударственный стандарт



ГОСТ 7.1-2003 «Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Библиографическая запись. Библиографическое описание. Общие требования и правила составления» и Национальный стандарт РФ ГОСТ Р 7.0.11-2011 «Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Диссертация и автореферат диссертации. Структура и правила оформления». Оформить предложенный список литературы. Результат внести в таблице. Примечание: Недостающие данные выбирать произвольно. При этом обучающиеся могут работать как над предложенным списком литературы, так и над своим (по выбору).

*Таблица. Список литературы*

ГОСТ 7.1-2003	ГОСТ Р 7.0.11-2011
книги	
законодательные материалы	
стандарты	
отчеты о научно-исследовательской работе	
и т.д.	

Существует много вариантов данного задания (найти общее и отличное в стандартах, проанализировать области применения стандартов), которое ориентировано на изучение, сравнительный анализ межгосударственных и национальных стандартов, формирование навыков работы с документами и т.д.

Необходимо особо подчеркнуть, что изучение нормативных документов и нормативно-правовых актов в рамках (само)образования является наиболее сложным и трудоемким. Однако это необходимо для подготовки высококвалифицированных выпускников ВУЗа, качество образования которых определяется не только педагогическим мастерством преподавателей, но и разносторонностью, начитанностью, эрудированностью обучающихся, а также их осознанием необходимости овладения знаниями, формирования практических навыков.

Азы формирования навыков самостоятельной работы формируются именно в ВУЗе. А в условиях непрерывного образования при прохождении работником (сотрудником) курсов повышения квалификации или профессиональной переподготовки навыки планировать свою работу самостоятельно занимают лидирующую позицию.

Несомненным плюсом активизации самостоятельной работы на занятиях является смена роли преподавателя и обучающегося: преподаватель выполняет роль консультанта, а студентам предоставляется большая самостоятельность.

Таким образом, использование различных заданий для организации самостоятельной работы обучающихся дает широкие возможности дифференциации и индивидуализации учебной деятельности.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Тумова Г.Ю.* О технологии и организации самостоятельной работы студентов // Вестник ТГПУ. 2015. № 1 (91).- С. 123-126.

УДК 378

*И. И. Ведерникова, Н. В. Третьякова*

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

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НОВЫХ ФОРМ ЛЕКЦИЙ ПРИ ИЗУЧЕНИИ ДИСЦИПЛИНЫ «МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ»**

В работе раскрываются роль и место лекции в ВУЗе, даются характеристики различных форм лекций, представлены результаты реализации использования некоторых новых организационных форм лекций.

**Ключевые слова:** Инновация, лекция, организационная форма, лекция-визуализация, лекция с запланированными ошибками, лекция пресс-конференция, активизация мышления

*I. I. Vedernikova, N. V. Tretiyakova*

## **USING OF NEW LECTURE TYPES AT STUDYING DISCIPLINE «MATERIALS SCIENCE»**

The article reveals the role and place of a lecture at university, gives the characteristics of various types of lectures, presents the results of implementing some new organizational types of lectures.

**Keywords:** innovation, lecture, organizational type, lecture-visualization, lecture with planned errors, press conference lecture, activation of thinking

Проблема высшего образования многоаспектна. Образование в области естественных наук менее подвержено изменениям из-за динамики общественной жизни в отличие от большинства гуманитарных дисциплин. Однако традиционно высшее образование при любых обстоятельствах отличается своей основательностью, фундаментальностью.

Методика преподавания дисциплины неизбежно многоуровневая. Первый уровень – это наука, подчиняющая себе весь педагогический процесс на основе диалектического взаимодействия и взаимопроникновения педагогики (теории образования) и дидактики (теории обучения). Второй уровень – учение (научная дисциплина) о методах обучения и воспитания, закономерностях обучения. Третий уровень – закрепленная сумма приемов и организационных мер по изучению конкретной учебной дисциплины (группы дисциплин). Поэтому наряду с теорией методики есть как общая методика преподавания, так и специфические (частные) методики преподавания группы дисциплин, отдельной дисциплины, ее разделов и даже отдельных тем.

Традиционные методики преподавания на сегодняшний день остаются распространёнными и представляет собой обучение знаниям, умениям и навыкам по схеме: изучение нового – закрепление – контроль – оценка. К таким методикам обычно относят: лекции, семинарские и практические занятия, самостоятельная работа студентов, а также различные формы проведения контроля и оценки знаний студентов.

Современные учебные лекции принято делить на три вида обзорные, проблемные и предметные. Если обзорная лекция направлена на восстановление прежних знаний или знакомство с каким-то еще не изученным или мало знакомым материалом для формирования целостного знания, то проблемная Современные учебные лекции принято делить на три вида обзорные, проблемные и предметные. Если обзорная лекция направлена на восстановление прежних знаний или знакомство с каким-то еще не изученным или мало знакомым материалом для формирования целостного знания, то проблемная — подает материал как проблему, комплекс проблем, палитру разнообразных точек зрения на ту или иную сторону современной экономической жизни, при этом — готового выхода из проблемы нет. Его надо искать вместе и преподавателю, и студентам. Подает материал как проблему, комплекс проблем, палитру разнообразных точек зрения на ту или иную сторону современной жизни промышленности, при этом — готового выхода из проблемы нет. Его надо искать вместе и преподавателю, и студентам.

В жизни современной высшей школы важное место занимает лекция, которая является главным звеном дидактического цикла обучения. Назначение лекции состоит в подготовке студентов к самостоятельной работе с книгой, ее цель – формирование ориентировочной основы для последующего усвоения студентами учебного материала. Опыт показывает, что отказ от лекций снижает научный уровень подготовки студентов, нарушает системность и равномерность работы в течение семестра. В 30-е гг. в некоторых вузах в порядке эксперимента прекратили читать лекции, это привело к резкому снижению уровня знаний у студентов.

Преимуществами лекции являются: творческое общение лектора с аудиторией, сотворчество, эмоциональное взаимодействие; активизация мысленной деятельности; развитие активного внимания студентов.

В условиях реализации традиционного подхода к образованию используется *информационная* вузовская лекция. Информационная лекция представляет собой последовательное изложение материала в логике конкретной науки, которое осуществляется преимущественно вербальными средствами в виде монолога преподавателя.

Развитие отечественной образовательной системы в направлении системно-деятельностного подхода, тенденция к ориентации на отдельного человека, на реализацию его творческих способностей и самостоятельной деятельности обусловили разработку и появление новых лекционных форм, таких как проблемная лекция, лекция вдвоем, лекция-визуализация, лекция пресс-конференция, лекция с запланированными ошибками. Предлагаемые лекционные варианты могут успешно дополнять традиционную информационную лекцию, будучи использованными в полном объеме лекционного времени на одном или нескольких занятиях либо как элементы традиционной формы на части занятия.

При преподавании дисциплины «Материаловедение» использовались некоторые из предлагаемых форм лекций.

*Лекция-визуализация* – результат поиска новых возможностей реализации принципа наглядности. Визуализованная лекция представляет собой устную информацию, преобразованную в визуальную форму для предъявления студентам через технические средства или вручную. На лекции используются различные формы наглядности: натуральные (минералы, образцы после различных испытаний и воздействий, детали машин); изобразительные (слайды, рисунки, фото); символические (схемы, таблицы).

Следует отметить некоторые сложности при реализации данной формы лекции: не все лекционные аудитории оснащены техническими средствами; на больших потоках практически невозможно использование натуральных образцов, особенно с малыми размерами.

*Лекция с запланированными ошибками* призвана активизировать внимание студентов, развивать их мыслительную деятельность, формировать умения выступать в роли экспертов, рецензентов и т.д. В лекцию заложено определенное количество ошибок содержательного характера. Студенты по ходу лекции должны отмечать и фиксировать ошибки. Такая лекция одновременно выполняет стимулирующую, контрольную и диагностическую функцию, помогая диагностировать трудности усвоения предыдущего материала.

В курсе «Материаловедение» данная форма использовалась при подготовке лекции по теме «Чугуны». Были запланированы явные ошибки, которые должны быть отмечены студентами;

– одна часть фразы противоречит другой:

«Микропустоты, заполненные графитом, являются *демпферами*, поэтому чугун плохо гасит вибрации»;

«Пониженное содержание углерода в ковких чугунах необходимо для обеспечения графитизации при затвердевании отливки» (известно, что углерод способствует графитизации);

– студентам известны свойства структурных составляющих чугунов: перлита (высокая прочность и низкая пластичность) и феррита (низкая прочность и высокая пластичность):

«Прочность и *пластичность* чугунов с перлитной основой выше, чем чугунов с ферритной основой»

Результат такой лекции оказался отрицательным: студенты самостоятельно не нашли ошибок ни в конце лекции, ни на следующем занятии. Для поиска ошибок потребовались подсказки преподавателя. При этом на лекции была правильно определена металлическая основа чугунов КЧ 33-8 и КЧ 63-2 (первое число показывает характеристику прочности, второе – пластичности).

Можно сделать вывод, что студенты не совсем готовы к такой форме лекций, они или привыкли полностью доверять информации, которую дает преподаватель (по словам студентов), или недостаточно внимательны и не запоминают информацию, полученную ранее.

*Лекция пресс-конференция* позволяет развивать и совершенствовать готовность студентов к открытому самовыражению, вступать в контакт с выступающим. Студенты задают преподавателю письменно вопросы по заданной теме. Лекция излагается как связный текст, в процессе изложения которого формулируются ответы. В конце лекции преподаватель проводит анализ ответов как отражение интересов и знаний студентов.

Такую лекцию можно проводить: в начале курса с целью выявить круг интересов и возможности студентов; в середине – для систематизации знаний; в конце – для определения перспектив развития, усвоенного содержания.

В такой форме проведена лекция по теме «Технология термической обработки». Приняли участие около 60 % студентов. Охвачен широкий круг вопросов по различным видам обработки, чувствуется интерес студентов к предложенной теме.

Недостаток такой формы лекции в том, что в работу вовлечена только часть аудитории (активные студенты), остальные выступают в роли зрителей, для них лекция остается информационной.

Для получения студентами в процессе обучения индивидуально-личностного результата, значимого для развития личности и ее самореализации необходимо использовать имеющиеся и разрабатывать новые организационные формы различных занятий.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Веремьева, Н.В.* Развитие профессионально-личностной компетентности студентов в процессе их психолого-педагогической подготовки / ФГОУ ВПО «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина». – Иваново, 2009. – 176 с.

УДК 378

*И. И. Ведерникова, Н. В. Третьякова*

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

#### **ПРИМЕНЕНИЕ РАЗЛИЧНЫХ МЕТОДОВ ПРИ ИЗУЧЕНИИ ДИСЦИПЛИНЫ «ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ КАЧЕСТВА»**

В работе показываются различные формы семинаров при изучении дисциплины.

**Ключевые слова:** Преподавание, методика, семинар, обучение.

*I. I. Vedernikova, N. V. Tretiyakova*

#### **THE USE OF DIFFERENT METHODS IN THE STUDY OF «TECHNOLOGICAL QUALITY ASSURANCE»**

The work shows various forms of seminars in the study of the discipline **Keywords:** teaching, methodology, workshop, training.

Проблема высшего образования многоаспектна. Образование в области естественных наук менее подвержено изменениям из-за динамики общественной жизни в отличие от большинства гуманитарных дисциплин. Однако традиционно высшее образование при любых обстоятельствах отличается своей основательностью, фундаментальностью.

Методика преподавания дисциплины неизбежно многоуровневая. Первый уровень – это наука, подчиняющая себе весь педагогический процесс на основе диалектического взаимодействия и взаимопроникновения педагогики (теории образования) и дидактики (теории обучения). Второй уровень – учение (научная дисциплина) о методах обучения и воспитания, закономерностях обучения. Третий уровень – закреп-

ленная сумма приемов и организационных мер по изучению конкретной учебной дисциплины (группы дисциплин). Поэтому наряду с теорией методики есть как общая методика преподавания, так и специфические (частные) методики преподавания группы дисциплин, отдельной дисциплины, ее разделов и даже отдельных тем.

Традиционные методики преподавания на сегодняшний день остаются распространёнными и представляет собой обучение знаниям, умениям и навыкам по схеме: изучение нового – закрепление – контроль – оценка. К таким методикам обычно относят: лекции, семинарские и практические занятия, самостоятельная работа студентов, а также различные формы проведения контроля и оценки знаний студентов.

Основные функции семинара (в порядке приоритетности) могут быть обозначены так.

1. Учебно-познавательная функция – закрепление, расширение, углубление знаний, полученных на лекциях и в ходе самостоятельной работы.
2. Обучающая функция – школа публичного выступления, развитие навыков отбора и обобщения информации.
3. Побудительная функция – побуждение на основе анализа состояния подготовки к более активной и целеустремленной работе.
4. Воспитывающая функция – формирование мировоззрения и убеждений, воспитание самостоятельности, смелости, научного поиска, состязательности.
5. Контролирующая функция – контроль за уровнем знаний и качеством самостоятельной работы студентов.

Успех и эффективность любой из форм семинара достигается только упорной и тщательной подготовкой. Поэтому подготовка к семинару включает в себя как подготовку преподавателя, так и подготовку слушателей.

Подготовка преподавателя объединяет теоретическую и методическую области. С точки зрения теоретической, преподаватель обязан глубоко уяснить план и сформулировать замысел семинара, изучить литературу, посетить лекции (если он их не читает), отработать для себя лично наиболее важные и сложные моменты темы. С точки зрения методической он обязан тщательно разобраться как с общей методикой проведения семинаров, так и с методическими особенностями предстоящего. Кроме того, на его «совести» лежит не только доведение плана семинара до обучаемых, но и выдача им таких методических рекомендаций, которые обеспечат и эффективность, и качество занятия.

Для студентов подготовка к семинару будет заключаться в знакомстве с темой и планом семинара, уяснении его замысла и методических особенности, сборе материалов для выступлений. При возникновении трудностей и проблем студенты приходят на консультации (групповые и индивидуальные) к преподавателю.

Таким образом, практическое занятие или семинар является результатом самостоятельного изучения рекомендованной литературы, позволяет в свободной обстановке обменяться мнениями, выяснить еще не до конца ясное и усвоенное. В свою очередь успех семинара заложен в его тщательной, всесторонней подготовке, охвате максимального количества производственных проблем.

Практические методы обучения охватывают весьма широкий диапазон различных видов деятельности обучаемых [1]. Во время использования практических методов обучения применяются приемы: постановки задания, планирования его выполнения, оперативного стимулирования, регулирования и контроля, анализа итогов прак-

тической работы, выявления причин недостатков, корригирования обучения для полного достижения цели. [1]. Во время использования практических методов обучения применяются приемы: постановки задания, планирования его выполнения, оперативного стимулирования, регулирования и контроля, анализа итогов практической работы, выявления причин недостатков, корригирования обучения для полного достижения цели.

Репродуктивные и проблемно поисковые методы обучения [1] вычлняются, прежде всего, на основе оценки степени творческой активности обучаемых в познании новых понятий, явлений и законов.

Репродуктивный характер мышления предполагает активное восприятие и запоминание сообщаемой преподавателем или другим источником информации. Применение этих методов невозможно без использования словесных, наглядных и практических методов и приемов обучения, которые являются как бы материальной основой этих методов.

Практические работы репродуктивного характера отличаются тем, что в ходе их обучающиеся применяют по образцу ранее или только что усвоенные знания. При этом, в ходе практической работы обучающиеся не осуществляют самостоятельного приращения знаний. Репродуктивные упражнения особенно эффективно содействуют отработке практических умений и навыков, так как превращение в навык требует неоднократных действий по образцу. Особенно эффективно применяются репродуктивные методы в тех случаях, когда содержание учебного материала носит преимущественно информативный характер, представляет собой описание способов практических действий, является весьма сложным и принципиально новым для того, чтобы обучаемые могли осуществить поиск знаний.

Проблемно-поисковые методы применяются в ходе проблемного обучения. При использовании проблемно-поисковых методов обучения преподаватель использует такие приемы: создает проблемную ситуацию (ставит вопросы, предлагает задачу, экспериментальное задание), организует коллективное обсуждение возможных подходов к решению проблемной ситуации, подтверждает правильность выводов, выдвигает готовое проблемное задание. Обучаемые, основываясь на прежнем опыте и знаниях, вызывают предположения о путях решения проблемной ситуации, обобщают ранее приобретенные знания, выявляют причины явлений, объясняют их происхождение, выбирают наиболее рациональный вариант решения проблемной ситуации [1]

Зачастую студенты разделяют теорию и практические навыки. Семинары призваны «сломать» эти барьеры, не просто структурировать полученные теоретические знания, а применять их на практике. Для этого можно использовать занятия, в которых студенты проявляют максимум самостоятельности, в виде деловой (ролевой) игры, решения задач с помощью персонального компьютера либо «мозгового штурма». По дисциплине «Технологическое обеспечение качества» студентам предлагаются производственные задачи, при обсуждении вариантов решения которых определяются оптимальные пути. Очень часто студенты предлагают креативные решения проблемы, которые потом можно дополнительно исследовать в научной работе.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. <http://hrm.ru/db/hrm/E78C7C6B60012E8BC325771A0031E1D4/print.html>.

УДК 378

*Ю. А. Ведяскин, А. В. Кулагин, А. А. Кольцов*

ФГБОУ ВО «Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России»

## **СОВРЕМЕННЫЕ ТРЕНАЖЕРНЫЕ КОМПЛЕКСЫ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ СПЕЦИАЛИСТОВ ГАЗОДЫМОЗАЩИТНОЙ СЛУЖБЫ**

В данной публикации рассматриваются современные тренажерные комплексы для подготовки газодымозащитников к оперативным действиям в непригодной для дыхания среде.

**Ключевые слова:** пожарный, аварийно-спасательные работы, газодымозащитная служба, опасные факторы пожара, звено ГДЗС, пострадавший.

*Y. A. Vedyaskin, A. V. Kulagin, A. A. Kolcov*

## **MODERN SIMULATORY COMPLEXES FOR PREPARATION OF SPECIALISTS OF THE GAS PROTECTION SERVICE.**

In this publication, modern training complexes for the preparation of gas defenders for operative actions in an unfit for breathing environment are considered.

**Keywords:** fireman, rescue operations, gas and smoke protection service, dangerous fire factors, link GDZS, built.

Профессия пожарного предъявляет к сотрудникам ГПС МЧС России ряд определенных требований, успешное повседневное выполнение которых формирует положительный образ компетентного специалиста в своей области. Но для того, чтобы теоретические и практические навыки не притуплялись, а наоборот прослеживалась тенденция к росту профессионализма, необходима периодическая отработка практических нормативов и повторение теоретических аспектов. Систематизировать данный процесс помогает профессиональная подготовка. Она включает в себя различные направления, одним из которых является ГДЗС.

Зачастую тушение пожаров связано с необходимостью проведения работ в непригодной для дыхания среде, так как в современных зданиях все чаще используют полимерные материалы, при горении которых выделяется большое количество токсичных веществ, из-за которых в большинстве случаев и происходит гибель людей. Особенно такая работа становится востребованной в случае необходимости проведения спасания людей и материальных ценностей из опасной для жизни зоны на пожаре, откуда самостоятельная эвакуация людей невозможно ввиду блокирования эвакуационных выходов опасными факторами пожара. Такая работа может быть связана как с выполнением задач непосредственно в непригодной для дыхания среде, так и с преодолением зон задымления.

Для организации работы в таких условиях, в ГПС и создана газодымозащитная служба. Газодымозащитник выполняет поставленную задачу в непригодной для дыхания среде в составе звена ГДЗС. Для того, чтобы повысить слаженность, а следовательно, и эффективность выполняемых действий, газодымозащитники должны оттачи-



вать свои действия в условиях максимально приближенных к реальным. Для этого существуют различного рода тренажеры, моделирующие конкретные нештатные ситуации, которые могут возникнуть при тушении пожара и проведении аварийно-спасательных работ.

### Тренажёр «Резервуар»

Тренажёр «Резервуар» предназначен для подготовки всех категорий специалистов, с использованием средств индивидуальной защиты органов дыхания и специальной защитной одежды, по проведению аварийно-спасательных работ и спасанию людей из резервуаров и специальных ёмкостей.

Тренажер выполнен в виде компактной копии резервуара и обеспечивает эффективность учебного процесса в соответствии с современными требованиями подготовки специалистов. Тренажер содержит следующие элементы: 3 куполообразных элемента с оконным проёмом и 2-е перегородки, 2 люка, 2-е наружные и 2-е внутренние лестницы, платформу и поручень. Габариты: 3707x2000x2690 мм.



Рис. 1. Тренажёр «Резервуар»

#### Достоинства тренажёра «Резервуар»:

- позволяет установить видеокамеру для осуществления видеоконтроля за действиями обучаемого;
- возможность использования как в зоне задымления, так и в зоне теплового воздействия;
- возможность проведения тренировок с использованием обучаемыми всех видов специальных защитных средств (теплоотражательных комплектов, средств локальной защиты, термоагрессивностойких костюмов, радиационно-защитных комплектов, комплектов СИЗ и т.д.) различных производителей;
- возможность использования как отдельно, так и в составе тренировочного комплекса, совместно с другими тренажерами, в помещении или на открытой площадке.

### Тренажёр «Узкий лаз»

Тренажёр «Узкий лаз» предназначен для подготовки всех категорий специалистов, работа которых связана с ведением аварийно-восстановительных работ в зонах повышенной опасности и других ЧС с использованием средств индивидуальной защиты органов дыхания и специальной защитной одежды. Тренажер выполнен в виде конструкции с изменяющимся углом направления движения и обеспечивает эффективность учебного процесса в соответствии с современными требованиями подготовки специалистов. Тренажер содержит следующие элементы: вертикальный модуль с лестницей, горизонтальный модуль, наклонный модуль с лестницей.

Габариты: 3795x3060x2730 мм.

Достоинства тренажера «Узкий лаз» схожи с достоинствами тренажера «Резервуар».



Рис. 2. Тренажёр «Узкий лаз»

### Тренажёр «Завалы»

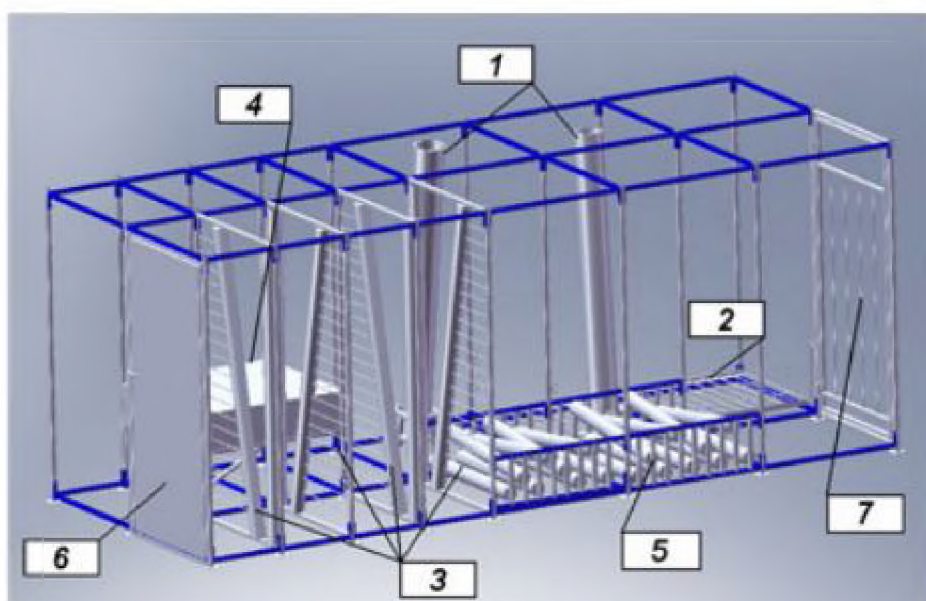


Рис. 3. Тренажер «Завалы»

Тренажер «Завалы» представляет собой полосу препятствий:

- обрушающиеся конструкции;
- качающийся участок пола;
- узкие лазы;
- имитатор упавшей бетонной плиты перекрытия;
- имитатор труднопроходимой поверхности;
- имитатор запертой металлической двери;
- имитатор металлической решетки.



Участок «Обрушающиеся конструкции» представляет собой два отрезка трубы, закрепленные снизу на оси к металлическому каркасу тренажера, и зафиксированные сверху электромагнитными замками. Обрушение труб происходит посредством управления электромагнитными замками. Возможны два варианта управления:

- по команде оператора с пульта управления;
- автоматическое обрушение с использованием датчиков приближения.

Участок «Качающийся участок пола» представляет собой металлическую решетку, подвешенную на цепях.

Участок «Узкие лазы» - это цепь следующих друг за другом преград из решеток, в которых проделаны узкие отверстия под разными углами для прохода.

«Имитатор упавшей бетонной плиты перекрытия» представляет собой металлический короб с песком, закрепленный с одной стороны снизу на оси к металлическому каркасу тренажера, а с другой свободно под собственным весом лежащий на полу. При проведении тренировок под свободный край короба кладется манекен имитационно-тренировочный, выполняющий роль пострадавшего. Цель упражнения – извлечь пострадавшего, что возможно только с использованием специального инструмента.

«Имитатор труднопроходимой поверхности» состоит из отрезков труб приваренных к каркасу тренажера под разными углами и на разном расстоянии друг от друга.

«Имитатор запертой металлической двери» представляет собой металлическую дверь с имитатором ригеля замка, который в ходе тренировки необходимо перепиливать, отрабатывая навыки проникновения в запертое помещение. После каждой тренировки имитатор ригеля меняется.

«Имитатор металлической решетки» представляет собой решетку из вертикальных металлических прутьев. Данный участок тренажера позволяет отрабатывать навыки по преодолению препятствий в виде решеток с использованием специального инструмента.

Тренажер позволяет отрабатывать навыки по ориентации, прохождению узких проходов и препятствий, спасению человека с использованием специального инструмента. Кроме того, за счет использования в конструкции тренажера качающихся полов и обрушающихся отрезков труб, он развивает у пожарных вестибулярный аппарат, маневренность, внимательность и быструю реакцию.

Оснащенность территориальных пожарно-спасательных гарнизонов современными тренажерами для подготовки газодымозащитников к оперативным действиям в непригодной для дыхания среде позволит повысить КПД каждого отдельно взятого пожарного, тем самым увеличив эффективность действия звена ГДЗС в целом. А это сократит число жертв как среди личного состава ГПС МЧС России, так и среди спасаемых при проведении пожарными подразделениями действий по тушению пожара и аварийно-спасательных работ.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мешалкина Е.А. Газодымозащитная служба: Учебник / Под общ. ред. д.т.н., профессора – М.: Пожкнига, 2004. – 380 с.
2. Ведякин Ю. А., Кулагин А. В., Александров А. А. Основные факторы, определяющие профессионально-прикладную физическую подготовку будущего специалиста в системе МЧС России // Педагогика и психология: актуальные вопросы теории и практики : материалы VI Междунар. науч.–практ. конф. (Чебоксары, 3 апр. 2016 г.) / редкол.: О. Н. Широков [и др.]. — Чебоксары: ЦНС «Интерактив плюс», 2016. — № 1 (6). — ISSN 2411-8117.
3. Ведякин Ю.А., Маринич Е.Е., Микушин О.В. Основные компоненты формирования адаптационной мобильности пожарных-спасателей МЧС России к огневой психологической полосе подготовки пожарных// Педагогика и психология: научные приоритеты учёных. Сборник научных трудов по итогам международной научно-практической конференции. № 1. Пермь, 2016. – 76 с.
4. <http://www.dslib.net/fiz-vospitanie/teoretiko-metodicheskie-aspekty-sovershenstvovaniya-professionalno-prikladnoj.html>
5. <http://www.pto-pts.ru/sovremennye-razrabotki-oao-pts-dlya-podgotovki-pozharnykh-i-spasatelej>
7. <http://www.pto-pts.ru/produktsiya/trenazhjornye-kompleksy/137-trenazhjory-orientatsii>
8. <http://www.dslib.net/fiz-vospitanie/teoretiko-metodicheskie-aspekty-sovershenstvovaniya-professionalno-prikladnoj.html>

УДК 378

*Д. Н. Вокуев, В. Е. Иванов*

ФГБОУ ВО «Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России»

**СОВРЕМЕННЫЕ УЧЕБНО-ТРЕНИРОВОЧНЫЕ КОМПЛЕКСЫ  
ДЛЯ ПОДГОТОВКИ ПОЖАРНЫХ-СПАСАТЕЛЕЙ**

В данной статье приведен обзор современных учебно-тренировочных комплексов, используемых в России и за рубежом. Для успешного выполнения основной задачи пожарным-спасателям необходимо быть в хорошей физической форме. Чтобы воплотить эти аспекты в жизнь, необходимы соответствующие учебно-тренировочные комплексы, отвечающие требованиям нормативных документов и позволяющие тренироваться в непригодной для дыхания среде на должном уровне.

**Ключевые слова:** учебно-тренировочный комплекс, теплодымокамера, подготовка пожарных-спасателей.

*D. N. Vokuev, V. E. Ivanov***MODERN TRAINING FACILITIES FOR TRAINING FIREMEN-RESCUERS**

This article provides an overview of modern training complexes used in Russia and abroad. To successfully fulfill the main task of firefighters-rescuers should be in good physical shape. To bring these aspects to life, appropriate training facilities that meet regulatory requirements and allow you to workout in unfit for breathing environment at the proper level.

**Keywords:** training complexes, thermal camera, smoke camera, training firemen-rescuers.

Пожары – это глобальная проблема для всего человечества, поскольку им невозможно управлять. С ним можно только бороться. Каждый год от пожаров гибнет и травмируется тысячи человек, надеждой для которых являются только пожарные-спасатели, которым нужна соответствующая подготовка, чтобы вовремя помочь попавшим в тяжелое положение людям. Современные учебно-тренировочные комплексы для подготовки пожарных-спасателей способствуют повышению мастерства, физического состояния и духа пожарных. Для отработки практических навыков широко используются как стационарные, так и передвижные учебно-тренировочные комплексы, которые хорошо зарекомендовали себя в России и зарубежных странах.

В России одними из наиболее распространенных комплексов являются тренажерные площадки компании «Бранд-Мастер». В 2014 году данная компания успешно реализовала новейший высокоэффективный тренировочный комплекс, получивший название «Минотавр» УТК-10 КО, представленный на рис. 1.

Это уникальный комплекс, в котором эффективно сочетаются теплодымокамера и огневой полигон и предназначен для специальной подготовки личного состава для получения квалификации «Газодымозащитник». Учебно-тренировочный комплекс «Минотавр» УТК-10 КО разработан с учетом пожеланий и рекомендаций МЧС России. Здесь моделируются типичные ситуации при возникновении пожаров в жи-

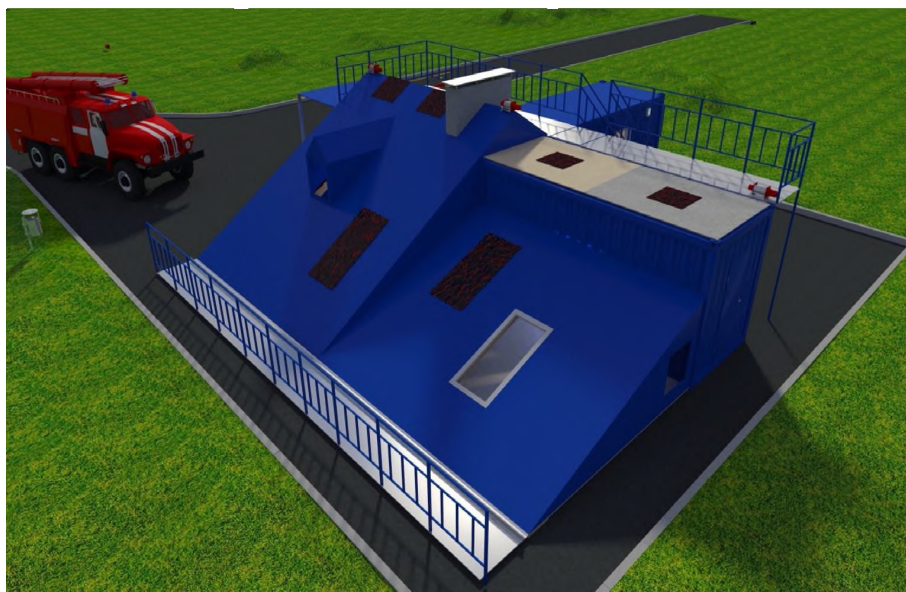
лом секторе. Он позволяет решать задачи, связанные с обучением сотрудников слаженным, эффективным действиям и способам тушения пожаров, при проведении аварийно-спасательных работ в непригодной для дыхания среде. Комплекс позволяет поддерживать на высоком уровне получаемые знания и применять их на практике, формирует высокую психологическую устойчивость, развивает наблюдательность и стойкость к физическим нагрузкам.



**Рис. 1.** Тренировочный комплекс «Минотавр» УТК–10 КО

Компанией «Бранд-Мастер» разработано множество других учебно-тренажерных комплексов, обладающих различным функционалом для качественной и эффективной подготовки пожарных-спасателей. Отдельно можно выделить комплекс ТДК-4М «Кровля» (рис. 2), так как в нем кроме возможности проведения занятий в теплокамере и на открытом огневом тренажере, еще предусмотрена тренировка и обучающие занятия по действиям подразделений на кровле во время пожара, что позволяет выработать у тренирующихся навыки действий в условиях, максимально приближенных к реальным. Этот вариант тренировочного комплекса достаточно эффективен, несмотря на его специализированное назначение.

Учебно-тренировочный комплекс ТДК-4М «Кровля», как и другие обладает рядом достоинств и недостатков. К достоинствам можно отнести: формирование у спасателей высокой психологической устойчивости, отработка на практике полученных знаний, развитие наблюдательности и стойкости к физическим нагрузкам и др. К недостаткам: слабое конструктивное исполнение конструкции, необходимость обслуживания системы управления, подверженность коррозии.



**Рис. 2.** Учебно-тренировочный комплекс ТДК-4М «Кровля»

В зарубежных странах также широко распространены учебно-тренировочные комплексы ГДЗС. Например, многофункциональный тренировочный комплекс для проведения аварийно-спасательных работ при обрушении здания (рис. 3).



**Рис 3.** Многофункциональный тренировочный комплекс для проведения аварийно-спасательных работ при обрушении здания

Применяется данный комплекс для отработки операций на завалах и источниках техногенных аварий и стихийных бедствий, работы с автономными аварийно-спасательными инструментами.

Следующий комплекс «Полигон для ликвидации чрезвычайных ситуаций на воздушном транспорте» разработан филиалом «Институт переподготовки и повышения квалификации» Академии гражданской защиты Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь (рис. 4).



**Рис. 4.** Полигон для ликвидации чрезвычайных ситуаций на воздушном транспорте

Применяется полигон для формирования у пожарных-спасателей высоких моральных, боевых и профессиональных качеств и психологической устойчивости при ликвидации чрезвычайных ситуаций на воздушном транспорте

В зарубежных странах, как и в России используются учебно-тренажерные комплексы контейнерного типа передвижные и стационарные. На рис. 5 представлен учебно-тренировочный комплекс контейнерного типа.



**Рис. 5.** Учебно-тренажерный комплекс контейнерного типа



Преимуществом данного комплекса является реальный огонь, с которым сталкиваются пожарные, а также воздействие высоких температур, высокой влажности, плохой видимости и густого дыма. Это позволяет им тренироваться в чрезвычайной ситуации максимально реалистично. Для обеспечения безопасности тренировок, комплекс оснащён устройствами безопасности и мониторингом температуры открытого огня и общей температуры в контейнере.

Передвижные тренажерные комплексы контейнерного типа обладают главным преимуществом – это мобильность. Они позволяют проводить тренировки в любом удобном месте. Для расширения пространства, такие комплексы часто оснащают выдвижными секциями. Подводя итог можно сказать, что в настоящее время существует множество учебно-тренировочных комплексов для подготовки пожарных-спасателей, как в зарубежных странах, так и в России, каждый из которых обладает своими достоинствами и недостатками. Разработка современных комплексов и внедрение в практику деятельности спасательных и пожарных подразделений новейших достижений науки и техники является актуальной задачей.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Кириллов Ю.Ю.* Подготовка газодымозащитника [Электронный ресурс]: учебное пособие / М-во образования и науки Рос. Федерации, Волгогр. гос. архит.-строит. ун-т. — Электронные текстовые и графические данные (4,29 Мбайт). — Волгоград: ВолгГАСУ, 2014.
2. *Грачев В.А., Тербенев В.В., Поповский Д.В.* Газодымозащитная служба: учебно-методическое пособие. – Изд. 2-е, перераб. и доп. – М.: ООО «Издательство «Пожнаука», 2009. – 328 с.
3. *Иванов В.Е.* Инженерно-проектировочные решения для разработки типового класса подготовки пожарных-спасателей // В.Е. Иванов, В.В. Киселев, П.В. Пучков, И.А. Роммель / Фундаментальные и прикладные вопросы науки и образования: Сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции: в 2-х частях. Смоленск. 2016. С. 27-29.
4. *Киселев В.В.* Применение интерактивных форм обучения для развития профессионально-деловых качеств курсантов // В.В. Киселев, В.Е. Иванов, И.А. Легкова / Новейшие достижения в науке и образовании: сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции. Смоленск. 2016. С. 133-135.

УДК 378

*Д. Н. Вокуев, В. Е. Иванов, П. В. Пучков*

ФГБОУ ВО «Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России»

#### **СОВРЕМЕННОЕ ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ ВИЗУАЛИЗАЦИИ ПРОЕКТНЫХ РЕШЕНИЙ**

В статье проведен обзор современного программного обеспечения для создания 3D-моделей и визуального сопровождения проектных решений при разработке учебно-тренировочных комплексов для подготовки пожарных и спасателей.

**Ключевые слова:** программное обеспечение, трехмерная модель, проект.

*D. N. Vokuev, V. E. Ivanov, P. V. Puchkov*

## ADVANCED SOFTWARE FOR VISUALIZATION OF DESIGN SOLUTIONS

This article the review of modern software for creating 3D models and visual support of design decisions when developing training systems for training of firefighters and rescuers.

**Keywords:** software, 3d-models, project.

В настоящее время существует множество различных программ для создания трехмерных моделей и графической документации. Большое разнообразие систем автоматического проектирования связано с увеличением количества разрабатываемых проектов в различных сферах деятельности человека и повышением требований к качеству и срокам исполнения. Данная тенденция определяет уровень ускорения научно-технического прогресса общества и способствует внедрению в учебный процесс эффективных специализированных программ для решения инженерных задач. Использование в выпускной квалификационной работе современного программного обеспечения для визуализации графической составляющей поднимает проектную работу на качественно новый уровень. Широкий ассортимент систем автоматического проектирования ставит перед разработчиком выбор оптимального решения для выполнения поставленных задач.

Например, при выполнении выпускной квалификационной работы по проектированию теплодымокамеры для подготовки пожарных-спасателей необходимо выбрать программное обеспечение, позволяющее создавать как 3D-модели, так и 2D-чертежи [1-5]. Наиболее подходящие для выполнения поставленной задачи являются следующие программы: КОМПАС-3D, AutoCAD, ArchiCAD и SketchUP.

Программа КОМПАС-3D (рис. 1) оснащена системой трёхмерного моделирования, универсальной системой автоматизированного проектирования КОМПАС-График, модулем проектирования спецификаций и текстовым редактором. Данная программа наиболее подходит для создания трехмерных моделей деталей и сборочных единиц пожарной и аварийно-спасательной техники. Основные компоненты КОМПАС-3D имеют русскоязычный интерфейс и справочную систему, они просты в освоении [6]. КОМПАС-3D – программа, которая очень проста в управлении, у нее простой и удобный интерфейс, установлены различные библиотеки, с помощью которых можно проектировать или чертить исполнительные схемы водопровода, газопровода, электрики и др. Очень удобный вывод на печать любых форматов. Удобство в выборе масштаба.

Программа AutoCAD одна из наиболее приспособленных из существующих, для выполнения графической части выпускной квалификационной работы, так как способна качественно работать в самых различных областях технического проектирования [7, 8]. С помощью данной программы можно выполнять практически все виды чертежных работ, необходимых для графического сопровождения дипломного и технического проектирования, так же позволяет создавать трехмерные модели различной сложности (рис. 2).

Программа SketchUp является приложением для трехмерного проектирования разных объектов с набором профессиональных функций (рис. 3). Она дает возможность создавать модели автомобилей и различного оборудования, выполнять архитек-

турно-строительные проекты и многое другое. SketchUp распространяется бесплатно для преподавателей и обучающихся учебных заведений и отлично подойдет для тех, кто профессионально занимается проектированием в различных отраслях. В его возможности входит создание хороших трехмерных моделей различных предметов и объектов. С помощью этой программы можно создать проект пожарного автомобиля или учебно-тренажерного комплекса для подготовки пожарных и спасателей, а также разработать детали аварийно-спасательного инструмента.

Программа ArchiCAD ориентирована на проектирование зданий и сооружений (рис. 4). Одним из главных преимуществ данной программы является технология «виртуального здания», с помощью которой можно работать не с отдельными, не связанными между собой чертежами, а над всем проектом в целом. Например, изменяя в 3D окне какие-либо элементы, программа автоматически перестраивает 2D-чертежи с планами и фасадами сооружения. Данный программный продукт позволяет одновременно работать над созданием проекта и составлять сопутствующую строительную документацию, так как программа хранит информацию о проектируемом здании: планы, разрезы, перспективы, перечень необходимых стройматериалов, а также замечания разработчика, сделанные в процессе работы. На любом этапе работы можно увидеть проектируемое здание в трехмерном виде, в разрезе, в перспективе, сделать анимационный ролик.

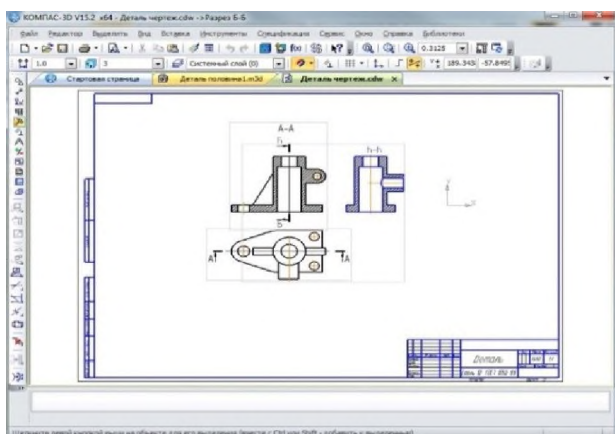


Рис. 1. Интерфейс программы КОМПАС-3D при создании чертежа

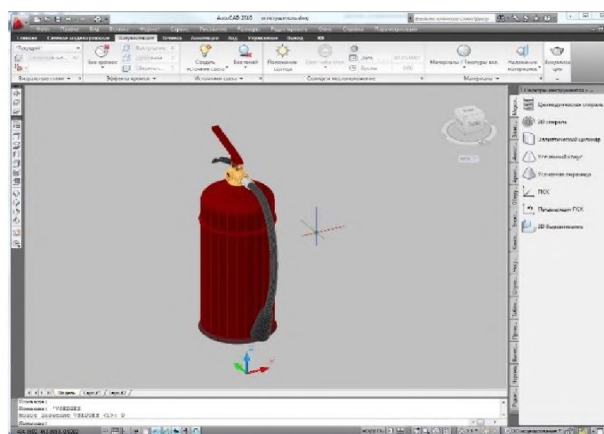


Рис. 2. Создание 3D-модели в программе AutoCAD

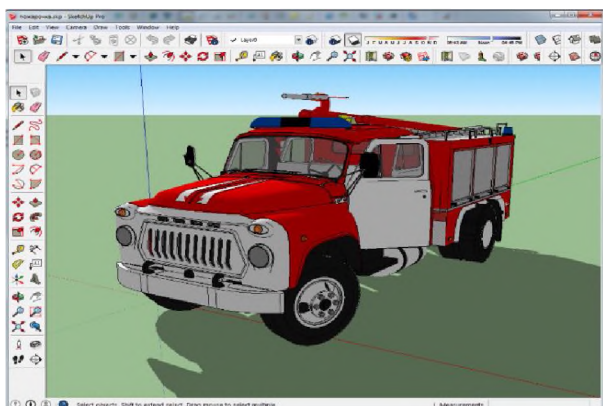


Рис. 3. Создание трехмерной модели в программе SketchUp

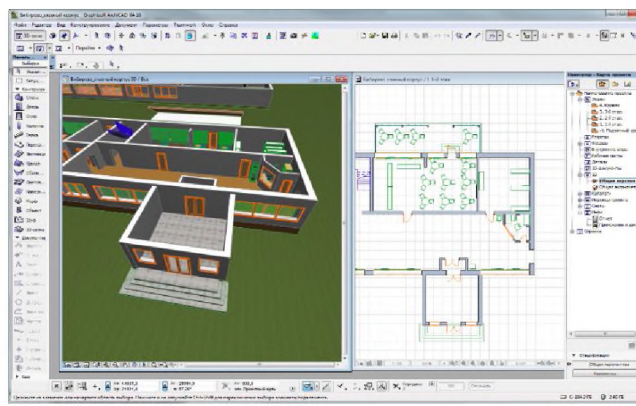


Рис. 4. Создание трехмерной модели в программе ArchiCAD

Таким образом ArchiCAD является наиболее оптимальным решением для проектирования учебно-тренажерных комплексов, так как обладает большой библиотекой различных объектов, необходимых для создания 3D-моделей зданий и сооружений, а также позволяет создавать 2D-чертежи без привлечения сторонних графических редакторов. Встроенный инструмент для реалистичной визуализации проекта поддерживает сохранение файлов в видео и фото формат для последующего использования в презентационном материале.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Иванов В.Е.* Инженерно-проектировочные решения для разработки типового класса подготовки пожарных-спасателей // В.Е. Иванов, В.В. Киселев, П.В. Пучков, И.А. Роммель / *Фундаментальные и прикладные вопросы науки и образования: Сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции: в 2-х частях.* Смоленск. 2016. С. 27-29.
2. *Иванов В.Е.* Трехмерное моделирование как одно из направлений информатизации учебного процесса // В.Е. Иванов, С.А. Никитина, В.П. Зарубин / *Пожарная безопасность: проблемы и перспективы.* Воронеж. 2014. Т. 2. № 1 (5). С. 36-38.
3. *Иванов В.Е.* Трехмерная графика и область ее применения в учебном процессе // В.П. Зарубин, В.Е. Иванов / *Фундаментальные и прикладные исследования в современном мире.* Санкт-Петербург. 2015. № 12-3. С. 107-109.
4. *Легкова И.А.* Использование трехмерной графики при изучении устройства узлов механизмов // И.А. Легкова, В.П. Зарубин, В.Е. Иванов / *Аграрная наука в условиях модернизации и инновационного развития АПК России. Сборник материалов Всероссийской научно-методической конференции с международным участием, посвященной 85-летию Ивановской государственной сельскохозяйственной академии имени Д.К. Беляева.* Иваново. 2015. С. 140-143.
5. *Иванов В.Е.* Внедрение 3D технологий в учебный процесс. // В.Е. Иванов, И.А. Легкова, А.А. Покровский, В.П. Зарубин, Н.А. Кропотова / *Сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции «Современное научное знание: теория, методология, практика» в 3-х частях.* ООО «Новаленсо». – Смоленск, 2016. С. 37-39.
6. *Легкова И.А.* Визуализация учебного материала средствами системы КОМПАС-3D // И.А. Легкова, С.А. Никитина, В.П. Зарубин, В.Е. Иванов / *Современные проблемы высшего образования: материалы VII Международной научно-методической конференции.* С.Г. Емельянов (отв. редактор). Курск. 2015. С. 34-38.
7. *Киселев В.В.* Применение интерактивных форм обучения для развития профессионально-деловых качеств курсантов // В.В. Киселев, В.Е. Иванов, И.А. Легкова / *Новейшие достижения в науке и образовании: сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции.* Смоленск. 2016. С. 133-135.
8. *Кропотова Н.А.* Формирование компетентного специалиста для работы в экстремальных условиях. / Н.А. Кропотова. // *NovaInfo.Ru (Электронный журнал.)* – 2016. – № 54. Т. 2. С. 293-296.

УДК 614.849

*О. Г. Волков, А. А. Апарин, А. Н. Бочкарев, Д. Ю. Захаров*

ФГБОУ ВО «Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России»

## **РОЛЬ РАЗВИТИЯ ПЕРИФЕРИЙНОГО ЗРЕНИЯ В ПРОЦЕССЕ ПОДГОТОВКИ ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ ПРОФЕССИЙ (ПОЖАРНЫХ И СПАСАТЕЛЕЙ)**

Для проведения данного исследования по развитию периферийного зрения (расширение поля зрения) газодымозащитников был проведен литературный анализ подготовки специалистов пожарной охраны, где особое внимание уделяется специфическим особенностям профессии. В целях разработки комплекса упражнений были сформированы и решены ряд задач: во-первых, обозначен проблемный вопрос по развитию у обучаемых периферийного зрения (расширение поля зрения), решение которого поможет выполнить газодымозащитнику поставленную задачу, сохранить жизнь в реальных ситуациях при тушении пожаров и ликвидации чрезвычайных ситуаций; во-вторых, сформулированы задачи для решения данного вопроса, определены цели исследования и методы его проведения; в-третьих, разработаны два комплекса по системе циклической (круговой) тренировки упражнений для развития периферийного зрения (расширение поля зрения) в рамках исследования.

Итогом настоящего исследования является положительное влияние комплекса упражнений для развития периферийного зрения (расширения поля зрения) на улучшение работоспособности зрительного анализатора и расширение границ поля зрения газодымозащитников для развития профессионально значимых личностных, физических качеств у будущих специалистов в области пожаротушения и как вследствие этого их профессиональной подготовки.

**Ключевые слова:** периферийное зрение; поля зрения; газодымозащитник; лестница палка; штурмовая лестница; предохранительная подушка; звено ГДЗС; учебная башня; руководитель занятия; комплекс упражнений.

*O. G. Volkov, A. A. Aparin, A. N. Bochkarev, D. Y. Zakharov*

## **THE ROLE OF DEVELOPMENT OF PERIPHERAL VISION IN THE PROCESS OF PREPARATION OF REPRESENTATIVES OF EXTREME PROFESSIONS (FIRE AND RESCUERS)**

For this study on the development of peripheral vision (visual field expansion) was held gazodymosaschitnikov literary analysis of specialists training of fire protection, with special attention to the specific characteristics of the profession. In order to exercise the complex development have been formed and solved a number of problems: firstly designated problematic issue for the development of trainees' peripheral vision (the expansion of the field of view), the solution of which will perform gazodymosaschitniku task, to save lives in real-world situations in fire-fighting and emergency response. Second problem formulated to address this issue, identified research objectives and methods of its implementation. Third two complex ring system (circular) of exercise training designed to develop peripheral vision (the expansion of the field of view) in the study.

The result of this research is the positive effect of a combination of exercises to develop peripheral vision (the expansion of the field of view) to improve the efficiency of the visual analyzer

and extending the boundaries of the field of view gazodymosaschitnikov for the development of professionally significant personal and physical qualities of future specialists in the field of fire fighting and as a consequence of their professional training.

**Keywords:** peripheral vision; field of vision; gazodymosaschitnik; steps stick; assault ladder; safety cushion; link GDZS; training tower; head of employment; exercise complex.

По данным Всемирного Центра Пожарной Статистики, Centr of Fire Statistics, Российская Федерация на протяжении последних лет занимает место в первой категории перечня стран по количеству человеческих жертв на пожарах, с ней разделяют столь сложную ситуацию Индия и Пакистан, где при чрезвычайной ситуации данного типа гибнет от 10 до 60 тысяч людей. Также остро стоит вопрос о том, что большое количество сотрудников пожарной охраны получают тяжелые травмы и увечья при выполнении возложенных задач, случается и так, что речь идет о летальном исходе. Одной из причин большого количества травм является невнимательное наблюдение за обстановкой на пожаре и состояние строительных конструкций в результате слабо-развитого периферийного зрения [1].

Работа газодымосащитников в непригодной для дыхания среде (далее – НДС), предполагает собой нахождение в постоянном напряжении как физическом, так и умственном. Это требуется сотрудникам государственной противопожарной службы (далее – ГПС) для того, чтобы осуществить действия по выполнению основной задачи: спасанию людей, в случае угрозы их жизни и здоровью, локализации и ликвидации пожара в минимальные сроки.

Умственное напряжение предполагает собой максимальную концентрацию на выполнении возложенных должностных обязанностей. При помощи зрительных анализаторов человек получает около восьмидесяти процентов информации, поступающей из внешнего мира. В данном случае также следует упомянуть о периферийном зрении, которое синонимично называют «полем зрения».

Итак, периферийное зрение или поле зрения – это область пространства, воспринимаемая глазом при неподвижном состоянии.

Таким образом, значимость данного вопроса подчеркивает актуальность темы развития периферийного зрения газодымосащитников. Важность разработки этого вопроса преследует собой следующие задачи:

- повышение уровня подготовки будущих специалистов пожарной охраны – начальников караулов, на базе ИПСА ГПС МЧС России;
- внедрение новых способов развития периферийного зрения, разработанных непосредственно для пожарных;
- поиск упражнений с использованием пожарно-технического оборудования и спасательного инструмента;
- освоение технических приемов и тактического мышления с помощью периферийного зрения.

### **Значение развития периферийного зрения у представителей экстремальных профессий**

Стоит отметить, что важнейшим свойством периферийного зрения является его тесная взаимосвязь с подсознанием. Прямое зрение можно условно сравнить с нашим сознанием, оно, как и прямой взгляд, является чётким и вполне управляемым, но при этом оно весьма ограничено. Оно позволяет осмотреть предмет, определить его

цвет, форму, яркость. Через боковое зрение поступает огромное количество важнейшей информации, которая усваивается и «записывается» прямо в подсознание, минуя сознательную часть. Это происходит автоматически, независимо от нашего желания. Поэтому, имея хорошее, развитое периферийное зрение, пожарный, работая в НДС, способен намного быстрее принимать верные решения, практически не обдумывая их. У него увеличивается скорость реакции на внешние раздражители такие как, опасные факторы пожара.

Газодымозащитник, несмотря даже на панорамную маску, которая особенно у дыхательных аппаратов старых образцов (АП-98-7К, РА 94 Plus Basic) явно сужает поле зрения, способен выполнять поставленные задачи в более полном объеме и с высоким уровнем безопасности для своей жизни.

### Научное обоснование

Ученые института Монаша (Австралия) несколько лет назад совершили открытие, позволившее сделать большой рывок в изучении периферийного зрения, его значимости и влияния на другие системы организма. Исследование головного мозга «макак резусов» (которые, как доказано нейрофизиологом Вим Вандуффелем, имеют строение мозга поразительно схожее со строением мозга человека) показало наличие области мозга, отвечающую за выполнение двух функций: формирование эмоциональных реакций и обработку информации, полученной с помощью периферийного зрения. Данная область мозга получила название Prostriata. Принцип действия в данном случае следующий: информация, получаемая от периферийного зрения, поступает в область мозга, начинает обрабатываться, и в зависимости от полученных из той же области данных, корректируется эмоциональная реакция.

По данным исследований, ни одна область мозга не имеет такого сильного влияния на настроение, внимание, эмоционально-двигательную реакцию, как Prostriata.

На рисунке наглядно представлено влияние области Prostriata на другие системы мозга, необходимых для совершения оперативных действий в экстремальных ситуациях.

Схематичное изображение линии, проектирующей связь от prostriata в области, предшествующей calcarine (шпорной или зрительной) коре к кластеру генов M3, находящемся в области поясной моторной коры, а конкретно в поле 24с (по Бродману), основной функцией которой является регуляция движений. Данный кластер влияет как на уровень внимания, памяти и скорости восприятия информации, так и на способность рассуждать логически.

Происхождение схемы предполагает, что данный путь чувствителен к событиям, связывающих получение визуальной информации и соответствующему воспроизведению, основанное (происхождение) на ее (prostriata) анатомической близости центров периферийного восприятия с V1, первичной зрительной корой, в которой начи-

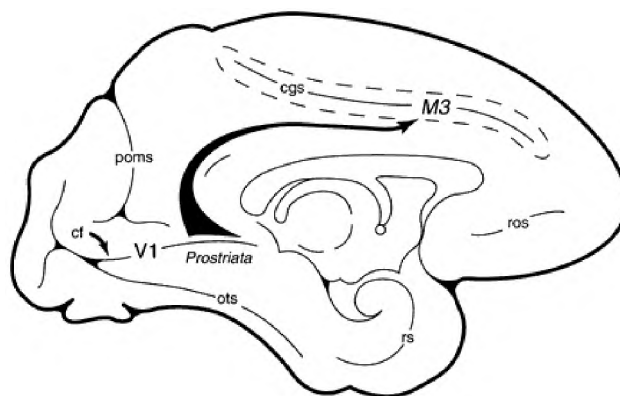


Рисунок. Связь prostriata- M3

нается расшифровка поступающей из сетчаток зрительной информации и прямых связей с периферийными функциями областей V1 и V2 [5].

Психологи, на основе открытий, сделанных нейрохирургами выдвинули предположение, что именно взаимосвязь этих двух функций одной доли мозга обеспечивает безопасность, выживание и работоспособность в экстремальных ситуациях, когда *prostriata* находится в гиперактивном режиме, в этой области происходит вычисления путей возможного «спасения» и мобилизацию внутренних состояний на максимальную защиту.

### **Способность периферийного зрения к развитию**

В плане тренировок периферийное зрение является довольно гибким, это доказано в научно-исследовательских работах экспертов в таких видах спорта как футбол, баскетбол, гандбол, где периферийное зрение является основой для развития профессионально-тактического мастерства. А также зарубежными учеными, специализирующимися в области психологии, спорта и офтальмологии. Результаты нескольких исследований рассмотрим ниже.

В 1943 году Low F.N. на основе проведенных исследований по изучению феномена остроты периферийного зрения предположил, что оно способно к развитию у 100 процентов участвующих в эксперименте человек. В 1946 году Low подтвердил свои предположения. В исследовании участвовало 43 человека, в результате проведения интенсивных тренировок среднее улучшение по показателю составило 33,4 %. Особенно неожиданным для ученого стал эффект «трансферта» (улучшенная в ходе эксперимента острота периферийного зрения оказывала влияние на действия в повседневной жизни, таких как: езда на автотранспорте, спортивные достижения, пунктуальность). Более того, многие люди, участвующие в исследовании, отмечали что стали более организованными в рабочие будни. Данный опыт дублировался исследованием ночного периферийного зрения. Здесь отмечалось улучшение на 18,7 % по сравнению с исходным показателем [3,4].

Koch C.C. в 1949 году выдвинул дополнительные суждения о том, что тренировка должна включать в себя не только увеличение поля зрения, но и повышение качества воспринимаемой глазом области пространства. Под этим ученый понимал: способность к оцениванию дистанции, величины, цвета, освещенности, формы периферических объектов (многое из чего особенно необходимо газодымозащитнику при работе в НДС) [2].

Sailer A.L. так же экспериментально подтвердил способность периферийного зрения к интенсивному развитию. С группой из 12 студентов проводилось 4 небольших тренировки в неделю: 2 по 10 минут в периметре и 2 по 1 часу чтения, используя специальную методику. Период, начина с 6 недель и более привел группу к заметному приросту показателей.[6]

При изучении у футболистов реакций на сигналы, расположенные на периферии поля зрения, установлена прямая зависимость времени реакции от местоположения раздражителя в поле зрения. Самые быстрые реакции отмечались при прямом раздражении, менее быстрые – при раздражении внешних и внутренних границ поля зрения и самые медленные – при раздражении верхних частей поля зрения. Следовательно, особое внимание при тренировке необходимо уделить развитию вертикального периферийного зрения. Что еще раз подтверждает особую опасность обрушения



каких-либо строительных конструкций, так как реакция на них, с помощью зрительного анализатора равна нулю.

В связи с этим целью работы явилась разработка системы упражнений для расширения поля зрения в комплексе с повышением уровня выносливости газодымозащитника и развития навыков по работе с основным пожарно-техническим оборудованием. Для тренировки «поля зрения» существует большое количество психологических методик и тестов, которые помещаются на листе бумаги, но применительно пожарных хорошим решением является занятия по специальной практической отработке определенных упражнений.

Уникальность данной работы заключается в том, что информации касательно методов развития периферийного зрения непосредственно пожарных, фактически не существует.

Высокое профессиональное мастерство всех газодымозащитников звена является залогом удачного выполнения поставленных задач и работ по тушению пожаров в НДС. Принято считать, что тактика работы должна опираться на высокий профессиональный уровень сотрудников, и это предположение не вызывает сомнения. Нередко мы видим подразделения на пожарах самого высокого ранга, в которых профессионально подготовленные пожарные в сложной, а иногда и в самой простой обстановке допускают грубые тактические ошибки, связанные с недостатком получаемой информации.

Следовательно, дело не только в уровне подготовки, но и еще в качествах, на которые недостаточно обращается внимания в учебном процессе. Этим «таинственным» качеством является умение газодымозащитника видеть пространство, передвижение в составе звена ГДЗС и умение быстро ориентироваться в рабочей обстановке, исходя из этих наблюдений. Это не просто, так как во время пожара сотрудник ГПС должен уметь концентрировать внимание на нескольких действиях одновременно. Умение видеть пространство осуществляется за счет бокового или периферийного зрения, которое в сочетании с технической подготовкой является основой тактического мастерства газодымозащитника.

Пожарный должен обладать хорошо развитым периферийным зрением и высокой техникой выполнения возложенных задач в комплексе. Периферийное зрение поможет получить большой объем информации в сложнейшей обстановке, профессиональные навыки помогут на высоком уровне воспользоваться данными сведениями в процессе работы.

### **Упражнения, направленные на развитие периферийного зрения и профессиональных качеств газодымозащитника**

При разработке данных упражнений были учтены особенности функционирования и развития периферийного зрения. Ввиду этого были составлены упражнения на развитие как вертикального, так и горизонтального угла обзора.

Перед выполнением упражнений, необходимо выполнить разминку.

Одно из простейших специальных упражнений развитие периферийного зрения состоит в следующем. Надо устремить спокойный взгляд и, не фиксируя его ни на чем и не обращая взор в стороны, медленно поднять руки вперед. Делая пальцами, кистями любые движения и постепенно разводя руки в стороны и далее чуть за спину, необходимо стараться воспринимать характер этих движений, их конфигурацию. Вначале движения более простые и заметные, затем более сложные и неприметные.

Чем дальше от центра к периферии будут перемещаться руки, тем более смутно будут восприниматься движения. Так и должно быть, если не поддаваться искушению перевести взгляд прямо на то, что движется сбоку или чуть сзади. Главное здесь выработать способность выравнивать на периферии взгляда любые малейшие движения и сразу оценивать их характер. Данному принципу тренировки можно следовать также в работе с партнером или двумя партнерами, которые манипулируют руками, рисуя в воздухе геометрические и иные фигуры, цифры, буквы, сжимают или разжимают кулаки [7].

**Комплексное упражнение, направленное на развитие потенциальных возможностей газодымозащитника, в том числе периферийного зрения (горизонтальное периферийное зрение).**

Цель комплекса: физическая и профессионально-техническая подготовка газодымозащитника. Упражнение выполняется в составе групп, минимальным составом 2 человека. Упражнение выполняется на площадке перед учебной пожарной башней, затем на самой башне. Форма одежды: боевая одежда и снаряжение. Исходное положение: группа, выполняющая упражнение находится за 40 метров от подушки учебной пожарной башни. Перед группой находится стеллаж, на котором лежат дыхательные аппараты. Через 15 метров от места начала упражнения в сложенном состоянии располагается лестница палка, количество лестниц зависит от состава группы. Во второй этаж башни подвешена штурмовая лестница.

**Комплексное упражнение состоит из пяти этапов:**

1. Надевание и включение в дыхательный аппарат.

По команде командира звена ГДЗС, назначенного преподавателем, группа подходит к стеллажу и выполняет норматив надевание дыхательного аппарата с последующим включением, при этом должны выполняться все этапы рабочей проверки.

2. Преодоление дистанции в приседе.

После выполнения предыдущего этапа, звено ГДЗС принимает положение «присед руки на плечи партнеру». Газодымозащитники должны выдерживать в своем передвижении одну ровную линию, осуществляя контроль за передвижением партнера не только с помощью рук, но в первую очередь, стараться видеть его боковым зрением, при этом взор должен быть направлен строго вперед. Длина этапа в данном случае – 15 метров.

3. Групповой перенос ЛП.

По завершении 2 этапа, группа берет лестницу. Если группа состоит из двух человек, то они укладывают лестницу концами тетив друг другу на плечи. В случае участия в выполнении упражнения трех и более газодымозащитников, у оказывающихся в середине на плечах будут находиться концы двух разных лестниц. Закрепив, таким образом, лестницу, звено продолжает движение, главной задачей которого является выдержка ровной прямой линии. При выполнении упражнения взор направлен строго вперед, контроль за партнером производится периферийным зрением. Длина этапа – 15 метров.

4. Индивидуальный перенос ЛП.

При выполнении данного упражнения, газодымозащитники размыкаются, оставляя у себя по одной лестнице, таким образом, чтобы оказаться на разных дорожках. Затем лестница переводится в положение над головой, дойдя до подушки безо-

пасности принимается положение «подготовка к установке», а затем производится сама установка в промежуток между окнами, таким образом, чтобы не создавать помех последующему подъему по штурмовой лестнице. Стоит отметить, что передвижение и установка должны производиться синхронно, контроль за передвижениями и установкой должен осуществляться также по средствам периферийного зрения.

#### 5. Подъем по штурмовой лестнице.

На данном этапе газодымозащитники подходят к подвешенным штурмовым лестницам, смотря строго перед собой, выполняют параллельный подъем в окно второго этажа учебной башни.

Комплекс, не стоит выполнять на скорость, основная задача – выполнение на правильность всех элементов упражнения. При первоначальном успешном выполнении, для усложнения задачи рекомендуется выполнять круговую тренировку, с небольшим отдыхом между подходами. Еще одним усложняющим фактором может послужить приглушение света, что будет способствовать тренировки как остроты, так и поля зрения в темноте.

На данный момент были проведены лишь пробные тренировки, предварительным результатам можно сделать следующие заключения. У курсантов улучшились навыки по выполнению норматива одевания дыхательного аппарата со включением; стало появляться чувство партнера при работе звеньями, также повысились показатели при подъеме по штурмовой лестнице в окно второго этажа.

На основании выше изложенного можно сделать вывод о том, что использование комплекса упражнений для развития периферийного зрения с пожарно-техническим оборудованием в рамках учебных занятий по дисциплинам «Подготовка газодымозащитника», «Пожарно-строевая подготовка», «Физическая культура» будет оказывать положительное влияние на улучшение работоспособности зрительного анализатора и развитие периферического зрения газодымозащитников.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Centr of Fire Statistics. World Fire Statistics- № 20, 2015.
2. KOCH, C. C.: Visual training and sports. American Journal of Optometry and Archives of American Academy of Optometry 26 (1949), 29-30.
3. LOW, F. N.: The peripheral visual acuity of 100 subjects. American Journal of Physiology 140 (1943), 83-88.
4. LOW, F. N.: Some characteristics of peripheral visual performance. American Journal of Physiology 146 (1946), 573-584 .
5. Morecraft, R.J., Rockland, K.S., van Hoesen, G.W., 2000. Localization of area prostriata and its projection to the cingulate motor cortex in the rhesus monkey. Cereb. Cortex 10, 192–203.
6. SAILOR, A. L.: Effect of practice on expansion of peripheral vision. Perceptual and Motor Skills 7 (1973) 3, 720722
7. Фомин В.П., Линдер И.Б. Диалог о боевых искусствах востока. – М.: Мол. гвардия, 1990. – 363[5] с., ил.

УДК 621.787.

*М. Ю. Волкова, Е. В. Егорычева*

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

## **КОМПЛЕКСНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ**

Статья посвящена методически обоснованному комплексному использованию электронных средств в учебном процессе. Исследование направлено на организацию и применение современных концепций в высшем образовании согласно ФОС.

**Ключевые слова:** Учебный процесс, образовательная деятельности, электронные средства, методический подход, ресурсное обеспечение.

*M. Yu. Volkova, E. V. Egorycheva*

## **COMPLEX USING OF ELECTRONIC MEANS IN THE EDUCATIONAL PROCESS**

The article is devoted to methodically substantiated using of electronic means in the educational process. The study is aimed at the organization and application of modern concepts in higher education in accordance with the WCF.

**Keywords:** educational process, educational activities, electronic means, methodical approach, resource support.

В настоящее время стандарты высшего образования предполагают формирование у студентов согласованного комплекса компетенций. Использование системных обоснованных методов позволяет, при этом, успешно решать практические задачи в широком спектре разнообразных профессиональных ситуаций.

Взаимодействие со студентами, как с участниками единого образовательного процесса, позволяет не только увеличить заинтересованность в получении выбранной профессии, но и направить их усилия на достижение личностных образовательных результатов.

Современное комплексное образование предполагает, в том числе, создание объемного ресурсного обеспечения по изучаемым дисциплинам. Разработка методических и наглядных пособий занимает свое традиционное место. Печатные издания пользуются популярностью у студентов и облегчают изучение материала. При этом создание дополнительной базы в объеме электронных учебников дает возможность увеличить заинтересованность студентов в повышении качества образования. Программа создания электронных учебников расширяет возможности профессионального образования и позволяет объединить несколько ресурсов.

Электронный учебник позволяет, пользуясь использованием различных ссылок (таких как система «якорей») находить путь к самой программе «Help & Manual». Это, в свою очередь, дает возможность уже в рамках программы проводить различ-

ные манипуляции с созданными или создаваемыми изображениями, корректировать их, вносить в короткий срок дополнительную информацию. В тексте электронного учебника можно использовать ссылки и на другие программы. Например, программы 3D-MAX, AutoCAD, КОМПАС. (рис.1).

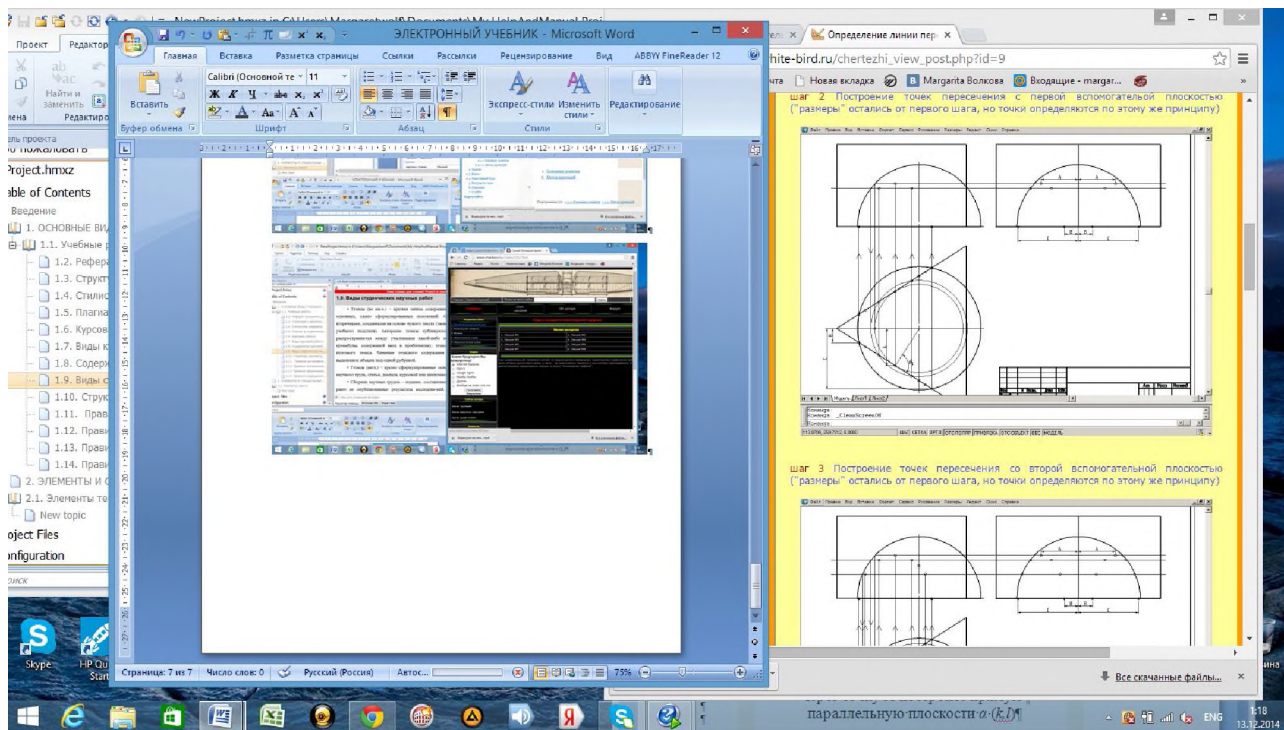


Рис. 1. Пример создания электронного учебника с использованием интернет-ресурсов

Так как на протяжении всего периода обучения, в соответствии с заданными компетенциями, студенты выполняют множество графических, письменных учебно-научных и творческих работ, то использование интернет-ресурсов позволит организовать достаточно мобильное взаимодействие студент-преподаватель. При этом информационные и коммуникационные технологии (ИКТ), позволяют повысить значимость проведенных работ в рамках их представления в виде рефератов, научных докладов, публикаций. Навыки, приобретаемые в процессе подготовки творческих заданий и исследований, помогают студентам выполнять плановые учебно-научные работы на более высоком качественном уровне.

Методический подход для комплексного решения конкретных задач при подготовке тех или иных учебно-научных и творческих работ различен, но методологические основы, такие как систематичность, логика, анализ, обобщение, структурирование являются общими для всех работ студенческой научной и учебной направленности, равно как и правила оформления выполняемых работ.

Отмечено, что так как качество современного учебного процесса это составная процессуальная часть дидактической системы напрямую связанная с улучшением технологий и методов обучения, то результатом любой направленной деятельности студентов является не только разработка, но и оформление различных курсовых работ (проектов), научных студенческих работ, в том числе научных рефератов, докладов.

Некоторые из них, такие как семестровые задания и курсовые работы, предусматриваются учебными планами университета. Электронные учебные ресурсы позволяют освоить программы 3D-MAX, AutoCAD, КОМПАС как в объеме, необходимом для учебного процесса так их углубленные варианты для улучшения профессиональных навыков. Данные виды учебных и научных студенческих работ способны продемонстрировать профессиональные компетенции работы с источниками различной информации, справочной и учебной литературой, а также профессиональные способности использования своих теоретических знаний в практической деятельности.

Выявлено, что наилучшие результаты достигаются при использовании комплексного сочетания в образовательном процессе различных программных и электронных ресурсов, а также комплексного подхода по формированию компетенций в образовательном процессе.

В результате исследований выявлено, что концепция качества образования складывается одновременно из нескольких составляющих: определение новых подходов и путей реализации, формирование различных показателей оценки учебной деятельности, аспектов качества каждого этапа образовательного процесса.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Волкова, М.Ю. Исследование современных технологий для улучшения качества образовательного процесса // Состояние и перспективы развития электротехнологии (XVII Бенардосовские чтения). – Иваново, 2013 г., том 3. – С.282-285.

2. Волкова, М.Ю. Использование информационных систем для повышения образовательного процесса // Материалы международной научно-технической конференции «Состояние и перспективы развития электро- и теплотехнологии» (XIII Бенардосовские чтения). – Иваново: ФГБОУ ВПО Ивановский государственный энергетический университет. – 2015. – Т.3. – С.381 – 384.

3. Волкова, М.Ю. Информационные технологии в образовательном процессе // Информационная среда вуза. Материалы XXII Международной научно-технической конференции: материалы конференции. – Иваново: ФГБОУ ВО «Ивановский государственный политехнический университет». Издательский центр ДИВТ ИПК «Пресс Сто». – 2015. – С.41 – 43.

УДК 614.843, 378.1

*С. А. Гарелина, К. П. Латышенко*

ФГБВОУ ВО «Академия гражданской защиты МЧС России»

#### **РАЗРАБОТКА КОМПЛЕКТА УЧЕБНОГО ПОСОБИЯ «АНАЛИЗ И РАСЧЁТ АВАРИЙНО-СПАСАТЕЛЬНОГО ИНСТРУМЕНТА И ОБОРУДОВАНИЯ»**

В работе показана важность междисциплинарных связей для повышения качества образования. Описана концепция создаваемого учебного пособия «Анализ и расчёт аварийно-спасательного инструмента и оборудования» в шести частях и раскрыто содержание первых двух частей.

**Ключевые слова:** аварийно-спасательный инструмент, оборудование, строительные изделия и материалы, анализ, рекомендации.

*S. A. Garelina, K. P. Latyshenko*

## DEVELOPMENT OF KIT TUTORIAL «ANALYSIS AND CALCULATION OF RESCUE TOOLS AND EQUIPMEN»

This paper shows the importance of the interdisciplinary connections in order to improve quality of education. It describes the concept created by the textbook «The analysis and calculation of rescue tools and equipment» in six parts and disclosed the contents of the first two parts.

**Keywords:** rescue tool, equipment, construction products and materials, analysis, recommendations.

Современное образование направлено на формирование профессиональной компетентности выпускника, необходимой для осуществления им результативной профессиональной деятельности.

Компетентностный подход заключается не только в наращивании отдельных знаний, умений и навыков, а в наличии способности и готовности выпускника к их применению. В АГЗ МЧС России это можно выполнить при помощи междисциплинарной интеграции, заключающейся во взаимопроникновении содержания разных учебных дисциплин и создании единого образовательного пространства.

В настоящей работе реализован подход, позволяющий осуществить междисциплинарную интеграцию дисциплин «Механика», включающую в себя Теоретическую механику, Теорию механизмов и машин, Сопромат и Детали машин, и «Аварийно-спасательный инструмент и оборудование».

Аварийно-спасательный инструмент (АСИ) – инструмент, применяемый при ведении работ, направленных на извлечение (разблокирование) пострадавших при выполнении аварийно-спасательных и других неотложных работ в условиях ЧС.

Для укрепления междисциплинарных связей мы во взаимодействии с кафедрой «Аварийно-спасательные работы» готовим комплект учебных пособий «Анализ и расчёт аварийно-спасательного инструмента и оборудования».

В его состав входят:

Часть 1. Физические и механические свойства строительных изделий, конструкций и материалов. В первой главе даны основы дисциплины «Механика» (Теоретическая механика, Теория механизмов и машин, Сопромат и Детали машин). Во второй главе приведены сведения о ЧС и повреждении зданий и сооружений (ЗС), классификация ЗС, а также данные об их конструкции. В третьей главе приведены определения, классификация и физико-механические характеристики таких строительных изделий и конструкций, как блоки и плиты железобетонные фундаментные, плиты перекрытий, железобетонные колонны, ригели, балки, лестничные балки, блоки стеновые, фермы железобетонные, панели одно- и двухслойные, арматура, и строительных материалов: металлопрокат (железо кровельное, швеллер, двутавр, уголок и др.), кирпич, камень, древесина для несущих конструкций, цемент, песок щебень, гравий, грунт.

Часть 2. Анализ и расчёт механического аварийно-спасательного инструмента. В первой главе даны сведения об аварийно-спасательном инструменте и оборудовании. Во второй главе рассмотрен ручной механический АСИ. В третьей главе проведён анализ и расчёт следующего аварийно-спасательного механического инструмента:

- инструмент для резки и перекусывания конструкций: ножницы по металлу, кусачки, ножовка по металлу, ножовка по дереву;
- инструмент для подъёма, перемещения и фиксации строительных конструкций: лом, багор, крюк пожарный, крюк для открывания крышек колодцев гидрантов, лопата, домкрат реечный и винтовой, полиспасть, тренога монтажная, канаты, канатные стропы, цепи грузоподъёмные;
- инструмент для пробивания отверстий и проёмов в строительных конструкциях, дробления крупных элементов: кувалда, молоток, топор пожарный и строительный, лом.

Для каждого из указанных видов ручного АСИ приведён принцип его действия, построена его математическая модель, проведён расчёт, даны рекомендации по применению.

Приведён расчёт реечного и винтового домкрата, стальных канатов, канатных стропов, полиспаста, монтажной треноги.

Часть 3. Анализ и расчёт гидравлического аварийно-спасательного инструмента.

Часть 4. Анализ и расчёт пневматического аварийно-спасательного инструмента.

Часть 5. Анализ и расчёт электрического аварийно-спасательного инструмента.

Часть 6. Анализ и расчёт механического аварийно-спасательного оборудования.

В них мы описываем принцип действия инструмента, рассчитываем развиваемые усилия, перемещения, определяем усилия передвижения, перекусывания, перепиливания и т.д. Кроме того, строим кинематические схемы, планы скоростей и ускорений, даём рекомендации по применению. Это позволит преподавателю «Механики» приводить примеры на лекциях, проводить практические занятия с расчётом конкретного инструмента.

Комплект учебных пособий позволит курсантам прийти на выпускающую кафедру теоретически подготовленными к своей профессиональной деятельности.

В настоящее время подготовлены первые два учебных пособия.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 16714–71 Инструмент пожарный ручной немеханизированный. Технические условия.
2. ГОСТ Р 22.0.02–94 БЧС. Термины и определения основных понятий.
3. ГОСТ Р 22.9.01–95 БЧС. Аварийно-спасательный инструмент и оборудование. Общие технические требования.
4. ГОСТ Р 22.9.17–2014 БЧС. Инструмент аварийно-спасательный пневматический. Общие технические требования.
5. ГОСТ Р 22.9.18–2014 БЧС. Инструмент аварийно-спасательный гидравлический. Общие технические требования.
6. ГОСТ Р 22.9.22–2014 БЧС. Аварийно-спасательные средства. Классификация.
7. ГОСТ Р 22.9.28–2014 БЧС. Инструмент аварийно-спасательный. Классификация.
8. ГОСТ Р 22.9.31–2015 БЧС. Инструмент аварийно-спасательный электрический. Общие технические требования.
9. ГОСТ Р 51542–2000 Инструмент аварийно-спасательный переносной. Классификация.
10. Федорук В.С. Организация и ведение аварийно-спасательных работ. Ч. 3. Аварийно-спасательный инструмент и оборудование. Книга 1 / В.С. Федорук. – Химки: АГЗ МЧС России, 2012. – 156 с.



11. Федорук, В.С. Организация и ведение аварийно-спасательных работ. Ч. 3. Аварийно-спасательный инструмент и оборудование. Книга 2 / В.С. Федорук, С.А. Харитонов, В.Г. Желтов. – Химки: АГЗ МЧС России, 2012. – 173 с.

УДК 378.147

*С. Е. Губенку*

ФГБОУ ВО «Академия ГПС МЧС России»

## **НЕОБХОДИМЫЕ УСЛОВИЯ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМЫ КАЧЕСТВЕННОЙ ПОДГОТОВКИ СОТРУДНИКОВ СГЗиЧС МВД РЕСПУБЛИКИ МОЛДОВА**

На текущий момент складывается ситуация, когда руководство страны пытается путем оптимизации трудовых ресурсов улучшить качество сферы предоставления услуг. В сфере внутренних войск страны данный механизм приводит исключительно к негативным последствиям. В частности, опытные специалисты вынуждены уволиться с мест работы, в то время, как подрастающее поколение еще не готово играть полноценную роль. В статье представлены необходимые условия для возможного решения данной проблемы.

**Ключевые слова:** проблемы подготовки, новые методы.

*S. E. Gubenku*

## **NECESSARY CONDITIONS SOLUTION PROBLEM OF HIGH-QUALITY TRAINING STAFF SERVICE OF CPES OF MIA REPUBLIC OF MOLDOVA**

Not present situation develops a situation when the country leaders try to improve quality sphere of provision services by optimization work force. In sphere of internal troop's country, this mechanism leads only to negative consequences. In particular, experienced specialists are forced will leave from places of employment while the younger generation is not ready to play a full-fledged role yet. In article, necessary conditions for possible solution of this problem provided.

**Keywords:** preparation problems, new methods.

Во многих странах, включая Республику Молдова (РМ), принято оперировать понятием *команда* при рационализации моделей как корпоративного, так и государственного управления. При этом предполагается следующее утверждение: команда является силой когда кадровый потенциал обеспечивает высокое качество управленческой деятельности и, как минимум, превышает возможности отдельного руководителя. Эффективная команда – это сочетание опыта и профессионализма, новаторства и консерватизма. С другой стороны, анализ текущих показателей РМ выявил, что на данный момент на практике практически отсутствует несколько важнейших элементов:

- система выявления потенциальных кадров, способных работать в условиях командного управления;
- специализированное образовательное учебное учреждение в области пожаротушения и/или гражданской защиты для подготовки и повышения квалификации управленческих кадров;

- система инвестирования подготовки менеджеров, государственного муниципального мониторинга управленческой деятельности;
- информационная сеть между управленческими командами на государственном и муниципальном уровнях, а также между командами, работающими в организациях различных форм собственности.

С учетом важности сферы деятельности, указанные проблемы можно решить только в рамках государственной кадровой политики. В этих условиях формирование кадрового потенциала должно осуществляться в соответствии с основами конституционного строя и с учетом смены системы ценностей и социальных приоритетов. Необходимо учесть, что система формирования и государственного регулирования развития кадрового потенциала использует возможности для консолидации общества, сохранения единого социально-культурного пространства страны, роста благополучия граждан. При этом приоритетным направлением является образование.

Успешное решение задач формирования и государственного регулирования кадрового потенциала, обеспечение адекватности структуры тенденциям развития страны должно основываться на следующих условиях [1]:

- необходимо принять комплекс правовых актов, призванных обозначить концептуальные направления, принципы и средства работы с персоналом, необходимость государственного контроля за реализацией кадровой политики;
- необходима эффективная система профессионального образования, включающая специализированные государственные и негосударственные учебные заведения и образовательные центры, а также учебные заведения других стран обеспечивающие непрерывность подготовки, переподготовки и повышения квалификации как с отрывом, так и без отрыва от производства;
- необходимы эффективные механизмы, гарантирующие равные права при найме на работу и увольнении по установленным основаниям, предусматривающие всестороннюю заинтересованность работодателя в высоких профессиональных качествах персонала.

Качественные и количественные характеристики кадрового потенциала страны должны стать объектом анализа и государственного регулирования с учетом общественных потребностей.

Дальнейший анализ показал, что на данный момент в РМ практически отсутствуют профильные учебные учреждения в области пожаротушения и гражданской защиты. Синтез основных пунктов отчетов образовательной среды выявил, что адекватное отношение к специалистам не стало нормой управленческой деятельности. Неудовлетворенность специализированных кадров отношением работодателя к профессиональным способностям, к личности специалиста, к уровню оплаты труда, отсутствие продуманных систем мотивации и неспособность государства обеспечить условия реализации конституционных гарантий граждан на свободное использование и распоряжение способностями, в последнее время повлекла за собой увольнение квалифицированных специалистов.

На данный момент менее 10% из числа командного состава имеют нужное специализированное образовательное в области пожаротушения и/или гражданской защиты. Данный факт действует отрицательно к качественному подходу к организации и проведения теоретических и практических занятий с личным составом по месту службы. Более подробные данные о текущем состоянии представлены в табл. 1.

Таблица 1. Статистика л/с Службы гражданской защиты и чрезвычайных ситуаций МВД Республики Молдова

СГЗ и ЧС	Согласно штатам					По факту					Некомплект				
	Офиц.	Серж.	Гражд.	Гос. служ.	Всего	Офиц.	Серж.	Гражд.	Гос. служ.	Всего	Офиц.	Серж.	Гражд.	Гос. служ.	Всего
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Центр. аппарат и подч.	20 2	97	34	10	343	197	86	32	10	325	5	11	1	0	17
Територ. органы	54 5	15 39	46	1	213 1	523	14 92	39	1	205 5	22	47	7	0	76
<b>Всего</b>	74 7	16 36	80	11	247 4	720	15 78	71	11	238 0	27	58	8	0	93

Обучаемые во внешних организациях на данный момент офицеры представлены в табл. 2.

Таблица 2. Обучаемые на текущий момент офицеры

Спец. образование в учебных заведениях	Служат всего (из них: маг./к.н./д.н.)	Учатся всего (бак./маг./адью.)
АГПС МЧС России	5 (2/0/0)	15 очно (14/0/1) 5 заочно (2/1/2)
АГЗ МЧС России	26 (15/0/0)	7 очно (4/3/0)
Факультет пожарных в Академии Полиции Румынии	17 (0/0/0)	17 очно (18/0/0)
ЛПТУ СССР	5 (0/0/0)	0 (0/0/0)
<b>Всего</b>	<b>53</b>	<b>39 очно и 5 заочно</b>

Подводя текущие итоги можно с уверенностью сказать, что выходы в данной ситуации есть, но уже необходимо обратить внимание на проблемы.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Рыженко А.А., Аманкешулы Д., Губенку С.Е. Моделирование системы этапной подготовки экспертов-аналитиков техносферной безопасности / Технологии техносферной безопасности: интернет-журнал. – 2016. - Выпуск № 6 (70). – 8 с. - Режим доступа: <http://ipb.mos.ru/ttb>

УДК 004.92

*Г. Д. Демидова, М. Ю. Колобов*

ФГБОУ ВО «Ивановский государственный химико-технологический университет»

## **КОМПЬЮТЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРИ ИЗУЧЕНИИ ИНЖЕНЕРНОЙ ГРАФИКИ В СИСТЕМЕ «ШКОЛА–ТЕХНИЧЕСКИЙ ВУЗ»**

Для формирования целостного учебно-воспитательного процесса в рамках непрерывного образования в системе «школа – технический вуз» создан химический лицей при ИГХТУ, с целью обеспечить взаимодействие средней и высшей школы на основе преемственности. Использование инновационных компьютерных технологий значительно повышают возможности лицейстов по формированию основы инженерных знаний.

**Ключевые слова:** Компьютерные технологии, инженерная графика, система «школа–технический вуз», преемственность, химический лицей.

*G. D. Demidova, M. Yu. Kolobov*

## **COMPUTER TECHNOLOGY IN THE STUDY OF ENGINEERING GRAPHICS IN THE SYSTEM «SCHOOL–TECHNICAL COLLEGE»**

For the formation of a holistic educational process in the framework of the continuous education system «school–technical College» established chemical Lyceum when ISUCT, to ensure the interaction of secondary and higher schools on the basis of continuity. The use of innovative computer technology greatly enhance the ability of students to form the base of engineering knowledge.

**Keywords:** computer technology, engineering graphics, the system «school – technical College», continuity, chemical Lyceum.

Решение проблемы мотивированного выбора выпускниками школ направления дальнейшего образования и адаптации их к этому обучению в естественнонаучных областях год от года становится все более сложным и для самих выпускников и их родителей, и для вузов, работающих в этих областях. Преодоление этой тенденции невозможно без всестороннего развития взаимодействия представителей общего и высшего образования.

Под преемственностью понимается последовательное развертывание вузовской системы учебно-воспитательного процесса в диалектической связи с системой деятельности общеобразовательной школы с целью формирования студента как субъекта вузовского обучения и воспитания.

Преемственность в обучении находит свое проявление в следующем:

дальнейшее развитие у учащихся всего положительного, что заложено на предыдущих ступенях воспитания и обучения;

обеспечение системности знаний и дальнейшем развитии содержания, форм и методов обучения;

опережающее воспитание и обучение учащихся, что способствует совершенствованию личности.

Для формирования целостного учебно-воспитательного процесса в рамках непрерывного образования в системе «школа - технический вуз» создан химический лицей при ИГХТУ, с целью обеспечить взаимодействие средней и высшей школы на основе преемственности.

Химический лицей - это школа для учащихся 10-11-х классов, которая находится в стенах университета, а ее выпускники мотивированы на продолжение обучения в ИГХТУ.

Занятия в лицее проводят опытные преподаватели университета. Образовательный процесс регламентируется учебным планом, рабочим программами. Расписание занятий предусматривает пары учебных часов, что дает возможность использовать вузовские формы обучения (лекции, практические, семинарские занятия) и тем самым адаптировать будущих абитуриентов к обучению в высшей школе.

Университет предоставляет учебные лаборатории и оборудование для проведения всего комплекса практических и лабораторных занятий по химии, физике, информатике, черчению, спортивные и компьютерные залы.

Одной из компетенций, которую должен освоить обучающийся в техническом вузе, является владение графическим построением изображений.

Дисциплину «Инженерная графика» студенты технических вузов изучают на первом курсе. Традиционные цели дисциплины - развитие пространственного мышления, творческих способностей к анализу объемных форм на основе их графических отображений, приобретение знаний и умений инженерного документирования, остаются актуальными и сегодня.

В настоящее время черчение – необязательный предмет в школе (по выбору для администрации школы). Большинство школ отказалось от данного предмета. И серьезная проблема возникает у школьников, поступивших в технический вуз, при изучении инженерной графики.

Учащиеся химического лицея в течение учебного года осваивают основы черчения (1 полугодие) и знакомятся с графическим редактором КОМПАС-ЗБ (2 полугодие). Комплекты заданий разработаны для лицейстов с учетом школьной программы. Разработано учебное пособие для учащихся химического лицея, где в доступной для школьников форме изложены основные правила выполнения чертежей и основы проектирования [1]. Современные информационные технологии позволяют отказаться от традиционной техники создания чертежей с помощью циркуля и линейки. Однако мы посчитали целесообразным в процессе обучения лицейстов применить сочетание ручного и компьютерного вариантов выполнения работ.

В ИГХТУ на кафедре механики и компьютерной графики в современном компьютерном классе проходят занятия с учащимися химического лицея. Формированию информационно-технологических знаний и умений на занятиях по инженерной графике способствует использование в процессе обучения мультимедийных инструментальных систем.

Мультимедийная технология дает возможность одновременно зрительного и слухового восприятия материала учащимися, значительно увеличивает скорость и качество усвоения материала, существенно усиливает практическую направленность в целом и повышает качество образования. Одним из главных достоинств мультимедийного урока является усиление наглядности.

Основоположник русской педагогики К.Д. Ушинский сказал: «Если вы входите в класс, от которого трудно добиться слова (а таких классов у нас не надо искать), начните показывать картинки, и класс заговорит, а главное, заговорит свободно».

Мультимедийная презентация – один из эффективных методов организации обучения на уроках, мощное педагогическое средство, выходящее за рамки традиционной классно-урочной системы. При этом предполагается активное общение, имеется возможность задавать вопросы, делать пояснения, коллективно рассматривать и обсуждать чертежи. Электронные методические пособия, разработанные преподавателями, размещены на сайте кафедры и могут использоваться для самостоятельной работы лицеистами.

Одним из важнейших элементов учебного процесса является контроль уровня знаний учащихся, от правильной организации которого во многом зависит эффективность обучения. Преподавателями кафедры были разработаны трехуровневые электронные тесты (минимальный уровень, базовый уровень, продвинутый уровень) по изучаемым темам дисциплины. Применение тестового контроля позволяет объективно оценить уровень знаний лицеиста и повышает эффективность учебного процесса.

В настоящее время использование инновационных компьютерных технологий значительно повышают возможности по формированию основы инженерных знаний.

В результате взаимодействия химического лицея и ИГХТУ повышается образовательный уровень учащихся, обеспечивается всестороннее развитие личности, создается система ранней профориентации, идет успешное поступление в вуз, в результате этого взаимодействия учащиеся приобщаются к вузовской системе обучения в стенах среднего образовательного учреждения, облегчается их адаптацию при переходе в вуз, обеспечивается непрерывность и преемственность школьного и вузовского образования. Одновременно осуществляется интеграция средней и высшей школы.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Демидова, Г.Д. Инженерная графика: учеб. пособие / Г.Д. Демидова, М.Ю. Колобов; Иван. гос. хим.-технол. ун-т. – Иваново, 2013. – 76 с.

УДК: 002.6:37.016

*Н. Е. Егорова*

ФГБОУ ВО «Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России»

#### **ИНТЕРАКТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРИ ОБУЧЕНИИ НАВЫКАМ АЛГОРИТМИЗАЦИИ**

В статье обосновывается актуальность и необходимость применения в учебном процессе на занятиях по информатике интерактивных обучающих приложений. Разработанный интерактивный модуль позволяет эффективно организовать практические и самостоятельные занятия обучающихся.

**Ключевые слова:** Алгоритмизация, блок-схема, информатика, учебный процесс.

*N. E. Egorova*

## THREAD CONNECTIONS RELIABILITY INCREASING

In article the urgency and necessity of application in educational process when studying computer science of interactive learning applications. Developed an interactive module allows you to effectively organize the practical and self-study.

**Keywords:** algorithmic, block diagram, informatics, the learning process.

Одной из основных тем курса информатики и информационных технологий является тема «Алгоритмизация и программирование». При этом следует обратить внимание, что освоение основ алгоритмизации, а затем и программирования, вызывает существенные затруднения у значительной части обучающихся. Действительно, представленная тема и с точки зрения преподавателей является сложнейшей в рамках данной учебной дисциплины.

При этом, по оценке ряда специалистов, ситуация, сложившаяся вокруг преподавания программирования, является проблемной. Нынешнее положение курса алгоритмизации и программирования можно назвать незавидным. Прослеживаются тенденции к его сокращению вплоть до полного вытеснения [1].

Согласно учебному плану, составленному в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования и основной образовательной программы высшего образования по специальности 20.05.01 Пожарная безопасность (уровень специалитета), на изучение информатики и информационных технологий отводится 108 часов, из которых 54 часа под практические занятия. Из этих 54 часов на алгоритмизацию и программирование выделяется 14 часов. Такого количества времени явно недостаточно для глубокого изучения основ алгоритмизации и программирования, это приводит к тому, что изучение некоторых вопросов данной темы проходит поверхностно, а некоторые исключаются вовсе.

Если учесть перечисленные выше факты, то задача совершенствования методики преподавания алгоритмизации и программирования видится актуальной. Одним из способов повышения качества подачи материала является использование обучающих программных приложений. Использование их на практических занятиях и в часы самостоятельной подготовки позволит существенно сократить время изучения и закрепления нового материала, а тем самым ускорить процесс обучения.

При изучении темы «Алгоритмизация и программирование» наибольшее внимание следует уделить именно основным принципам алгоритмизации и разработке самих алгоритмов, в этом случае обучающемуся в будущем будет легче перейти с одного языка программирования на другой [2].

В рамках электронного учебного пособия «Визуальное представление алгоритмов» был разработан интерактивный проверочный модуль (рис. 1), который позволяет:

- обучающемуся самостоятельно анализировать и разрабатывать структуры алгоритмов для задач различной сложности;
- преподавателю проводить проверку знаний и умений по теме «Алгоритмизация».

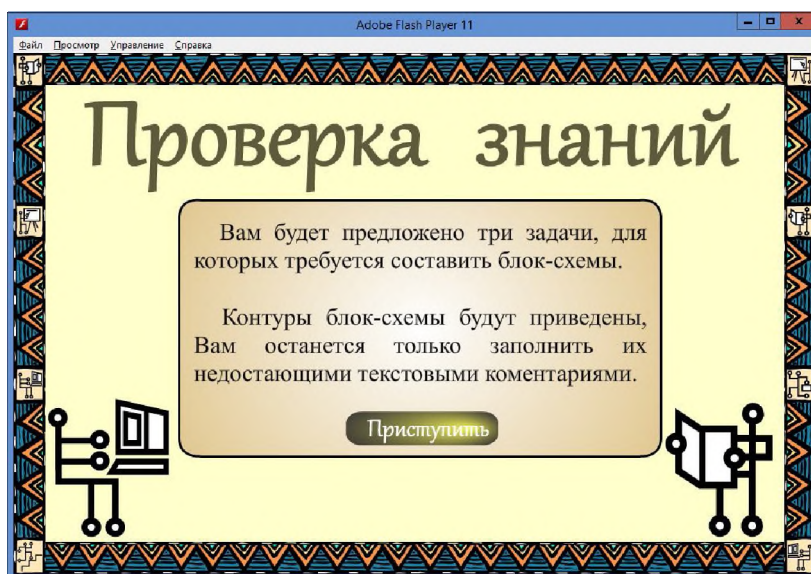


Рис. 1. Титульное окно интерактивного проверочного модуля

Электронное учебное пособие «Визуальное представление алгоритмов» технологически было реализовано в виде web-приложения, то есть наборов скриптов, выполняющихся либо на стороне сервера, либо на стороне клиента. Данная технология позволила обеспечить общедоступность созданного обучающего средства. Интерактивный проверочный модуль был разработан в среде Macromedia Flash 8.0 и внедрен на одну из web-страниц учебного пособия.

Первоочередной задачей при разработке данного модуля была возможность организации автоматической проверки умений и навыков обучающихся по составлению блок-схем различных структур (линейная, ветвящаяся, циклическая и смешанная). Во время практического занятия преподаватель ограничен временными рамками, а потому не имеет возможности проверить правильность составления алгоритмов большого числа разнообразных по сложности задач у всех присутствующих на занятии. Применение интерактивного проверочного модуля позволяет сократить время на проведение проверочной работы по предыдущим темам.

На рабочем экране модуля отображается условие поставленной задачи, пустой каркас готовой блок-схемы и набор текстовых наполнителей, среди которых есть неправильные, но весьма правдоподобные варианты (рис. 2).

Интерактивный проверочный модуль содержит несколько десятков различных задач, которые выдаются обучающемуся случайным образом.

Обучающийся должен путем обычного перетаскивания заполнить пустую блок-схему недостающими элементами. Кнопка «Проверить» запускает программу проверки правильности заполнения блоков алгоритма и, если имеются ошибочные блоки, выводится соответствующее сообщение «В блок-схеме есть ошибки. Исправляй!». Количество неверно заполненных блоков сохраняется в специальную переменную, значение которой будет увеличиваться и при следующих проверках, содержащих ошибки. Только, когда блок-схема будет заполнена полностью правильно, выводится итоговое окно, в котором отображается общее число ошибок и итоговая оценка (рис. 3).



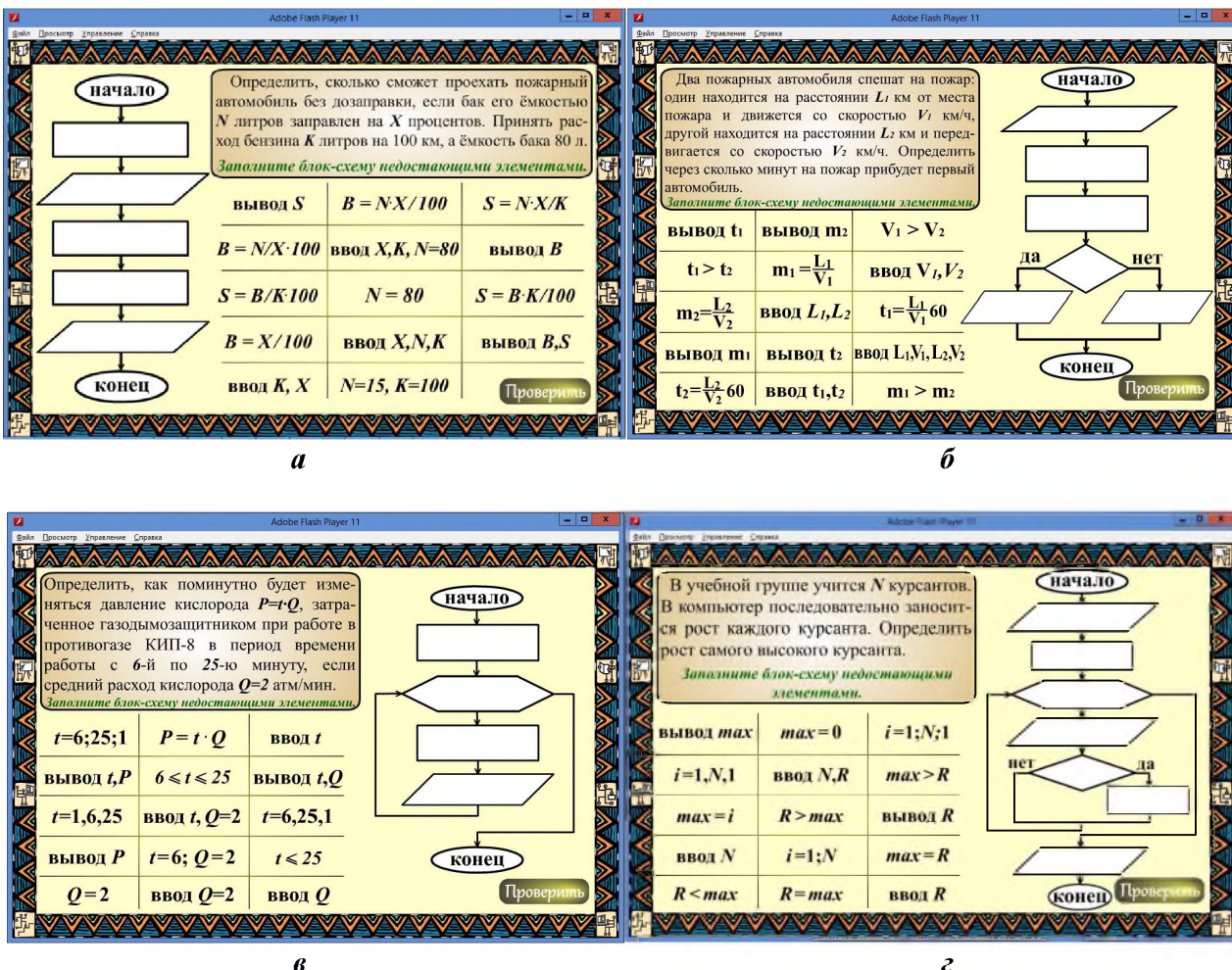


Рис. 2. Рабочий экран интерактивного проверочного модуля (а – алгоритм линейной структуры; б – алгоритм ветвящейся структуры; в – алгоритм циклической структуры; з – алгоритм смешанной структуры)

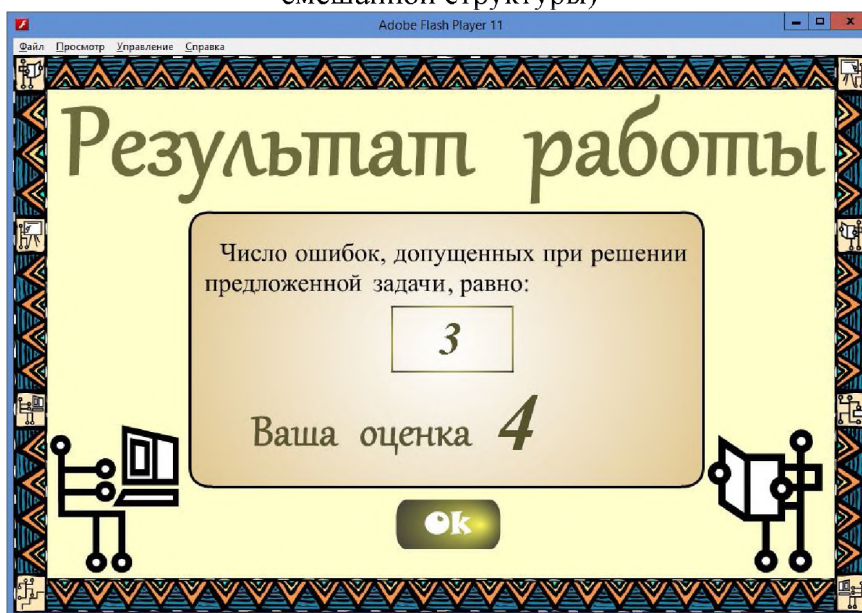


Рис. 3. Итоговое окно интерактивного проверочного модуля

Поскольку необдуманное заполнение элементов блок-схемы влечет за собой немалое количество ошибок, а значит неудовлетворительную отметку, обучающемуся невыгодно искать правильные наполнители методов простого перебора, а потому ему придется изучить основные принципы алгоритмизации.

Важную роль в методике обучения программированию следует отводить самостоятельной работе обучающихся, поскольку только самостоятельная разработка алгоритмов должным образом способствует развитию алгоритмического мышления и закреплению необходимых навыков.

Интерактивный проверочный модуль получил положительные отзывы обучающихся, а его использование на занятиях по информатике и информационным технологиям по сравнению с традиционными методами преподавания показало высокую эффективность.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Якименко, О. В. Применение обучающих программ-тренажеров в обучении программированию [Текст] / О. В. Якименко, А. Н. Стась // Вестник Томского государственного педагогического университета – 2009 г. – № 1, С. 54-56.

2. Егорова, Н. Е. Разработка электронного учебного пособия «Визуальное представление алгоритмов» [Текст] / Н. Е. Егорова, А. А. Арбузова // сборник материалов XI Международной научно-практической конференции «Пожарная и аварийная безопасность», посвященной году пожарной охраны. – Иваново: ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2016. – С. 501 – 503.

УДК 621.787

*Е. В. Егорычева, М. Ю. Волкова, А. А. Варфоломеева*

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

#### **ПРИМЕНЕНИЕ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРИ ПОСТРОЕНИИ ПЕРЕСЕЧЕНИЙ ПОВЕРХНОСТЕЙ**

Статья посвящена рассмотрению различных методов построения пересечения поверхностей. Важным аспектом при этом является построение 3-D моделей, их наглядность и возможность корректировки.

**Ключевые слова:** моделирование, поверхности, линия пересечения, алгоритмы построения, учебный процесс.

*E. V. Egorycheva, M. Yu. Volkova, A. A. Varfolomeyeva*

#### **APPLICATION OF SIMULATION IN CONSTRUCTION OF SURFACE CROSSINGS**

The article is devoted to the consideration of various methods for constructing the intersection of surfaces. An important aspect in this case is the construction of 3-D models, their clarity and the possibility of correction.

**Keywords:** modeling, surfaces, intersection line, construction algorithms, educational process.

В современном мире человека окружают предметы и конструкции сложных форм: автомобили, техника, здания, сложные механизмы, состоящие из пересекающихся геометрических тел. Важным этапом конструирования таких объектов является определение границ поверхностей, которыми являются линии их пересечения. В общем случае линия пересечения поверхностей может быть плоской или пространственной линией. Поверхности детали, подвергшиеся механической обработке, при пересечении образуют четкую линию, называемую линией пересечения, которую на чертеже обводят сплошной основной линией.

Линии пересечения поверхностей некоторых тел, например - литых или штампованных деталей, невозможно показать на чертеже четко из-за плавного перехода одной поверхности в другую. В этом случае воображаемая линия пересечения указывается на чертеже сплошной тонкой линией, в этом случае эту условную линию называют не линией пересечения, а линией перехода. Часто встречаются детали, которые имеют одновременно линии пересечения и перехода поверхностей. Построение линий пересечения и перехода поверхностей при выполнении чертежей различных технических деталей требует знания основных приемов начертательной геометрии, применяемых при взаимном пересечении геометрических тел.

Степень сложности построения линии пересечения напрямую зависит от вида пересекающихся поверхностей и их взаимного расположения.

Линия пересечения поверхностей вращения строится посредством использования вспомогательных секущих поверхностей-посредников. Вспомогательные секущие поверхности выбираются так, чтобы они, пересекаясь с данными поверхностями, давали простые для построения линии, например прямые и окружности. Из общей схемы построения линии пересечения поверхностей выделяют два основных метода – метод секущих плоскостей и метод секущих сфер.

Вспомогательными секущими плоскостями чаще всего выбирают плоскости частного положения проекций – плоскости уровня или проецирующие. Этот способ рекомендуется применять, если сечения заданных поверхностей одной и той же плоскостью являются прямыми линиями или окружностями (рис.1). В том случае, когда при пересечении обеих поверхностей одной секущей плоскостью невозможно получить в сечениях графически простые линии – прямые или окружности применяется способ вспомогательных секущих сфер. В качестве вспомогательной секущей поверхности-посредника используется сферическая поверхность. Способ концентрических сфер применяется в следующих случаях: оси вращения поверхностей пересекаются и параллельны плоскости проекции. Точка пересечения осей принимается за центр вспомогательных концентрических секущих сфер. Способ концентрических сфер основан на свойстве соосных поверхностей вращения, которые всегда пересекаются по параллелям (рис. 2).

Способ эксцентрических сфер основан на том, что около всякой окружности можно описать бесчисленное множество сфер, геометрическим местом центров которых является прямая, проходящая через центр окружности и перпендикулярная плоскости окружности. Этот способ применяется при определении линии пересечения поверхностей вращения со скрещивающимися осями и при определении линии пересечения поверхности вращения с поверхностью, имеющей круговые сечения. В обоих случаях обязательным является наличие общей плоскости симметрии (рис.3).

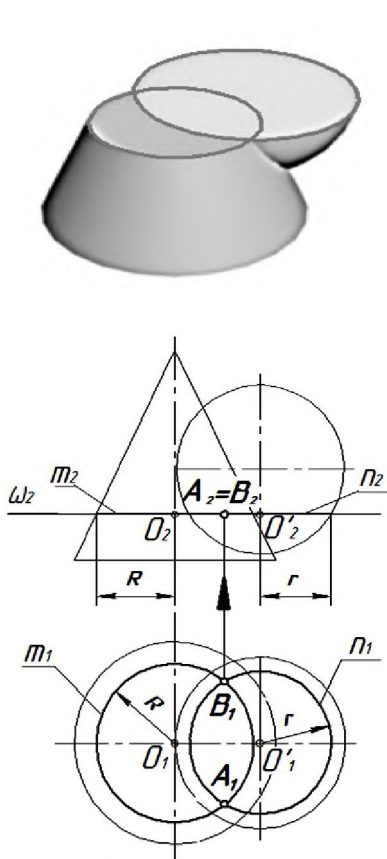


Рис. 1. Метод вспомогательных секущих плоскостей

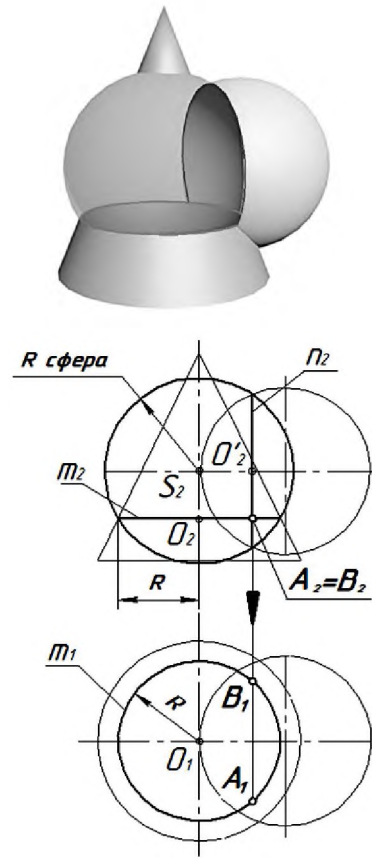
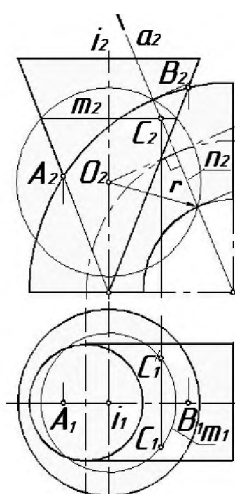
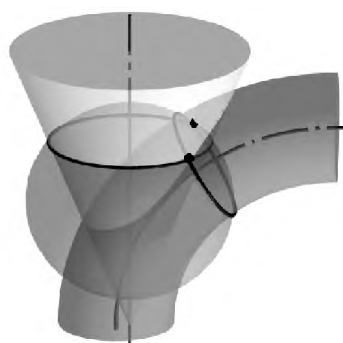


Рис. 2. Метод вспомогательных концентрических секущих сфер

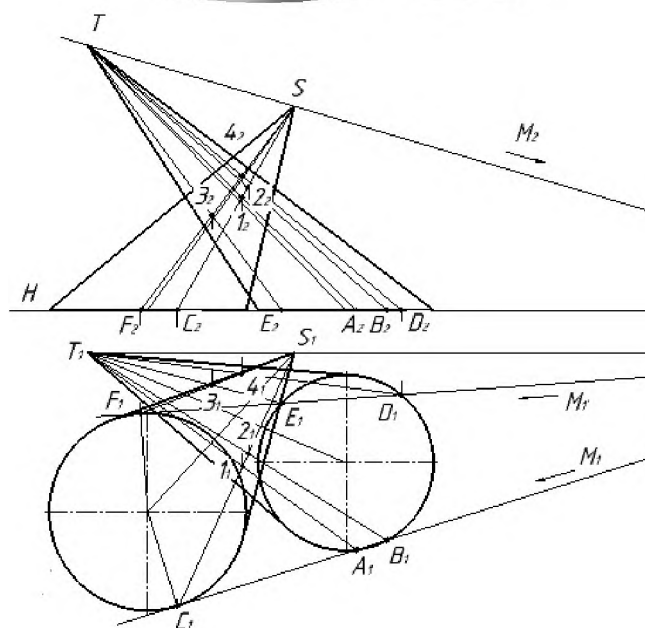
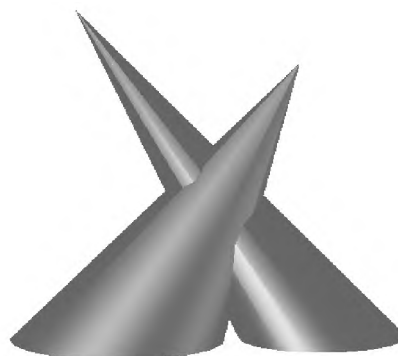
Но в более сложных случаях пересечения поверхностей, когда оси вращения скрещиваются, применяется принцип проведения вспомогательных секущих плоскостей общего положения, так называемый метод «качающихся плоскостей» (рис.4). Данные плоскости проводят через линию, соединяющую вершины тел вращения. Именно плоскость, проходящая через эту линию, будет давать простейшие сечения тел. Например, при сечении двух конусов, линии сечения поверхностей будут в форме прямых.

Необходимо отметить, что для построения пересечения поверхностей зачастую требуется использования сразу нескольких вариантов поверхностей-посредников, как вспомогательных секущих сфер, так и плоскостей.

Использование трехмерного моделирования намного улучшает понимание алгоритмов построения пересечения поверхностей. Пространственную модель можно рассмотреть с любой стороны, путем ее поворота и вращения. Это значительно повышает степень наглядности, упрощает построение линии пересечения поверхностей с обозначением контурных, экстремальных точек и позволяет избежать серьезных ошибок при построении. Имеется также возможность параметрического моделирования.



**Рис. 3.** Метод вспомогательных секущих плоскостей



**Рис. 4.** Метод вспомогательных плоскостей общего положения

Использование 3D-моделей в сочетании с их отображением на плоскости способствует лучшему усвоению и запоминанию алгоритмов построения пересечения поверхностей и всей конструкции в целом. Понимание, например, что конструкция зданий, представляет собой форму пересекающихся геометрических тел, дает возможность выбрать наиболее удобные и безопасные приемы по обслуживанию этих зданий, а также выбрать рациональную тактику ведения пожарно-спасательной операции, спецтехнику и оборудование.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Егорычева Е.В.* Геометрическое моделирование в современных технологиях обучения курсу «Инженерная и компьютерная графика» / Е.В. Егорычева, С.А. Новожилова, Е.П. Милосердов // Новый университет. Серия «Технические науки»: Журнал. – Йошкар-Ола: ООО «Коллективум». – 2013. – №7. – С.4 – 8.
2. *Егорычева Е.В., Бубнов К.Н.* Применение параметрического моделирования для решения задач по начертательной геометрии / Е.В. Егорычева, К.Н. Бубнов // VI Всероссийская научно-практическая конференция «Надежность и долговечность машин и механизмов» 16 апреля 2015 г.: материалы конференции / Министерство Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бед-

ствий.— Иваново: ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России.— 2015. — С.225 – 226

3. Информационное обеспечение в современных технологиях обучения графическим дисциплинам / С.А. Новожилова, Е.В. Егорычева // Геометрия и графика: Журнал.— Москва: ООО «Научно-издательский центр ИНФРА-М».— 2013.— №3.— т.1, ч.1. – С.33 – 35.

4. Анализ графической подготовки студентов художественных специальностей технических вузов / Е.В. Егорычева, М.Ю. Волкова // Новый университет. Серия «Технические науки»: Журнал.— Йошкар-Ола: ООО «Коллоквиум».— 2013.— №10. – С.4 – 7.

УДК 621.787

*Е. В. Егорычева, М. Ю. Волкова, И. П. Сорокин*

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

## **МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОСТРАНСТВА И ОБЛАСТИ ОТРАЖЕНИЯ В ПОМЕЩЕНИИ С ЗЕРКАЛЬНЫМИ ПОВЕРХНОСТЯМИ**

Статья посвящена рассмотрению вопроса зрительного увеличения помещения и определения зоны видимости посредством моделирования пространства при помощи зеркал.

**Ключевые слова:** моделирование, зеркальные поверхности, отражения, алгоритмы построения, визуальный эффект.

*E. V. Egorycheva, M. Yu. Volkova, I. P. Sorokin*

## **MODELING OF SPACE AND AREA OF REFLECTION IN A ROOM WITH MIRROR SURFACES**

The article is devoted to the problem of visual enlargement of the room and the definition of the zone of visibility through the modeling of space with the help of mirrors.

**Keywords:** modeling, mirror surfaces, reflections, construction algorithms, visual effect.

Применение зеркальных поверхностей в помещении может нести декоративную функцию, а также использоваться для моделирования пространства.

При применении отражающих поверхностей необходимо учитывать многие тонкости: освещение, количество, форма и размеры зеркал, углы, под которыми они располагаются, степень отражения зеркал и многие другие. При расположении зеркал в интерьере необходимо учитывать законы и виды отражения. Зеркала могут выполнять множество функций, например, с помощью их легко можно моделировать пространство помещений.

Для создания эффекта необходимо использовать несколько зеркал, отражаясь в нескольких зеркалах одновременно, ламповое освещение создаст визуальный простор во всем помещении. Для зрительного увеличения пространства помещения, можно установить зеркала по всей поверхности одной (рис.1,а) или двух стен (рис.1,б). Та-

ким образом, пространство помещения можно зрительно увеличить в несколько раз. Также, при помощи моделирования расположения отражающих поверхностей возможно увеличить высоту помещения. Например, применение зеркального потолка дает эффект продолжения стены и размытия границы перехода в потолок и, тем самым создается впечатление увеличение высоты и отсутствие потолка (рис.2).



а)



б)

**Рис. 1.** Расположение зеркальных поверхностей: а – по одной стене; б – по двум стенам

Для увеличения пространства можно создать так называемый «зеркальный коридор» (рис. 3). Для его виртуального воплощения необходимо поставить зеркала друг напротив друга, и таким образом, в зеркале отражается другое зеркало... в другом другом... и так далее. Визуально это также значительно увеличивает длину и объем самого коридора. При выполнении зеркалами функции декора, все зависит поставленной задачи, от оригинальности способа ее решения, но и здесь не стоит забывать про законы отражения. Например, можно расположить зеркала определенным образом, в виде мозаики, изогнуть их, украсить чем-либо, или украсить самим зеркалом что-либо, вариантов существует большое множество (рис. 4, 5). При составлении композиции необходимо учитывать и границ зоны, в которой предметы, расположенные на плоскости основания, будут видимы в зеркале.



**Рис. 2.** Расположение зеркальных поверхностей по потолку



**Рис. 3.** Зеркальный коридор



Рис. 4. Зеркальная мозаика

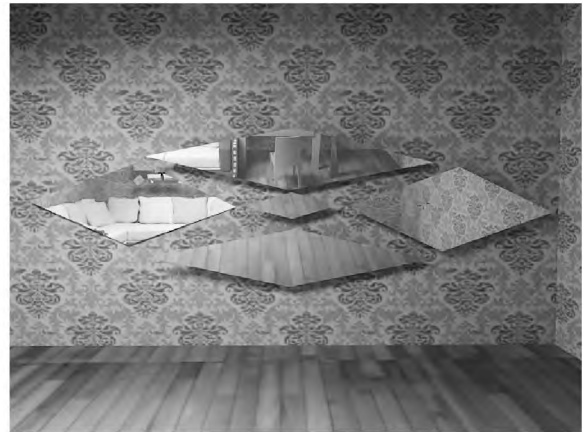


Рис. 5. Композиция зеркал

Сущность процесса отражения от зеркала заключается в том, что лучи света, попадая на поверхность зеркала, изменяют свое направление. Предметы, видимые в зеркале, расположены в отраженной от него части пола, которая имеет следующие особенности: ограничена четырьмя прямыми, лежащими в предметной плоскости пола и образует некоторый четырехугольник, который сливается с рамкой зеркала.

Построение отражений в плоском зеркале (рис.6, 7) состоит в проведении перпендикуляров к плоскости зеркала из всех характерных точек предмета; определению точек их пересечения; продолжению перпендикуляров за плоскость зеркала на расстояние, равное нахождению соответствующих точек предмета перед ним.

Отражения фигуры человека в вертикальных и наклонных зеркалах строятся аналогично построению отражения прямой линии.

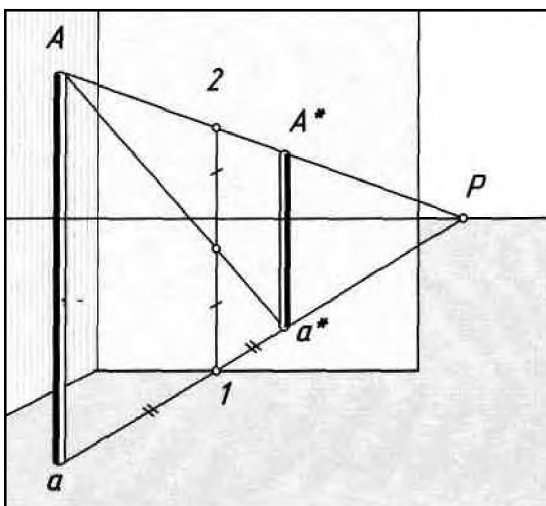


Рис. 6. Отражение в вертикальном зеркале



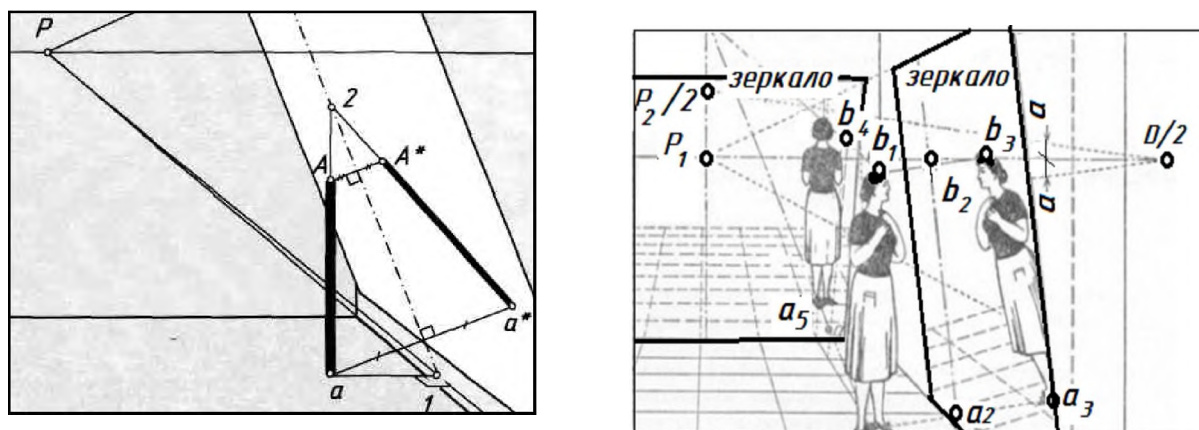


Рис.7. Отражение в наклонном зеркале

Моделирование отражений в зеркалах показано на рис. 8.



Рис. 8. Моделирование отражений

При создании интерьеров необходимо заранее просчитывать границы зоны видимости отраженных в зеркале предметов. Зеркальное отражение придает живописность произведению, создает глубину пространства, подчеркивает особенности архитектурного оформления помещений.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Егорычева Е.В. Геометрическое моделирование в современных технологиях обучения курсу «Инженерная и компьютерная графика» / Е.В. Егорычева, С.А. Новожилова, Е.П. Милосердов // Новый университет. Серия «Технические науки»: Журнал.– Йошкар-Ола: ООО «Коллоквиум».– 2013.–№7.– С.4 – 8.
4. Информационное обеспечение в современных технологиях обучения графическим дисциплинам / С.А. Новожилова, Е.В. Егорычева // Геометрия и графика: Журнал.— Москва: ООО «Научно-издательский центр ИНФРА-М».— 2013.— №3.— т.1, ч.1. – С.33 – 35.
3. Анализ графической подготовки студентов художественных специальностей технических вузов / Е.В. Егорычева, М.Ю. Волкова // Новый университет. Серия «Технические науки»: Журнал. Йошкар-Ола: ООО «Коллоквиум».— 2013.— №10. – С.4 – 7.

УДК 614.849

*Д. Ю. Захаров, О. Г. Волков, А. Н. Володин\**

ФГБОУ ВО «Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России»

\*ФГБОУ ВО «Ивановский государственный химико-технологический университет»

## **ФАКТОРЫ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ РАБОТУ ГАЗОДЫМОЗАЩИТНИКОВ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ЗАНЯТИЙ НА ОГНЕВОЙ ПОЛОСЕ ПСИХОЛОГИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ ПОЖАРНЫХ**

В статье рассматриваются факторы влияющие на работу газодымозащитника. К ним относятся повышенная температура, высокий уровень шума, использование средств индивидуальной защиты органов дыхания и зрения, которые создают дополнительное сопротивление дыханию.

**Ключевые слова:** средства индивидуальной защиты органов дыхания и зрения, газодымозащитник, уровень физической работоспособности, физическая подготовка.

*D. Y. Zakharov, O. G. Volkov, A. N. Volodin*

## **FACTORS DETERMINING THE WORK OF GAZODIMOSZASCHITNIKOV IN CONDUCTING LESSONS ON THE FIRE OF PSYCHOLOGICAL PREPARATION OF FIRE**

In the article the factors influencing the work of gas defender are considered. These include high temperature, high noise level, the use of personal respiratory protection and vision, which create additional resistance to breathing.

**Keywords:** means of individual protection of respiratory organs and eyesight, gas defender, level of physical working capacity, physical preparation.

По степени тяжести и опасности профессия пожарного (оперативное направление) относится по классификации Института гигиены труда и профзаболеваний АМН РФ к 4-й категории (тяжелый труд, связанный с личным риском, опасностью, ответственностью за безопасность других) [4].

Тяжесть и напряженность труда газодымозащитника характеризуются значительными физическими и психическими нагрузками, опасностью огневого воздействия, взрывов и обрушений, работой в широком диапазоне температур, вредностью рабочей среды (задымленностью помещения), высокой ответственностью за качество принимаемых решений, большим дефицитом времени выполнения поставленных задач и рядом других факторов [1,2].

Работы по развешиванию, с использованием пожарно-технического оборудования проводятся в условиях непригодных для дыхания среды, с применением средств индивидуальной защиты органов дыхания и зрения (далее – СИЗОД), с разборкой конструкций, спасанием людей и имущества, что предъявляет высокие требования к состоянию здоровья в целом и отдельных функциональных систем: центральной нервной системой, сердечнососудистой, дыхательной, гормональной и др [3]. Существенными стрессовыми факторами является шум, уровень которого иногда достигает 115 дБ в течение 30 минут, наличие в атмосфере пожара опасных и вредных

веществ и уменьшение содержания кислорода, снижение его в воздухе до 16...17 % в замкнутых объемах приводит человека к гипоксическим состояниям. Дальнейшее снижение содержания кислорода, а также наличие вредных и токсичных продуктов горения требуют использования средств СИЗОД. Они создают дополнительное сопротивление дыханию, что определяет значительную нагрузку на дыхательные мышцы, увеличивают объем так называемого «мертвого пространства» (участков дыхательных путей, в которых не происходит газообмен). Газодымозащитнику приходится дышать сжатым или регенерируемым воздухом, запасы которого ограничены емкостью баллонов.

Продолжительность профессиональных действий по тушению пожаров и спасению людей зависит, в основном, от сложившейся обстановки, а также имеющихся в распоряжении руководителя тушения пожара сил и средств, подготовленности личного состава пожарных подразделений. Работа подразделений на пожарах продолжительностью более одного часа составляет в среднем около 60 % от общего количества пожаров (таблица), что требует высокой физической подготовленности и особенно специфической выносливости личного состава оперативных пожарных подразделений.

*Таблица 1. Затраты времени на тушение пожаров*

<b>Время локализации пожаров</b>	<b>% пожаров</b>	<b>Время ликвидации пожаров</b>	<b>% пожаров</b>
До 1 часа	25...45	До 1 часа	30...50
От 1 до 2 часов	20...35	От 1 до 2 часов	20...40
От 2 до 3 часов	10...25	От 2 до 5 часов	10...30
Более 3 часов	10...15	Более 5 часов	10...15

В то же время проявления суточного динамического стереотипа приводит к угнетению (в ночное время) всех основных физиологических систем организма, что создает дополнительные трудности для оптимальной, профессиональной деятельности пожарного [5]. В то же время, на организм пожарного влияют не только большие физические и психические нагрузки, но и ряд специфических факторов, связанных с использованием техники и специального снаряжения. Становится ясным, что проблема достижения оптимальной физической работоспособности является ведущей в системе профессиональной подготовки пожарных, а их готовность к сложной, тяжелой и опасной работе должна достигаться систематической тренировкой их в системе профессионально-прикладной физической культуры.

Таким образом, условия и содержание труда оперативных работников противопожарной службы заставляют отнести их профессию, как к одной из наиболее трудных и опасных. Уровень смертности от травм и заболеваний, полученных на службе за последние пять лет, увеличился на 13,6 %. По данным Национальной ассоциации противопожарной защиты США профессия пожарного опережает все профессии по травматизму и смертности. Смертность от сердечно-сосудистых заболеваний среди пожарных выше, чем среди полицейских, портовых грузчиков, сталеваров и кузнецов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Брушлинский Н.Н.* Моделирование оперативной деятельности пожарной службы / Брушлинский Н.Н. – М.: Стройиздат, 1981. – С. 48-61.
2. *Волков О.Г.* Концепция работы звена ГДЗС на основе инновационных технологий / О.Г. Волков, А.А. Апарин, Д.Ю. Захаров, А.Н. Бочкарев // Проблемы обеспечения безопасности при ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций. 2015. Т. 2. № 1 (4). С. 12-16
3. *Грачев, В.А., Терехнев В.В., Поповский Д.В.* Газодымозащитная служба: Учебно – методическое пособие. — Изд. 2–е, перераб. и доп. — М.: ООО «Издательство «Калан», 2012. — 280 с.
4. *Марченко Е.Н.* к вопросу о принципах классификации работ по степени тяжести, вредности, опасности / Марченко Е.Н., Розанов Л.С., Кандрор И.С. // Гигиена труда и профзаболеваний. – 1972. - №3. – С. 67-68.
5. *Панфилов О.П.* Биоритмы, география, спортивная работоспособность (физические и педагогические аспекты) / Панфилов О.П. – Тула: Приокское изд-во, 1991. – 135 с.

УДК 377.6

*В. Е. Иванов, И. А. Малый, О. В. Потемкина*

ФГБОУ ВО «Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России»

## **РАЗВИТИЕ РАННЕЙ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ АДАПТАЦИИ УЧАЩИХСЯ КАДЕТСКОГО КОРПУСА ПО РОБОТОТЕХНИКЕ**

В статье рассматривается вопрос о ранней профессиональной адаптации учащихся кадетского пожарно-спасательного корпуса Ивановской пожарно-спасательной академии ГПС МЧС России на примере изучения основ робототехники.

**Ключевые слова:** профессиональная адаптация, робототехника, наука, образование.

*V. E. Ivanov, I. A. Maly, O. V. Potemkina*

## **THE EARLY DEVELOPMENT OF CADETS PROFESSIONAL ADAPTATION ON ROBOTICS**

The article discusses the issue of early professional adaptation of students of the cadet fire and rescue corps of the firefighting and rescue Academy Ivanovo state fire service of EMERCOM of Russia on the example of studying the basics of robotics.

**Keywords:** professional adaptation, robotics, science, education.

За последние десятилетия в связи с глобальной информатизацией общества все чаще слышим о внедрении наукоемких технологий и высокотехнологичных производств во всех сферах деятельности человека. Стремительный рост коммуникационных возможностей автономных устройств с микропроцессорами приводит к реакции в сфере науки и образования. Поэтому выполняя главную задачу по подготовке высококвалифицированных специалистов, Ивановская пожарно-спасательная академия

ГПС МЧС России проводит предварительную профессиональную ориентацию учащихся старших классов кадетского пожарно-спасательного корпуса с возможностью дальнейшего обучения в данном направлении.

В связи с активным внедрением новых технологий в жизнь общества постоянно увеличивается потребность не только в профессиональных кадрах, но и в непрерывном образовании в сфере робототехники. Заполнить пробел между школьными увлечениями и серьезной подготовкой для поступления в ВУЗ позволяет изучение робототизированных систем в школе на основе специальных образовательных конструкторов.

Введение робототехники в школе неизбежно изменит картину восприятия учащимися технических дисциплин, поскольку помимо зрительного восприятия несет прикладное значение – основа ранней профессиональной адаптации. Применение учащимися на практике теоретических знаний, полученных на математике, информатике или физике, ведет к более пониманию фундаментальных законов и основ, закрепляет полученные навыки в решении технических или проектных задач, формируя прочное образование с высокой степенью обучаемости. И с другой стороны, занятия робототехникой формируют умения ведения расчетов простейших механических систем, а также алгоритмы их автоматического функционирования под управлением программируемых контроллеров, послужат хорошей основой для последующего инженерного высшего образования.

Возможность прикоснуться к неизведанному миру роботов для современного ученика является очень мощным стимулом к познанию нового, формированию стремления к самостоятельному созиданию. При внешней привлекательности поведения, роботы могут быть содержательно наполнены интересными и непростыми задачами, которые неизбежно встанут перед юными инженерами. Их решение сможет привести к развитию уверенности в своих силах и к расширению горизонтов познания. Новые принципы решения актуальных задач человечества с помощью роботов, усвоенные в школьном возрасте, ко времени окончания вуза и начала работы по специальности отзовутся в принципиально новом инновационном подходе к реальным задачам.

Занимаясь с учащимися робототехникой, мы подготовим специалистов нового склада, способных к совершению инновационного прорыва в современной науке и технике, в действительности на практике уникальный опыт.

Задача робототехники состоит в привлечении учащихся к современным технологиям конструирования, программирования и использования роботизированных устройств. Задача учителей – мотивация к познанию и творчеству, развитие интеллектуальных способностей, подготовка и профессиональная ориентация школьников для дальнейшего обучения в высшей школе. При проведении занятий реализуются самые современные методы и инновационные технологии обучения, создавая необходимые педагогические условия.

Занятия робототехникой формируют комплекс базовых технологий (конструирование, программирование, исследование, создание проекта, совершенствование на уровне изобретательских способностей) применяемых для создания роботов, решают задачи построением различных механизмов или роботов с простейшим управлением на базе конструктора LEGO Mindstorms Education EV3 (рис. 1).

Конструктор LEGO Mindstorms Education EV3 является стартовым образовательным набором для обучения робототехнике как в школе, так и в ВУЗе и позволяет овладеть ключевыми принципами программирования, проектирования, прототипирования, моделирования и конструирования.

Кадеты научного общества обучающихся кафедры механики, ремонта и деталей машин (в составе УНК «Пожаротушение»), овладев навыками конструирования простейших механизмов, создали прототип поискового робота, который позволяет, подключив инфракрасные датчики, производить поисковые работы по обнаружению людей и животных. При этом управление роботом может быть, как дистанционное, так и с программируемым маршрутом поиска.

Следующим этапом универсальной подготовки учащихся по созданию современных роботизированных устройств, является изучение аппаратно-программных средств Arduino. Программная часть состоит из бесплатной программной оболочки Arduino IDE для написания программ, их компиляции и программирования аппаратуры. Аппаратная часть представляет собой набор смонтированных печатных плат на базе микроконтроллеров Atmel AVR ATmega328, ATmega168, ATmega2560 и др. Данная платформа позволила кадетам сконструировать робота для проведения химической разведки с дистанционным управлением, радиус которого ограничен радиусом действия сетей GSM связи (рис. 2).



Рис. 1. Робот LEGO

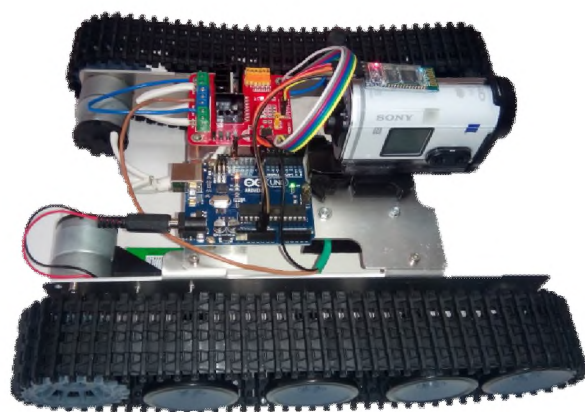
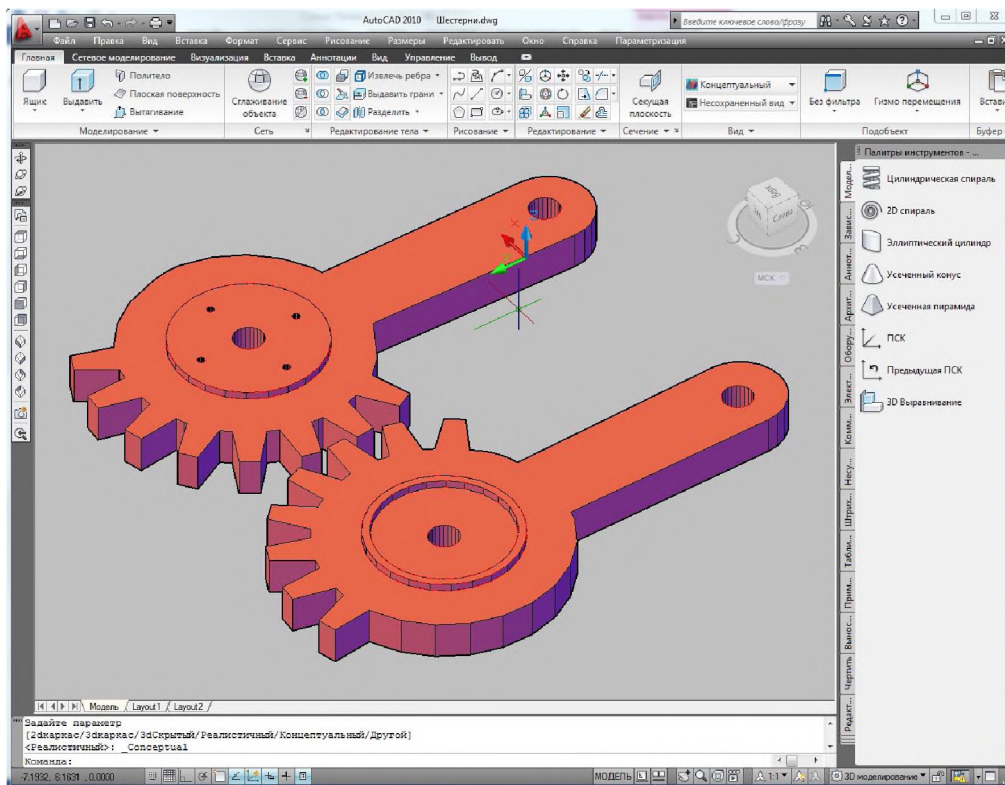


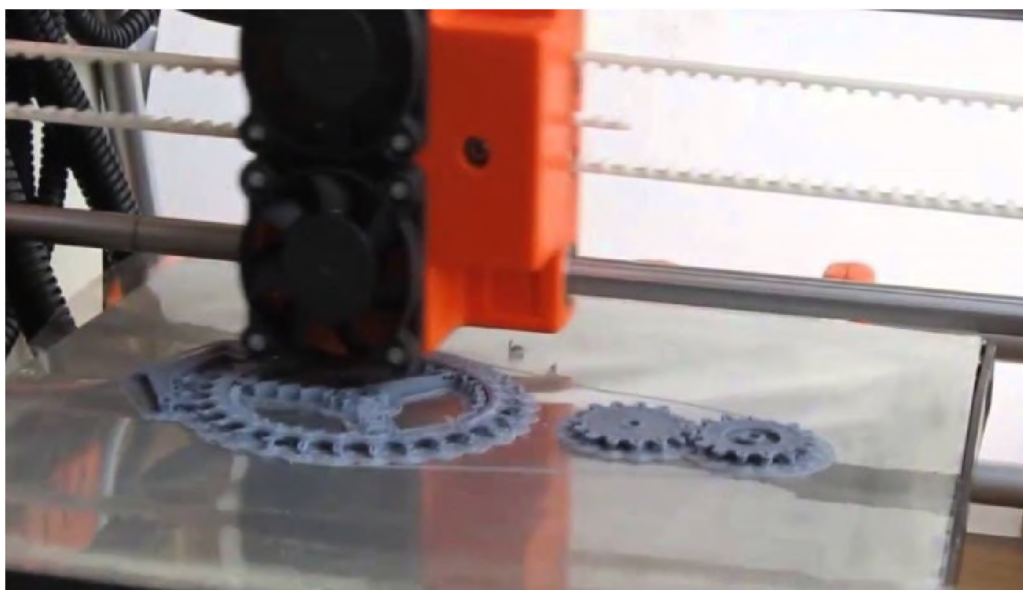
Рис. 2. Робот на платформе Arduino

При изучении основ робототехники учащиеся знакомятся с программами трехмерного моделирования для разработки отдельных деталей робота и последующей их печати на 3D-принтере. Одной из программ, поддерживающих печать трехмерных моделей на 3D-принтере, является AutoCAD. Данная система автоматизированного проектирования позволяет выполнять трехмерные модели различной сложности (рис. 3).

В программе, разработанной детали, можно придать любой цвет или текстуру, проставить размеры, нанести трехмерную надпись и т.д. Готовые трёхмерные модели деталей робота, необходимо сохранить в формате STL и распечатать на 3D-принтере. Используемый принтер для трехмерной печати создает модель послойно (рис. 4).



**Рис. 3.** Создание 3D-модели в программе AutoCAD



**Рис. 4.** Печать модели на 3D-принтере

Для изготовления очередного слоя термопластичный материал нагревается в печатающей головке до полужидкого состояния и выдавливается в виде нити через сопло с отверстием малого диаметра, оседая на поверхности рабочего стола (для первого слоя) или на предыдущем слое, соединяясь с ним. Распечатанные детали (рис. 5) можно обработать, покрасить в нужный цвет, и использовать при сборке робота.



Рис. 5. Распечатанные детали робота

Совместное использование программ трехмерной графики с трехмерной печатью представляет перед учащимися новые и неограниченные возможности по реализации своих проектов для создания робототехнических систем, обладающих необходимыми функциональными возможностями.

В условиях модернизации современного образования тема раннего профессионального ориентирования актуальна для кадетских корпусов, которые, прежде всего, ориентированы на подготовку юношей к служебной карьере. Подавляющее большинство кадет, поступая в кадетский корпус, уже ориентированы на продолжение обучения в высших учебных учреждениях МЧС России в качестве курсантов и в перспективе видят себя офицерами. Поэтому ранняя профессиональная адаптация необходима и решение ее проблем на сегодняшний день актуальна, поскольку является одной из важнейших особенностей адаптационного процесса кадет.

Таким образом, формирование в кадетском пожарно-спасательном корпусе Ивановской пожарно-спасательной академии ГПС МЧС России мотивирующей интерактивной среды развития технологических компетентностей способствует созданию уникальной модели учреждения, в соответствии с новыми требованиями к содержанию образования, восполнению необходимости мужского воспитания и обучения, формированию основы для подготовки несовершеннолетних граждан к служению Отечеству, осуществлению профилизации общего образования в старшей школе.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Иванов В.Е.* Выбор платформы для работа на радиоуправлении // NovaInfo.Ru. 2016. Т. 2. № 53. С. 36-39.
2. *Кропотова Н.А.* Формирование компетентного специалиста для работы в экстремальных условиях. / Н.А. Кропотова. // NovaInfo.Ru (Электронный журнал.) – 2016. – № 54. Т. 2. С. 293-296.
3. *Кропотова Н.А.* Инновационный подход к процессу воспитания обучающихся при реализации когнитивного подхода образовательного процесса. / Н.А. Кропотова. // NovaInfo.Ru (Электронный журнал.) – 2016. – № 53, Т.1, С. 260-263.
4. *Киселев В.В.* Применение интерактивных форм обучения для развития профессионально-деловых качеств курсантов // В.В. Киселев, В.Е. Иванов, И.А. Легкова / Новейшие



достижения в науке и образовании: сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции. Смоленск. 2016. С. 133-135.

5. *Никитина С.А.* Применение инновационных технологий для развития познавательной способности обучающихся // С.А. Никитина, А.А. Покровский, В.Е. Иванов / Современные технологии обеспечения гражданской обороны и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций. Воронеж. 2015. Т. 1. № 1 (6). С. 161-164.

6. *Иванов В.Е.* Трехмерное моделирование как одно из направлений информатизации учебного процесса // В.Е. Иванов, С.А. Никитина, В.П. Зарубин / Пожарная безопасность: проблемы и перспективы. Воронеж. 2014. Т. 2. № 1 (5). С. 36-38.

7. *Иванов В.Е.* Трехмерная графика и область ее применения в учебном процессе // В.П. Зарубин, В.Е. Иванов / Фундаментальные и прикладные исследования в современном мире. Санкт-Петербург. 2015. № 12-3. С. 107-109.

8. *Легкова И.А.* Использование трехмерной графики при изучении устройства узлов механизмов // И.А. Легкова, В.П. Зарубин, В.Е. Иванов / Аграрная наука в условиях модернизации и инновационного развития АПК России. Сборник материалов Всероссийской научно-методической конференции с международным участием, посвященной 85-летию Ивановской государственной сельскохозяйственной академии имени Д.К. Беляева. Иваново. 2015. С. 140-143.

9. *Иванов В.Е.* Применение 3D-принтера для создания прототипа робота // NovaInfo.Ru. 2016. Т. 3. № 53. С. 30-33.

УДК 378

*В. Е. Иванов, Н. А. Кропотова*

ФГБОУ ВО «Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России»

## **КОНЦЕПТУАЛЬНЫЕ ОСНОВЫ ФОРМИРОВАНИЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ КОМПЕТЕНЦИЙ ОБУЧАЮЩИХСЯ**

В статье рассмотрена возможность реализации компетентного подхода профессионально-направленной деятельности, используя современные информационные технологии в образовательном процессе.

**Ключевые слова:** Информационные технологии, обучение, компетенции.

*N. A. Kropotova, V. E. Ivanov*

## **CONCEPTUAL BASES OF FORMATION PROFESSIONAL COMPETENCES OF STUDENTS**

In the article the possibility of implementation of the competence approach, professionally-directed activities, using modern information technologies in the educational process.

**Keywords:** information technology, learning, competence.

Нельзя представить современное общество без информационных технологий. В настоящее время информационно-коммуникационные технологии проникли во все

сферы деятельности человека, которые обеспечивают распространение информационных потоков в обществе, образуя глобальное информационное пространство. Неотъемлемой частью этих процессов является инновационное образование. В большинстве случаев результат деятельности обучающегося зависит от того, насколько информативно и интересно выстроен процесс передачи знаний, в какой мере реализованы его потребности в познании и какими средствами достигнута его дальнейшая направленность на углубление своих знаний [1-3]. С развитием компьютерной техники и появлением мощных графических процессоров, способных визуализировать сложнейшие технологические процессы на экране, появилось новое направление совершенствования образовательного процесса путем применения трехмерных моделей на занятиях.

Использование трехмерных моделей в учебном процессе при изучении вопросов, связанных с организацией пожарно-профилактической, инженерно-технической и аварийно-спасательных работ в образовательных заведениях МЧС России, позволяет проводить занятия в интерактивной форме и способствует развитию профессиональных компетенций. В рамках реализуемого профессионального компетентностного образования - это особенно актуально. Известно, что задачами компетентностного подхода в области профессиональной подготовки, является улучшение взаимодействия с рынком труда, повышение конкурентоспособности выпускников учебных учреждений, обновление содержания, методологий и соответствующей среды обучения. Компетентностный подход предъявляет свои требования не только к формулировке учебных целей, содержанию образовательного процесса, но и к другим компонентам образовательного процесса – технологиям обучения. Одним из таких подходов является инновационное образование с использованием проектного обучения. Реализация проектного обучения возможна с использованием 3D-моделей представления исследования.

Применение трехмерных моделей в учебном процессе, например при разборе пожара (рис. 1) обеспечивает наибольшую эффективность восприятия обучающимися излагаемого материала и способствует развитию их пространственного мышления [4, 5].

В виртуальной модели можно отработать несколько сценариев развития и тушения пожара и детально погрузиться в возможную обстановку пожара, что позволяет сделать занятие более ярким и интересным, а материал более запоминающимся [6].

Используя 3D-модели в рамках проектного обучения, применяемого на занятиях, обучающиеся могут визуализировать результаты работы по своему индивидуальному (коллективному) проекту, включить в него всю необходимую информацию – графические, звуковые, видеофайлы и сделать его максимально интерактивным. А затем в оригинальной форме представить его на занятии в виде смоделированной чрезвычайной ситуации. С помощью инструментария дополненной реальности можно сделать эффектный отчет о проведенном исследовании, дополнить 3D графикой презентацию по изученной теме, превратить творческую работу в интерактивное представление командно-штабных учений [7].



а

б

**Рис. 1.** Моделирование чрезвычайной ситуации – а, моделирование бесконтактного способа тушения пожара – б

При обучении специалистов на примере трехмерной виртуальной модели здания или сооружения, легко смоделировать различные чрезвычайные ситуации, оценить зону возможных разрушений, разработать меры предупреждения и план ликвидации чрезвычайной ситуации, применительно к конкретному объекту. Применение 3D-моделей является эффективным инструментом для получения курсантами и студентами необходимых знаний и умений при проведении учебных занятий. Практика показала, что данный подход имеет ряд достоинств:

- повышение качества обучения;
- формирование профессиональных компетенций обучающихся;
- мотивация,
- реализация проектного обучения,
- решение внеаудиторной самостоятельной работы обучающегося,
- эффективность обучаемости,
- контроль;
- реализация инновационного образования (проектное обучение).

Таким образом, внедрение в образовательный процесс инновационных проектов с использованием 3D-моделей позволяет реализовать компетентностный подход профессионально-направленной деятельности, эффект от которого ожидается всеми участниками образовательного процесса.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Киселев, В.В.* Применение интерактивных форм обучения для развития профессионально-деловых качеств курсантов // В.В. Киселев, В.Е. Иванов, И.А. Легкова / Новейшие достижения в науке и образовании: сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции. – Смоленск. 2016. – С. 133-135.
2. *Кропотова, Н.А.* Формирование компетентного специалиста для работы в экстремальных условиях. / Н.А. Кропотова. // NovaInfo.Ru (Электронный журнал.) – 2016. – № 54. Т. 2. – С. 293-296.
3. *Кропотова, Н.А.* Инновационный подход к процессу воспитания обучающихся при реализации когнитивного подхода образовательного процесса. / Н.А. Кропотова. // NovaInfo.Ru (Электронный журнал.) – 2016. – № 53, Т.1. – С. 260-263.

4. *Иванов, В.Е.* Трехмерное моделирование как одно из направлений информатизации учебного процесса // В.Е. Иванов, С.А. Никитина, В.П. Зарубин / Пожарная безопасность: проблемы и перспективы. – Воронеж, 2014. Т. 2. № 1 (5). – С. 36-38.

5. *Иванов, В.Е.* Трехмерная графика и область ее применения в учебном процессе // В.П. Зарубин, В.Е. Иванов / Фундаментальные и прикладные исследования в современном мире. – Санкт-Петербург, 2015. № 12-3. – С. 107-109.

6. *Легкова, И.А.* Использование трехмерной графики при изучении устройства узлов механизмов // И.А. Легкова, В.П. Зарубин, В.Е. Иванов / Аграрная наука в условиях модернизации и инновационного развития АПК России. Сборник материалов Всероссийской научно-методической конференции с международным участием, посвященной 85-летию Ивановской государственной сельскохозяйственной академии имени Д.К. Беляева. – Иваново, 2015. – С. 140-143.

7. *Иванов, В.Е.* Внедрение 3D технологий в учебный процесс. // В.Е. Иванов, И.А. Легкова, А.А. Покровский, В.П. Зарубин, Н.А. Кропотова / Сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции «Современное научное знание: теория, методология, практика» в 3-х частях. ООО «Новаленсо». – Смоленск, 2016. – С. 37-39.

УДК 796/07

*Е. В. Ишухина*

ФГБОУ ВО «Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России»

## **СПЕЦИАЛЬНАЯ ВЫНОСЛИВОСТЬ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ ПОЖАРНЫХ НА ПРИМЕРЕ ОБУЧАЮЩИХСЯ В ПОЖАРНО-ТЕХНИЧЕСКИХ ВУЗОВ**

Физическая подготовка, как составная часть процесса повышения профессионального уровня спасателей и пожарных, существенно влияет на процессы формирования и совершенствования Государственной пожарно-спасательной службы. Это подчеркивает ее важность для профессионального обучения личного состава.

**Ключевые слова:** Объективная реальность, накопленный опыт, физическая подготовка, физическая подготовленность.

*E. V. Ishuhina*

## **SPECIAL ENDURANCE PROFESSIONAL FIREFIGHTERS**

Physical training, as an integral part of the process of upgrading the qualifications of rescuers and firefighters, significantly affect the processes of formation and improvement of the State fire and rescue service. This underlines its importance for professional training.

**Keywords:** objective reality, experience, physical training, physical preparation.

Физическая подготовка, как составная часть процесса повышения профессионального уровня спасателей и пожарных, существенно влияет на процессы формирования и совершенствования Государственной пожарно-спасательной службы. Это подчеркивает ее важность для профессионального обучения личного состава.

Физическая подготовка - объективная реальность, позволяющая оценивать способность сотрудников пожарно-спасательных подразделений к выполнению профессиональных задач. В исследовании всесторонне в совокупности с другими явлениями проанализированы организация и содержание физической подготовки на современном этапе. В условиях реформирования Российской службы спасения без модернизации такого важного раздела, как физическая подготовленность пожарных и спасателей, нельзя качественно и своевременно решать вопросы их подготовки по выполнению профессиональной деятельности. Накопленный опыт и проведенное исследование позволяют констатировать, что необходимы качественно новые технологические подходы к организации физической подготовки.

Более того, в настоящее время, кризисные ситуации стали более частыми и сложными, что существенно влияет на физическую подготовку спасателей и пожарных. На наш взгляд, необходимо учитывать реальные изменения в обществе, государственной противопожарной службе, армии, появление новых взглядов на ведение спасательных операций. Это объективная реальность, и с этим нельзя не считаться. Однако еще сохранились устаревшие взгляды на организацию образовательного процесса по физической подготовке. В этой связи насущной необходимостью является работа по повышению эффективности физической подготовки спасателей, пожарных, курсантов и слушателей учебных заведений МЧС России. Более того, проведения целенаправленных исследований обусловлено недостаточным уровнем физической подготовленности спасателей, пожарных, военнослужащих войск ГО. Развитие физических качеств в короткие временные сроки позволило наметить пути построения новой методики образовательного процесса по физической подготовке.

Принципиально важной научной и практической задачей явилась оценка эффективности физической подготовки пожарных и спасателей, поскольку подобных исследований не проводились. Результаты педагогического эксперимента показали, что наибольший двигательный эффект в развитии оптимального уровня физической подготовленности спасателей и пожарных достигается при обязательном сочетании общеразвивающих и профессионально-прикладных упражнений.

Достоверность данных о рациональном соотношении общеразвивающих и профессионально-прикладных упражнений, полученных в процессе исследований, доказана эффективными действиями спасателей и пожарных на специально организованных тактических учениях и учебных занятиях.

Следует также отметить, что на состоянии физической подготовленности сказывается отсутствие специалистов физической подготовки в спасательных и пожарных подразделениях. Общественные структуры (спортивные комитеты, спортивные организаторы), а также руководители подразделений, не имеющие специальной подготовки, не в состоянии эффективно организовать работу. Существующее мнение, что функции по физической подготовке в спасательных и пожарных подразделениях могут исполнять командиры этих подразделений, а также нештатные спортивные организаторы, не имеет под собой объективной основы.

Практика показала, что у руководителей спасательных и пожарных подразделений много других профессиональных обязанностей по обучению личного состава. Следовательно, на наш взгляд, целесообразно ввести в состав пожарно-спасательных формирований инструкторов по физической подготовке.

Существующая оценка физической подготовленности спасателей и пожарных на протяжении многих лет, не соответствует современным требованиям и стала отрицательным фактором в решении учебно-служебных задач и не стимулирует личный состав на достижение должных нормативных требований. Разработанная методика индивидуальной оценки физической подготовленности позволяет стимулировать спасателей и пожарных к занятиям физическими упражнениями.

Новые подходы к организации физической подготовки пожарных и спасателей позволят специалистам физической подготовки и руководителям эффективнее строить свою работу. Это окажет положительное влияние на социально-психологический климат в коллективах, будет способствовать воспитанию активности, т.е. формированию у пожарных и спасателей моральных норм и морально-этических принципов, гордости за свою высокую физическую подготовленность.

Научно-теоретическое обоснование новых положений о содержании и организации учебного процесса, оценке физической подготовки спасателей и пожарных является одним из перспективных направлений его дальнейшего развития, которое предусматривает последовательное решение социальных, учебно-тренировочных и организационно-педагогических задач.

Анализ применения целенаправленных общеразвивающих и профессионально-прикладных упражнений для воспитания и совершенствования должного уровня физической подготовленности спасателей и пожарных, позволяет сделать вывод о том, что до настоящего времени нет единства взглядов на соотношение этих упражнений в подготовительном, основном и заключительном периодах круглогодичного цикла подготовки пожарных и спасателей.

Главная цель пожарного – спасение людей, эвакуация материальных и культурных ценностей. Пострадавшим от огня и дыма требуется первая медицинская помощь, и пока едет «скорая», пожарные оказывают им доврачебную помощь, чтобы значительно уменьшить летальные исходы. Иными словами, пожарный – и огнеборец, и спасатель, и медик. Тут мало знать теорию – все необходимые навыки вырабатываются путём упорных тренировок.

Невозможно тушить пожары без хорошей физической подготовки, так как оборудование, которым пользуются бойцы, довольно тяжёлое, а передвигаться с ним необходимо быстро, для скорейшего выполнения поставленных задач, поэтому в пожарных подразделениях уделяют спорту особое внимание: бойцы сдают нормативы по бегу, подтягиванию, участвуют в спартакиадах по плаванию, гиревому спорту и т.д.

Необходимо помнить, что даже когда нет сложных выездов, весь день дежурства расписан по минутам, чтобы физическая подготовка всегда была на высоком уровне, как этого требует профессия профессионального пожарного.

Конечно мы понимаем, что необходимо развивать все физические качества, но особое внимание мы уделим выносливости, а именно специальной выносливости.

Выносливость – это физическое качество позволяющее противостоять утомлению в процессе активной двигательной деятельности. Необходимо отметить, что выносливость характеризует способность организма довольно длительное время преодолевать физическое напряжение без заметного снижения интенсивности деятельности. В этом плане различают общую и специальную (скоростную, силовую, координационную) выносливость. Для достижения успеха не только в сохранности контингента обучающихся курсантов, но и в подготовке спасателей, огнеборцев, инженеров пожарной безопасности и многих других высококвалифицированных специалистов,

необходима организация систематической тренировки, в которой будут рационально использоваться упражнения для развития общей и специальной выносливости. И прежде чем говорить о том, как развить выносливость, необходимо выяснить, что такое общая и специальная выносливость. Общая выносливость выражается в таком функциональном состоянии организма, которое характеризуется повышенной дееспособностью его органов и систем и в первую очередь сердечно-сосудистой и дыхательной систем. Специальная выносливость связана со специальными навыками курсанта. Она выражается в настроенности нервной системы на специфическую деятельность, связанную со спасением человеческой жизни или тушением пожара. Эта настроенность дает возможность быстро и точно реагировать на быстро изменяющиеся положения, концентрировать и соизмерять свое внимание и усилия только в нужных направлениях, действовать расчетливо и экономно, сохраняя свежесть сил.

Специальная выносливость может быть развита только путем практических занятий и в первую очередь упражнениями с партнером в условиях схожих с настоящими. Именно такими заданиями осуществляется настройка нервной системы на специфическую деятельность, которая дает ему возможность действовать неутомимо, расчетливо и экономно, без особых усилий. Следовательно, чтобы чувствовать себя уверенным в сложных положениях, возникающих в процессе задания, надо быть к ним подготовленным. Сосредоточенная, кропотливая работа над совершенствованием любого «узкого» задания приучает курсанта хорошо владеть техникой в каждой ситуации. Применение длительных упражнений в условном бою с огнем помогло решить задачу выработки специальной выносливости у спасателей и пожарных высокого класса. Каждое тренировочное занятие по развитию специальной выносливости лежит через упражнения на снарядах. Например, при выполнении упражнений на снарядах используется специальный вид нагрузки и чередование работы и отдыха с целью воспитания специальной выносливости.

Таким образом, для развития специальной выносливости профессионального пожарного важно повысить общую выносливость, настроить нервную систему на специфическую деятельность в бою с огнем или за жизнь человека путем специальных упражнений с партнером и с помощью других боевых упражнений. Все это необходимо сочетать с воспитанием таких качеств пожарного государственной противопожарной службы, как настойчивость и упорство, внимательность и обязательное соблюдение правил безопасности при выполнении боевых задач

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Гужаловский А.А., Попов В.П.* Воспитание выносливости. Основы воспитания физических способностей. /В кн. Основы теории и методики физической культуры. / Под ред. А.А. Гужаловского. - М. Физкультура и спорт, 1986.
  2. *Верхошанский, Ю.В.* Основы специальной физической подготовки спортсменов / Ю.В. Верхошанский. - М.: Физкультура и спорт, 1988. - 331 с.
  3. *Попов, А.Л.* Спортивная психология: Учебное пособие для специализированных вузов / А.Л. Попов. - М., 2000. - С. 152
  4. *Курамшин Ю.Ф.* Методика развития выносливости /В кн. Теория и методика физической культуры: Учебник /Под ред. проф. Ю.Ф. Курамшина -М. Советский спорт, 2003.
- УДК 796/05

*Е. В. Ишухина, Е. А. Орлов, Д. Н. Шалявин, Т. В. Ишухина*

ФГБОУ ВО «Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России»

## **РАЗВИТИЕ ВЫНОСЛИВОСТИ У ОБУЧАЮЩИХСЯ В УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЯХ ГПС МЧС РОССИИ**

Важнейшими особенностями труда в подразделениях ГПС МЧС России являются способность длительного выполнения работы умеренной интенсивности. В связи с этим, выносливость является ведущим физическим качеством, обеспечивающим основу эффективной учебно-боевой деятельности, общей и специальной физической подготовленности курсантов высших учебных заведений МЧС России.

**Ключевые слова:** работа, физическая подготовка, сотрудники МЧС, средства, методы.

*E. V. Ishuhina, E. A. Orlov, D. N. Shaljavin, T. V. Ishuhina*

## **DEVELOPMENT OF STABILITY AT SCHOOLS OF RUSSIAN EMERGENCY SESSIONS LEARNING IN EDUCATIONAL INSTITUTIONS**

The most important features of labour in GPS units EMERCOM of Russia are the ability of long-running work of moderate intensity. In this regard, is the leading physical endurance quality, providing a basis for effective training and combat activities, General and special physical fitness of cadets of higher educational institutions of the Ministry of emergency measures of Russia.

**Keywords:** work, physical training, officers of the emergency situations Ministry, tools, techniques.

Работа пожарных-спасателей связана с большими физическими нагрузками, которые вызваны высоким темпом работы при эвакуации пострадавших, разборке конструкций и оборудования, прокладывании рукавных линий, работе с пожарно-техническим оборудованием, эвакуации материальных ценностей и т. д. В этих условиях пожарные-спасатели работают в специальном снаряжении, только стандартное обмундирование пожарного весит около 30 кг, а с ним нужно спускаться по специальному шесту к машине, быстро передвигаться, маневрировать во время пожара, пешком подниматься на верхние этажи. Иногда приходится работать в непривычных позах (лежа, ползком и т. п.), в условиях ограниченного пространства, в непригодной для дыхания среде при весе противогаза до 15 кг. Сильная плотность дыма может ограничивать видимость вокруг.

Напряженная физическая работа в условиях высокой температуры и влажности может вызывать нарушения водно-солевого баланса, терморегуляции организма, головные боли, нежелание двигаться, заторможенность реакций.

Проблемы физической и психологической подготовки пожарных привлекают к себе все более пристальное внимание работников пожарной охраны. В современных условиях происходит возрастание объема и сложности задач, связанных с решением проблем гражданской обороны, ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, обеспечения пожарной безопасности. В связи с этим, а также с учетом функций, возложенных государством на Министерство Рос-



сийской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий (далее – МЧС России), основной целью высших учебных заведений МЧС России является подготовка обучающихся как компетентных специалистов, сотрудников МЧС, профессионально, психологически и физически готовых к решению всего спектра задач по проблемам подготовки и ведения гражданской обороны, защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, обеспечения пожарной безопасности.

При решении проблем гражданской обороны, ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, обеспечения пожарной безопасности сотрудникам МЧС России приходится выдерживать значительные, а иногда предельные физические и нервные напряжения. Максимально быстрое развертывание средств пожаротушения, спасание людей, эвакуация имущества, работа на высотах, в задымленной среде без изолирующих противогазов и в них, работа в резком контрасте температур, преодоление различных препятствий и действия в ночных условиях требуют, кроме высокого сознания своего профессионального долга, наличия хорошего состояния здоровья, силы, выносливости, хладнокровия и находчивости. Несомненно, что эти качества и навыки формируются и совершенствуются в процессе повседневной боевой подготовке и их боевой работы.

Физическая подготовка представляет собой процесс, направленный на развитие физических качеств, способностей человека с учетом вида его деятельности. При этом физическая подготовка является основным элементом боевой готовности пожарных и спасателей к выполнению учебно-боевых задач и одним из направлений повышения боеспособности МЧС России. Формами её проведения являются учебные занятия, утренняя физическая зарядка, физическая тренировка в процессе учебно-боевой деятельности, спортивно-массовая работа и самостоятельная физическая подготовка (Приказ МЧС РФ от 30.03.2011 г. № 153 «Об утверждении Наставления по физической подготовке личного состава федеральной противопожарной службы» (НФП-2011)).

Важнейшими особенностями труда в подразделениях МЧС России являются способность длительного выполнения работы умеренной интенсивности с оптимальной функциональной активностью основных жизнеобеспечивающих органов и структур организма с использованием всего мышечного аппарата. В связи с этим, выносливость является ведущим физическим качеством, обеспечивающим основу эффективной учебно-боевой деятельности, общей и специальной физической подготовленности курсантов высших учебных заведений МЧС России.

В теории и методике физической культуры выносливость определяют, как способность поддерживать заданную, необходимую для обеспечения профессиональной деятельности мощность нагрузки и противостоять утомлению, возникающему в процессе выполнения работы (Курамшин, 2004, Н.В.Зимкин, 2007).

Средства и методы развития выносливости разработаны достаточно хорошо, но в основном в теории и практике спортивной подготовки (в циклических видах спорта) и в физическом воспитании студентов. Как правило, выносливость развивается непрерывными (равномерный и переменный), интервальными (интервальный, «миоглобинный», круговой, повторный) методами, а также контрольным методом, который не всегда и не в полной мере учитывается нормативными документами. Проблема же эффективного развития общей и специальной выносливости и её влияния на уровень физической, психологической и в целом профессиональной подготов-

ленности курсантов учебных заведений МЧС России в специальной литературе отражена недостаточно. Вместе с тем, именно построение физической подготовки с учетом всех специфических особенностей профессиональной деятельности в боевых подразделениях пожарной охраны может обеспечить максимальную эффективность процесса обучения в учебном заведении МЧС России.

Таким образом, проблемная ситуация вызвана с возрастанием пожаров и стихийных бедствий, появлением новых технически сложных видов вооружений, сокращением численности сотрудников МЧС России в следствии его реформирования, с одной стороны, и объективной необходимостью повышения требований к формированию готовности сотрудников МЧС России к перенесению физических и психических нагрузок в период подготовки и ведения боевых действий по тушению пожаров и проведению аварийно-спасательных работ (АСР), повышения устойчивости их организма к воздействию неблагоприятных факторов профессиональной деятельности и окружающей среды, повышения уровня специальной подготовленности сотрудников МЧС России, с другой стороны; между необходимостью приоритетного развития выносливости у будущих специалистов МЧС России, и отсутствием научного обоснования' организационно-педагогических условий, способствующих эффективности этого процесса и не противоречащих требованиям нормативных документов (НФП-2011) и наиболее адекватным условиям учебной деятельности.

Управление тренировочным процессом в годичном макроцикле, на основе критерия анаэробного порога, позволяет добиться значительных сдвигов в тренировке на выносливость. Нагрузки с интенсивностью на уровне АНП способствуют экономизации физиологических функций при субмаксимальной нагрузке.

В научных исследованиях (Н.И. Волков, 1969; В.Л. Карпман, 1969, 1974; В.Д. Чепик, 1969; Я.М. Коц, 1985 и др.) было установлено, что ряд внутренних и внешних показателей тренировочных нагрузок имеет между собой линейную связь при определенной мощности мышечной деятельности, диапазоне скоростей. Например, в интервалах ЧСС 120-170 ударов в минуту наблюдается линейная связь между ЧСС, потреблением кислорода, легочной вентиляцией, минутным объемом сердца, кислородным запросом, мощностью работы или скоростью передвижения.

Момент нелинейного изменения взаимосвязи между накоплением лактата, легочной вентиляцией, ЧСС и другими функциональными показателями, с одной стороны, и мощностью работы или скоростью передвижения - с другой, принято называть «анаэробным порогом» (АНП).

Уровень анаэробного порога прямым способом определяется по концентрации лактата в крови. Широкое распространение получил показатель АНП, равный 4 ммоль/л (фиксированный порог) (А. Мадер, 1982). Однако каждый спортсмен имеет свой индивидуальный анаэробный порог, значения которого могут варьировать по показателям лактата до 6,0 ммоль/л.

С помощью фиксированного и индивидуального анаэробного порога можно более точно управлять развитием работоспособности и выбирать необходимую интенсивность и продолжительность работы.

Но на практике тренера не всегда могут использовать методику определения АНП с использованием инвазивных методов. Поэтому широко распространены косвенные методы определения анаэробного порога по ЧСС: пульсовой анаэробный порог определяется также на графике по точке перегиба прямой линии показателей ЧСС

при повышении скорости или мощности выполняемой работы. Данная методика очень проста. К сожалению, описана в основном в специальной литературе.

В практике определение показателей анаэробного порога используется тренерами недостаточно, очевидно в силу отсутствия аппаратных средств, частичного непонимания важности и простоты получения данного показателя. Необходимо понять суть показателей и возможность их использования в практике тренировочного процесса. Рассмотрим это более подробно. При проведении тестирования мы получаем два количественных показателя.

Первый – это показатель ЧСС, измеряемый в количестве ударов в мин (уд./мин). Второй – скорость бега ( $V$ ), измеряемая или в метрах в секунду (м/с) или, что более информативно, в минутах, секундах на километр (мин. сек./км).

Например, при тестировании мы получили следующие показатели:

ЧСС анП=170 уд./мин,

$V$  (скорость бега) =5 м/сек или 3мин.20сек. на км.

Это означает, что с точки зрения энергообеспечения мышечной деятельности, превышение этого пульсового показателя или этой скорости бега будет способствовать интенсивному накоплению молочной кислоты в мышцах. Аэробный механизм энергообеспечения не будет справляться с кислородно-транспортными функциями и для поддержания работоспособности (интенсивности движения - скорости бега) начнется «включится» гликолитическое обеспечение. То есть выполнение бега на скоростях превышающие эти указанные показатели приведут к снижению интенсивности (скорости) и к истощению запасов гликогена. Что не всегда отвечает задачам тренировочного процесса.

Проведение тренировочных работ на указанных показателях, т.е. уровне АнП по ЧСС и  $V$  (скорости бега), способствует установлению баланса между активностью гликолитических и окислительных ферментов в мышце и позволяет поддерживать более высокую концентрацию АТФ и КФ в клетках за счет повышения окислительных способностей митохондрий, что помогает выбирать оптимальные режимы работы. А это значит, что мощность (скорость) АнП является надежным показателем адаптации кислородно-транспортной и мышечной систем к специфической работе и может использоваться как граничная.

Данные противоречия определили проблему исследования, заключающуюся в том, какие организационно-педагогические условия физической подготовки могут обеспечить максимально высокое развитие общей и специальной выносливости у курсантов учебных заведений МЧС России будущих специалистов МЧС России; при этом сами организационно-педагогические условия не должны противоречить положениям НФП-2011.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Желязников, А.П. Развития выносливости к марш-броску у юношей 15-17 лет на уроках физической культуры / А.П. Желязников // Автореф. дис. канд. пед. наук. – М., 1980. – 23 с.
2. Зимкин, Н.В. Физиологическая характеристика силы, быстроты и выносливости / Н.В. Зимкин. – М.: Ф и С, 2007. – 216 с.
3. Ковтун, Л.И. Методика воспитания скоростных способностей и выносливости студентов для подготовки и выполнения комплекса ГТО. / Ковтун Л.И. // Автореф. дис. канд. пед. наук. – Киев, 2002. – 20 с.
4. Качанов, Н.Е. Формирование знаний и умений у курсантов военно-учебных заведений инженерного профиля по организации самостоятельной физической тренировки. / Н.Е. Качанов // Автореф. дис. канд. пед. наук. – Л.: ВИФК 1998. – 24 с.
5. Твердохлеб, Е.Ф. Особенности подготовки студентов к бегу на выносливость. Науч. проблемы физ. развития студентов и повышения их работоспособности / Е.Ф. Твердохлеб, В. А. Уваров, Е.В. Щербаченко // Тез. докл. Респ. науч. конф. – Донецк, 1994. – С. 80-87.

УДК 796/05

*Е. В. Ишухина, Р. М. Шипилов, Т. В. Ишухина*

ФГБОУ ВО «Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России»

### **КРИТЕРИИ КОНТРОЛЯ И ОЦЕНКИ КООРДИНАЦИОННЫХ СПОСОБНОСТЕЙ ОБУЧАЮЩИХСЯ В ВУЗАХ**

Вопросы создания аутентичных методов и критериев оценки координационных способностей и функций вестибулярного анализатора занимают в последнее время большое место в исследованиях отечественных и зарубежных специалистов

**Ключевые слова:** Координационные способности, критерии оценки, методы, средства.

*E. V. Ishuhina, R. M. Shipilov, T. V. Ishuhina*

### **CRITERIA FOR MONITORING AND EVALUATION OF COORDINATION ABILITIES OF STUDENTS IN UNIVERSITIES**

The creation of authentic methods and criteria for evaluation of coordination abilities and vestibular functions analyser occupy much of the recent research of domestic and foreign experts

**Keywords:** coordination abilities, evaluation criteria, methods, tools.

Вопросы создания аутентичных методов и критериев оценки координационных способностей и функций вестибулярного анализатора занимают в последнее время большое место в исследованиях отечественных и зарубежных специалистов [11].

Они справедливо считают эту задачу одной из самых главных в проблеме «техника-координация» решение которой необходимо для проникновения в сущность координационных способностей, контроля за ходом профессиональных технических дос-

тижений, действенности применяемых средств и методов развития координационных способностей. Для измерения большинства координационных способностей требуется не единичный тест, а батарея тестов, в частности такая ее форма, как тест неоднократных задач. Координационные способности труднее количественно измерить, чем «кондиционные» способности. Для их количественной оценки можно применять только не прямое измерение особого типа, так называемое ассоциативное измерение.

Главным методом измерения координационных способностей в настоящее время является спортивно-моторный тест, для которого характерно то, что он может применяться с относительно большим приближением к определенному виду профессиональной деятельности. По мнению В.И. Ляха [10] все тесты должны иметь научное обоснование, т.е. опираться на какую-то научную теорию. В качестве такой теории принята психофизиологическая концепция Н.А. Бернштейна [1] о многоуровневой системе управления произвольными движениями, исходя из которых у человека выделяется по меньшей мере 16 специальных и еще ряд специфических (частных) координационных способностей.

Н.А. Бернштейном [1] были впервые предложены основные признаки, на основании которых оцениваются координационные способности. Он выделял 4 основных признака: правильность, быстрота, рациональность и находчивость. Все они имеют качественные и количественные характеристики.

Прежде всего, уточним, что же мы имеем в виду, говоря о критериях? Под критерием мы понимаем основные признаки, с помощью которых оцениваются координационные способности. Наиболее распространены так называемые комплексные критерии, которые контролируют двигательную деятельность одновременно по двум или нескольким критериям.

Каждый критерий оценки координационных способностей (например, точность, быстрота, экономичность, стабильность) не является единым и однозначным показателем, характеризующим координационные способности.

Наоборот каждый из них весьма сложен и многозначен [В.И. Лях 11].

Двигательные координации могут быть рассмотрены в контексте пяти направлений, включающих оценку, развитие, формирование, сохранение и использование.

Очевидно, что диагностика координационных способностей, объективная оценка уровня ее развития возможны на основе поиска критериев, отличающихся информативностью, надежностью и воспроизводимостью. Основными методами оценки координационных способностей являются: метод наблюдений, метод экспертных оценок, аппаратные методы и метод тестов. Наиболее распространенные из них: аппаратные методы и методы двигательных тестов. Использование аппаратных или инструментальных методов позволяет получить точные количественные оценки уровня развития координационных способностей и их отдельных компонентов.

Но все же основным методом диагностики координационных способностей является метод специально отобранных двигательных тестов.

Ряд авторов [20, 23] утверждают, что при выборе тестов и критериев оценки координационных способностей всегда надо стремиться к их физиологической и психологической ясности. В противном случае эти тесты, не могут дать научно четких результатов, особенно в понимании природы индивидуальных различий, лежащих в основе развития тех или иных координационных способностей.

В.И. Лях [11] предлагает 6 этапов при разработке тестов:

1. Отбор тестов, пригодных для оценки явных и скрытых координационных способностей независимо от возраста и пола.
2. Разработка методики тестирования.
3. Проведение тестирования разных координационных способностей на большом контингенте обучаемых.
4. Математико-статистический анализ результатов тестирования и установление наиболее надежных и информативных показателей оценки координационных способностей.
5. Разработка нормативов по каждому из тестов.
6. Рекомендация отобранных тестов для применения в реальных условиях учебного процесса.

Критерии оценки способности к координации, по мнению [15] могут быть выражены через умение рационально, с точки зрения целевой направленности организовывать движения и усилия в пространстве и времени, повторно воспроизводить движения сохраняя их смысловую и динамическую структуру и наконец перестраивать движения, изменяя или сохраняя их целевую направленность.

Наряду с такими критериями координации, как согласованность двигательных действий, быстрота овладения двигательными навыками, устойчивость воспроизведения сложно сочетаемых движений и их экономичность, большинство исследователей приводят также точность выполнения двигательной задачи.

Наиболее информативными для оценки координационных способностей в период специализированной подготовки являются показатели дифференцирования основных параметров движения.

Другие авторы считают, что способность к дифференцированию связана с высокой точностью и экономичностью отдельных фаз движений и выражается в степени точности восприятия и воспроизведения целостного движения или его частей.

Оценивать специальные координационные способности необходимо в процессе непосредственного выполнения специальных технических действий, в условиях, отражающих конкретную специфику профессионального действия. Кинестетическая (мышечная) чувствительность является главнейшим руководителем сознания в деле координации движений. Измеряется она отклонением от заданной величины усилия и выражается в процентах. Если разница между данным и фактическим усилием не превышает 20% кинестетическая чувствительность оценивается как нормальная. В связи с этим в научно-методической литературе сложилось мнение, что для выявления уровня развития координационных способностей (наряду с такими показателями, как количество попыток, выполненных при обучении координационно-сложному упражнению, время удержания устойчивого равновесия и способность к переключению) необходимо умение дифференцировать, точно повторять и воспроизводить различные параметры движений [12, 13].

Большое значение при разработке критериев контроля и оценки координационных способностей уделяется показателям психофизиологических функций: 1. Время простых и сложных реакций. 2. Сенсомоторной координации, определяемой по конечному результату сложной реакции. 3. Точности воспроизведения пространственных и мышечных усилий. 4. Скорости приема и переработки неспецифической информации. 5. Быстроты и качества оперативного мышления. 6. Точности реакции на движущийся объект.

Основными методами определения надежности теста являются:

1. Дисперсионный анализ с последующим расчетом внутриклассового коэффициента корреляции.
2. Метод повторного тестирования, при котором величина надежности теста определяется величиной коэффициента корреляции, полученного ме-

жду результатами двух измерений, проведенных через определенный промежуток времени. 3. Метод удвоения. При этом методе рассчитывается коэффициент корреляции, между двумя половинами одного ряда измерений (или, как правило, между результатами четных и нечетных попыток).

Ученые, занимающиеся вопросами стандартизации тестов, не сходятся во мнении о приемлемой величине коэффициентов надежности. Например, М.А. Годик, Т.А. Шанин, Г.Ф. Шитикова считают, что коэффициент 0.80 и выше можно считать довольно высоким, от 0.65 до 0.69 умеренным и от 0.33 до 0.63 низким. В.Г. Арефьев считает допустимым использование в практике тестов с коэффициентом, лежащим в пределах 0.70 - 0.99. В более поздней работе М.А. Годик [3] дает следующую градацию надежности: 0.95 - 0.99 отлично, 0.90 - 0.94 хорошо, 0.80 - 0.89 средняя, 0.70 - 0.79 приемлемая, 0.60 - 0.69 низкая. Но в любом случае величина коэффициента надежности должна определяться важностью решаемых задач.

Основными требованиями, на основе которых должен осуществляться выбор оптимального количества тестов, являются: высокая информативность, достаточная надежность, экономичность.

Тесты, удовлетворяющие требованиям надежности и информативности, называются добротными или аутентичными [7].

Под достаточной информативностью теста понимают такое его состояние, когда он пригоден для оценивания именно той двигательной способности, для характеристики которой он был создан или подобран [4, 7].

Фиксированного значения величины коэффициента информативности, после которого тест можно считать пригодным, не существует. Вместе с тем В.М. Зациорский [7] утверждает, что для тестирования следует использовать тесты, коэффициент корреляции которых - не менее 0.3. Для прогноза, по его мнению, нужна более высокая информативность - не менее 0.6.

Последнее требование к тестам - экономичность, которая предполагает, во-первых, экономию материальных средств, связанную со стоимостью аппаратуры, используемой в процессе тестирования, во-вторых - экономию времени, затраченного на само тестирование. При прочих равных условиях, предпочтение следует отдавать более экономичным тестам.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Берштейн Н.А. О построении движений. – М.: Медгиз, 1947. – 255 с.
2. Берштейн Н.А. О ловкости и ее развитии. – М.: Физкультура и спорт, 1991. 288 с.
3. Годик М.А. Спортивная метрология. – М.: Физкультура и спорт, 2008. – 192 с.
4. Городничий Р.М. Физиологические основы координационных способностей спортсменов // Учебное пособие для институтов физической культуры. Великие Луки: В.Ф.МОГИФК, – 2001. – 28 с.
5. Железняк Ю.Д. Основы научно-методической деятельности в физической культуре и спорте: Учеб. пособие для студ. высш. пед. учеб. заведений / Ю.Д. Железняк, П.К. Петров. – М.: Издательский центр «Академия», 2012. – 264 с.
6. Зациорский В.М. Связь между физическими качествами и техникой спортсменов: Метод. письмо. – М., 2009. – 21 с.
7. Зациорский В.М. Спортивная метрология // Педагогический контроль в тренировочном процессе (основы теории тестов и оценок): Учебное пособие для ин-тов физической культуры. – М., 2008 – 49 с.

8. *Карпеев А.Г.* Направления и принципы изучения двигательных координаций основных видов движений // Теория и практика физической культуры. – 2005. – 9. – с.5-7.
9. *Купчинов Р.И.* Физическое воспитание: учеб. пособие для студентов подгот. учеб.-тренировоч. групп учреждений, обеспечивающих получение высш. образования. – Минск: Тетра Системс, 2006. – 352 с.
10. *Лях В.И.* Важнейшие для различных видов спорта координационные способности и их значимость в техническом и технико-тактическом совершенствовании (по материалам зарубежной печати). // Теория и практика физической культуры. – 2008. – 2. – с.56-59.
11. *Лях В.И.* Критерии определения координационных способностей // Теория и практика физической культуры. – 1991. – 11. – с.17-20.
12. *Лях В.И.* Средства и методы развития координационных способностей // Физ. культ. в школе. – 2007. – 6. – с.22-25.
13. *Матвеев Л.П.* Основы спортивной тренировки // Учебное пособие для институтов физической культуры. – М.: Физкультура и спорт, 2007. – с.108-129, 139-155.
14. Нормативы по пожарно-строевой подготовке. – М., 2012. – 31 с.
15. *Платонов В.Н., Сахновский К.П.* Методика развития и оценка координационных способностей // Подготовка юного спортсмена. – Киев: Родзянська школа, 2008. – с.185-190.
16. *Староста В.* Новый способ измерения и оценки двигательной координации // Теория и практика физической культуры. – 2006. – 5. – с.8-12.
17. *Теребнев В.В.* Пожарно-строевая подготовка: Учебное пособие / В.В. Теребнев, В.А. Грачев, А.В. Подгрушный, А.В. Теребнев. М.: Академия ГПС, Калан-Форт, 2014. 336 с
18. *Тер-Ованесян А.А.* Педагогические основы физического воспитания. – М.: Физкультура и спорт, 2008. – с.37-46.

УДК 614.88

*С. Г. Казанцев, Р. М. Шипилов, Д. Н. Шалявин, А. А. Сухов*  
ФГБОУ ВО «Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России»

## **РАЗРАБОТКА ПРОМЕЖУТОЧНЫХ НОРМАТИВНЫХ ЗАДАНИЙ ПО ОТДЕЛЬНЫМ УПРАЖНЕНИЯМ ПОЖАРНО-СТРОЕВОЙ ПОДГОТОВКИ**

В статье рассмотрен вопрос обоснования разработки промежуточных нормативных заданий по отдельным упражнениям пожарно-строевой подготовки. Предложены элементы для разработки временных показателей нормативных заданий.

**Ключевые слова:** Норматив, штурмовая лестница, пожарно-спасательный спорт.

*S. G. Kazantsev, R. M. Shipilov, D. N. Shalyavin, A. A. Sukhov*

## **DEVELOPMENT OF INTERIM NORMATIVE TASKS ON SELECTED EXERCISES OF FIRE-STYLE TRAINING**

The article considers the question of substantiation of the development of intermediate normative tasks for individual exercises of fire-combat training. Elements for the development of time indicators of normative tasks are proposed.

**Keywords:** standard, assault ladder, fire and rescue sport.



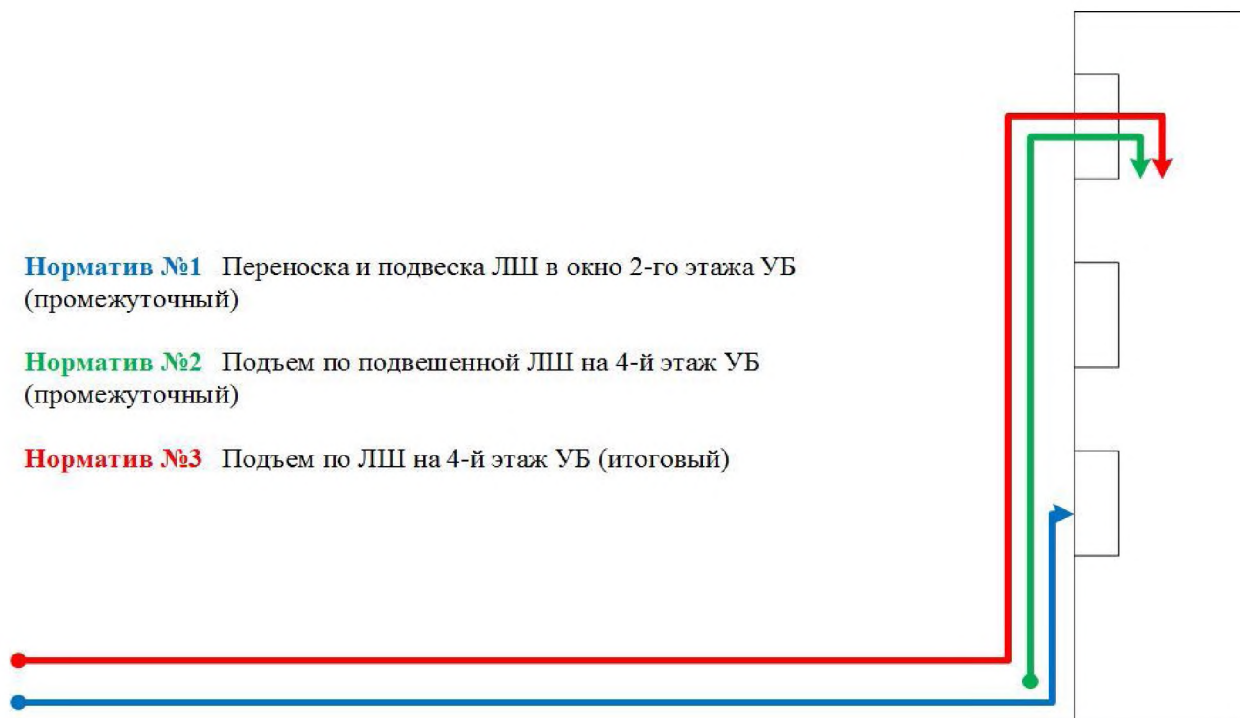
Научно-обоснованное установление нормативных заданий позволяет обеспечить для обучающихся объективно равные возможности для выполнения заданных упражнений. При разработке нормативных заданий необходимо исходить из передовых научно-технических достижений, прогрессивных методик используемых в педагогической практике.

Нормативные задания устанавливаются в соответствии с условиями выполнения упражнений, их сложностью, необходимыми затратами и с учетом определенных требований. Первое требование учитывается при установлении допустимых погрешностей временных показателей и обеспечивается путем применения математически обоснованных методов сбора исходных данных и установления нормативных зависимостей. Второе требование заключается в необходимости исчерпывающего описания вариантов условий выполнения упражнений. Каждому из вариантов должны соответствовать значения нормативов или поправочных коэффициентов к нормативам для базового варианта. В соответствии с третьим требованием нормативные задания должны быть удобными для расчетов.

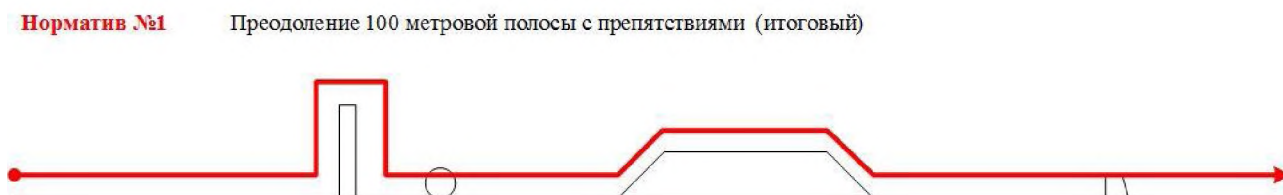
Разработка нормативных заданий по пожарно-строевой подготовке включает в себя несколько этапов: подготовительная работа; исследование нормируемого процесса и его описание; теоретический; экспериментальное установление нормативных зависимостей; разработка проекта сборника нормативов; проверка нормативов в реальных условиях; корректировка нормативов по результатам проверки, их согласование и утверждение. Наиболее сложными упражнениями по дисциплине «Пожарно-строевая подготовка» [1] являются упражнения «Подъем по штурмовой лестнице в 4-й этаж учебной башни» и «Преодоление 100-метровой полосы с препятствиями». Эти нормативы утверждены и является обязательным для выполнения при проведении инспектирования, итоговых проверках деятельности территориальных органов МЧС России, подразделений ФПС, а также на контрольных занятиях [2].

На сегодняшний день упражнения «Подъем по штурмовой лестнице в 4-й этаж учебной башни» включают в себя 3 показателя (рис.1), а «Преодоление 100-метровой полосы с препятствиями» 1 показатель (рис. 2) [2].

Очевидно, что для оценки качества подготовки – такого количества показателей недостаточно, так как упражнения включают в себя технически сложные элементы. Кроме того, учебно-тренировочный процесс связан не только с выполнением скоростно-силовых и сложно-координационных движений, но и с выполнением их в боевой одежде пожарного. Это создаёт дополнительные трудности при выполнении поставленных задач, таких как преодоление 100-м полосы с препятствиями, подъем по штурмовой лестнице в окно 4-го этажа [3]. Для подъема по штурмовой лестнице основная сложность выполнения упражнения обучающимися состоит в «вертикальном подъеме» по лестнице. То есть выполнение таких элементов как, подъем по лестнице и посадка на этаж; выброс, подхват, перехваты и завеска лестницы в окна этажей учебной башни; переход с подоконника на этаж. Преодоление 100-метровой полосы с препятствиями включает в себя такие элементы как: преодоление забора и бума; раскатка пожарных рукавов; соединение соединительных головок между собой, с разветвлением и с пожарным стволом. Поэтому существует потребность в расширении научно-обоснованных промежуточных нормативных заданий и временных показателей для промежуточных элементов упражнений.



**Рис. 1.** Утвержденные нормативные показатели упражнения «Подъем по штурмовой лестнице в 4-й этаж учебной башни»



**Рис. 2.** Утвержденные нормативные показатели упражнения «Преодоление 100-метровой полосы с препятствиями»

Целью работы является разработка промежуточных нормативных заданий по отдельным упражнениям пожарно-строевой подготовки, в которых будут рассмотрены временные показатели по выполнению отдельных элементов упражнений. Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

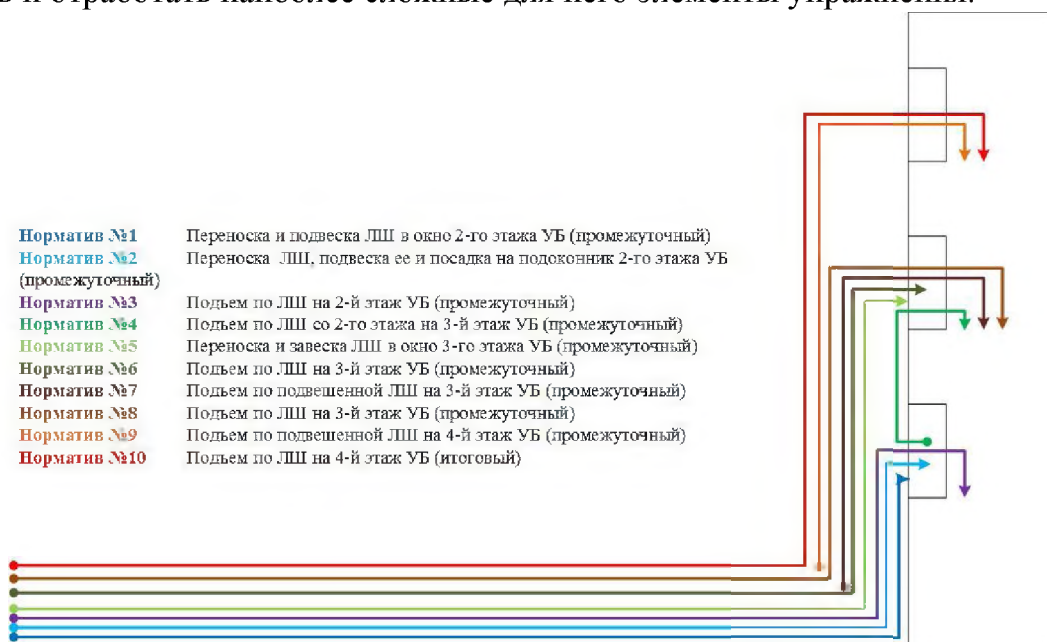
1. выполнить аналитический обзор литературных источников по применению нормативной базы по выполнению упражнений по пожарно-строевой подготовке;
2. разработать промежуточные элементы выполнения упражнений для нормативных заданий;
3. провести эксперимент;
4. обработать и проанализировать полученные результаты, сформулировать общие выводы по работе;

5. разработать временные количественные показатели отдельных элементов упражнений на основе полученных экспериментальных исследований и сформулированных выводов;

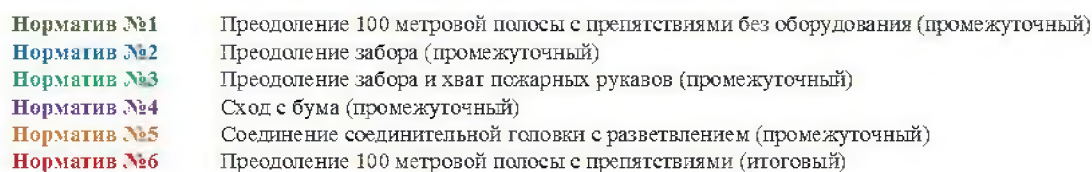
6. внести изменения в рабочие программы по дисциплинам «Пожарно-строевая подготовка», «Пожарно-спасательная подготовка», «Физическая культура» внедрить в образовательный процесс академии.

Для решения поставленных задач предлагаются следующие промежуточные элементы для упражнений: подъем по штурмовой лестнице в 4-й этаж учебной башни (рис. 3); преодоление 100-метровой полосы с препятствиями (рис. 4).

Расширение количества нормативных заданий и временных показателей для отдельных упражнений по пожарно-строевой подготовке позволит преподавателю своевременно реагировать на качество подготовки обучаемых путем оценивания промежуточных элементов выполнения упражнения таких как, «Подъем по штурмовой лестнице в 4-й этаж учебной башни» и «Преодоление 100-метровой полосы с препятствиями». Обучаемому разработанные временные показатели помогут в оценке своих навыков и отработать наиболее сложные для него элементы упражнения.



**Рис. 3.** Предлагаемые для разработки нормативных заданий элементы упражнения «Подъем по штурмовой лестнице в 4-й этаж учебной башни»



**Рис. 4.** Предлагаемые для разработки нормативных заданий элементы упражнения «Преодоление 100-метровой полосы с препятствиями»

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Методические рекомендации по пожарно-строевой подготовке» утвержденные заместителем Министра Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий генерал-полковником внутренней службы Е.А. Серебренниковым 30.06.2005 г.
2. Нормативы по пожарно-строевой и тактико-специальной подготовке для личного состава федеральной противопожарной службы. – М.: МЧС России, 2011 г.
3. *Шитлов Р.М., Шарбанова И.Ю., Казанцев С.Г., Соколов Г.П.* Особенности психофизиологической адаптации в аспекте воспитания силовой выносливости и скоростно-силовых качеств в профессионально-прикладной подготовке будущих специалистов пожарно-технического профиля // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 1-1.

УДК 378

*В. А. Калентьев, Л. Т. Раевская\**

ФГБОУ ВО «Уральский институт ГПС МЧС России»

\*ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет»

## ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА КЕЙСОВ В МОДЕЛИРОВАНИИ ОБЪЕКТОВ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Настоящая работа посвящена краткому обзору методов обучения при изучении технических дисциплин, в частности рассматривается моделирование технологических процессов студентами, при котором предпринята попытка использования метода кейсов.

**Ключевые слова:** Кейс-метод, интерактивные формы обучения, моделирование объектов и процессов.

*V. A. Kalentyev, L. T. Raevskaia*

## APPLICATION OF CASE-STUDY METHOD IN THE MODELING OF OBJECTS AND PROCESSES

This paper is devoted to a brief review of teaching methods in the study of technical disciplines, in particular, is considered modeling of technological processes by students, in which the attempt is made to use case method.

**Keywords:** case-method, interactive forms of learning, modeling of objects and processes.

В образовании сложились, утвердились и получили широкое распространение три формы взаимодействия преподавателя и обучающихся: пассивные методы, активные методы, интерактивные методы [1, 2].

*Пассивный метод* – это форма взаимодействия преподавателя и обучающегося, при которой преподаватель является основным действующим лицом и управляющим ходом занятия, а обучающиеся выступают в роли пассивных слушателей.

*Активный метод* обучения – это организация учебного процесса, которая способствует активному взаимодействию с преподавателем. Если пассивные методы предполагали авторитарный стиль взаимодействия, то активные больше предполагают демократический стиль.

*Интерактивный метод* – это организация интенсивной работы в малых студенческих группах, когда главное – общение студентов между собой в процессе получения знаний. Роль преподавателя на интерактивных занятиях сводится к направлению деятельности обучающихся на достижение целей занятия. Интерактивное обучение – это прежде всего диалоговое обучение. Форм интерактивного обучения много, напомним лишь о некоторых из них: творческие задания; экскурсии; метод кейсов.

Кейс-метод можно представить в методологическом контексте как сложную систему, в которую интегрированы другие, более простые методы познания. В него входят моделирование, системный анализ, проблемный метод, мысленный эксперимент, методы описания, классификации, игровые методы, которые выполняют в кейс-методе свои роли [3]. Метод кейсов (Case-study) – это предложение группе конкретной ситуации с целью поиска решения, обоснования данного решения, причем с подробным анализом поиска решения. Представилось возможным использовать метод кейсов в преподавании технических дисциплин в контексте работы в малых группах. Работа в малых группах – это одна из самых популярных стратегий, так как она дает всем студентам возможность участвовать в работе, практиковать навыки сотрудничества, межличностного общения (в частности, умение активно слушать, вырабатывать общее мнение, разрешать возникающие разногласия). Нами использовался этот метод в преподавании дисциплин «Теоретическая механика», «Мехатроника», «Вычислительные методы» и «Моделирование в технике». К примеру первокурсникам, приступившим к изучению теоретической механики, предлагались задания типа - «Два груза массами  $m_1=m$  кг и  $m_2=3m$  кг, соединенные невесомой нерастяжимой нитью, необходимо поднять и перенести. Один рабочий предложил поднимать груз, взявшись за первый груз, второй рабочий предложил держаться за второй груз при подъеме, а третий сказал, что неважно за какой из грузов держаться, это не приведет к разрыву нити между грузами. Кто прав? В какой ситуации меньше вероятность разрыва нити, если в любом случае для подъема прикладывается одна и та же сила  $F$  к соответствующему грузу?». В начале занятия обсуждали принципы работы в группе, например, такие:

- занятие – не лекция, предполагается общая работа с участием каждого студента в группе;
- все участники равны независимо от возраста, социального статуса, опыта;
- каждый участник имеет право на собственное мнение по любому вопросу;
- нет места прямой критике личности (подвергнуться критике может только идея) и др.

Время обсуждения задания и решения ограничивалось 40 минутами. После чего представитель каждой группы делал небольшое сообщение в соответствии с листингом вопросов, которые надо было осветить. Вопросы включали не только результат решения, но и анализ процесса поиска решения. После выступления всех групп преподавателем подводились итоги с указанием на распространенные ошибки, делались выводы. Студентам старших курсов, изучающим «Моделирование в технике» предлагались задания по моделированию процесса с помощью средств визуализации, диагностированию проблемы, исследованию возможности устранения недостатков (в

группах по 2 студента). Нами были поставлены цели: 1) ознакомление с инструментальными приложениями программного пакета Scilab, получение навыков первоначальной работы с системой визуального моделирования Xcos; 2) исследование на ЭВМ динамических свойств объекта.

Одно из важных достоинств пакета, с которым предлагалось ознакомиться студентам, состоит в том, что для работы пользователю достаточно знать о нём ровно столько, сколько требуется для решения данной задачи.

В частности, предлагалось ознакомиться с возможностями цифрового имитационного моделирования средствами Xcos на примере простейшей замкнутой системы регулирования уровня пульпы (флотомашина) с отрицательной обратной связью, включающей объект управления (ОУ) в виде инерционного звена 1-го порядка с запаздыванием (как пример) и управляющего устройства (УУ), представляющего ПИ-регулятор (см. рис.1). Регулируется уровень пульпы  $h$  путём изменения положения  $S$  регулируемого шибера в разгрузочном кармане флотомашины.

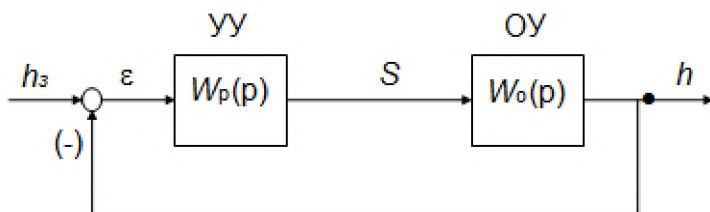


Рис. 1. Блок-схема ПИ-регулятора

Студенты должны создать модель системы, исследовать переходный процесс, подобрать такие коэффициенты передачи и постоянные времени интегрирования, которые бы уменьшили время переходного процесса и размах колебаний при запуске системы регулирования уровня. Параметры  $k_p$  – передаточный коэффициент регулятора;  $T_i$  – время интегрирования были настроечными. Моделирование процесса началось с составления дифференциального уравнения и получения передаточных функций объекта управления ( $W_o(p)$ ,  $W_p(p)$ ) и управляющего устройства, эту часть работы предлагалось выполнить дома. После работы в программе по полученному графику переходного процесса необходимо было удостовериться в правильности указанных настроечных параметров регулятора  $k_p$  и  $T_i$ , и определить вид полученного переходного процесса. Результатами работы можно назвать следующие: студенты стали более активны в образовательном процессе, получили навык работы в команде.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Изменения в образовательных учреждениях: опыт исследования методом кейс-стади /под редакцией Г.Н. Прозументовой. – Томск: Издательство ТГУ, 2003. –296 с.
2. Будерецкая, И. В. Интерактивные методы обучения[ Электронный ресурс]. – М.: АСТ, 2013. – Режим доступа: [http:// nsportal.ru/nachlnaya-shkola/materialy](http://nsportal.ru/nachlnaya-shkola/materialy).
3. Рогова Е. М. Особенности организации процесса обучения на основе кейс-метода. // Современные технологии обучения в вузе (опыт НИУ ВШЭ в Санкт-Петербурге) / под общей редакцией М.А.Малышевой.: Методическое пособие.— Санкт-Петербург: Отдел оперативной полиграфии НИУ ВШЭ, 2011. — С. 25-44.

УДК 378.12

*Н. А. Кропотова, С. В. Горинова*

ФГБОУ ВО «Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России»

## **КОНЦЕПТУАЛЬНЫЕ ОСНОВЫ АДАПТИВНОГО ОБУЧЕНИЯ В ИВАНОВСКОЙ ПОЖАРНО-СПАСАТЕЛЬНОЙ АКАДЕМИИ ГПС МЧС РОССИИ**

В статье приводится оценка современного состояния адаптивной системы в Ивановской пожарно-спасательной академии ГПС МЧС России. Предложена модель адаптивной системы обучения курсантов и студентов первого года обучения.

**Ключевые слова:** Адаптация, адаптивное обучение, концепция адаптации, адаптация обучающихся, адаптивность.

*N. A. Kropotova, S. V. Gorinova*

## **CONCEPTUAL FRAMEWORK OF ADAPTIVE LEARNING IN THE IVANOVO FIRE AND ACADEMY OF THE STATE FIRE SERVICE OF THE MINISTRY OF THE RUSSIAN FEDERATION FOR CIVIL DEFENSE, EMERGENCIES AND ELIMINATION OF CONSEQUENCES OF NATURAL DISASTERS**

The article gives assessment of the current state of the adaptive system in Federal State Educational Institution of Higher Education «Ivanovo Fire and Rescue Academy of the State Fire Service of the Ministry of the Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters». The proposed model of adaptive system of training of cadets and students of first year of study.

**Keywords:** adaptation, adaptive learning, concept adaptation, adaptation of students, adaptability.

В связи с жесткой конкуренцией на рынке труда возрастают и требования, предъявляемые к выпускникам вузов. Первостепенное значение для успешной профессиональной деятельности имеют навыки самообразования, применения теоретических знаний в практической деятельности, владения нормативно-правовой базой. Поэтому процесс обучения будущих специалистов в условиях вуза строится с использованием новых инновационных образовательных технологий и ориентирован на инновационное образование.

В свою очередь, инновационное образование реализует личностный и акмеологический подходы, фундаментальность, развитие творческих способностей, профессионализм, синтез технической и гуманитарной культуры, владение новейшими информационными технологиями. Поэтому современный педагог стремится реализовать на своих занятиях инновационные подходы через интерактивные приемы для достижения успеха обучения. Для формирования необходимой основы, у обучающихся поступивших на первый год обучения, адаптационный процесс должен быть как можно короче. Для этого в Ивановской пожарно-спасательной академии ГПС МЧС России реализуется концепция адаптивного обучения.

На протяжении нескольких лет наблюдений и исследований данного адаптационного периода обучающихся, как правило это обучающиеся первого года обучения,

для выявления педагогических факторов успешной образовательной деятельности мы опирались на

- обучаемость - способность к усвоению знаний и способов действий, готовность к переходу на новые уровни обученности, которая строится на потенциале возможностей обучаемого, фонда действительных знаний, обобщенности мышления, темпов продвижения в обучении, продуктивной учебной деятельности и т.д.;
- обученность - это, с одной стороны, результат прошлого опыта, а с другой - цель предстоящего обучения, который включает имеющийся на сегодняшний день запас знаний, умения и навыки, фрагменты умения обучаться;
- анализ итогов текущего и рубежного контролей;
- мотивационную направленность.

В качестве критерия, позволяющего дифференцировать обучающихся по группам, определен уровень их адаптивности, являющийся комплексным показателем успеха в учебной деятельности [1].

Параметр адаптивности вычисляется как отношение суммы баллов по показателям всех этапов исследования для каждого испытуемого ( $\sum_{i=1}^n$  баллов) к числу показателей  $N$ :

$$\text{Адаптивность} = \frac{\sum_{i=1}^n \text{баллов}}{N}$$

Выводы по принадлежности курсантов в группы адаптивности делаются в соответствии с методикой выставления оценки по учебным дисциплинам, принятой в академии:

- обучающиеся с высоким уровнем адаптивности (средний балл  $\geq 4,6$ );
- обучающиеся со средним уровнем адаптивности ( $3,6 \leq \text{средний балл} \leq 4,6$ );
- обучающиеся с низким уровнем адаптивности ( $3 \leq \text{средний балл} \leq 3,6$ ).

Обучающиеся с уровнем адаптивности, соответствующим среднему баллу менее 3 подлежат отчислению. Для обучающихся с низким и средним уровнями адаптивности рекомендуется дополнительная организация образовательного процесса, реализующая концепцию адаптивного обучения.

Поэтапный мониторинг параметра адаптивности в Ивановской пожарно-спасательной академии за последние два года выявил следующие данные, которые приведены на рис. 1.

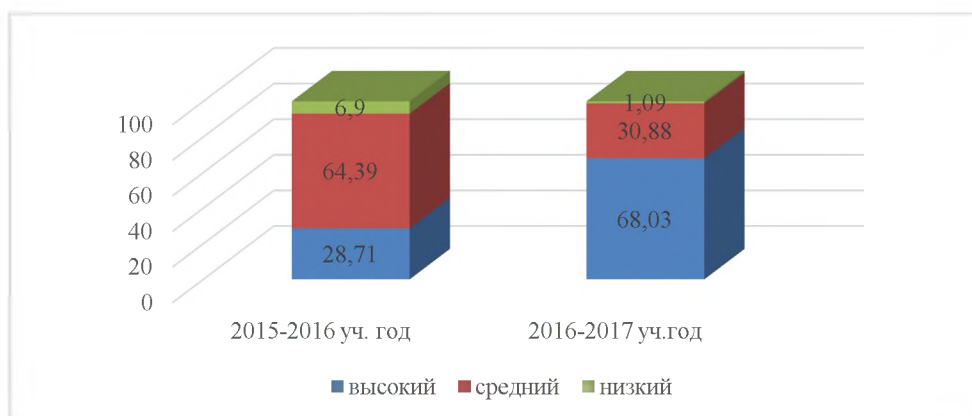


Рис. 1. Уровень адаптивности обучающихся



Исследование проводилось с обучающимися первого года обучения. Наиболее интересным представляется тот факт, что показатель адаптивности увеличился с высоким уровнем адаптивности на 39,32 %. Стоит отметить и тот факт, что обучающиеся в первый год обучения имеющие средний показатель адаптации в течении всего образовательного процесса, реализующего концепцию адаптивного обучения, на второй год обучения показали результаты уровня адаптации выше, а обучающиеся имеющие низкую адаптацию в первый год обучения смогли повысить до среднего.

Следует учесть, что результатом адаптивной системы обучения является определенный уровень обученности курсантов и студентов, включающий базу знаний обучающегося, индивидуальные особенности, влияющие на процесс обучения и сформированность у него умения к учению. Безусловно, для достижения максимально возможного уровня обученности каждым обучающимся в рамках условий организации процесса обучения в ведомственном вузе, необходимо выявить наиболее целесообразные управляющие воздействия в процессе адаптивного обучения.

Академик РАО Новиков А.М., применительно к педагогической системе «педагог – обучающийся», выделяет следующие функции управления: планирование, организацию, стимулирование и контроль. Непрерывная последовательность реализации этих функций составляет цикл управленческой деятельности [2]. В адаптивной системе обучения управленческий цикл осуществляется с учетом уровня обученности курсантов, их индивидуально-психологического состояния. Функции управления сопоставляются с соответствующими этапами управляющих воздействий.

На этапе планирования преподаватель устанавливает точные цели обучения, сформулированные с учетом индивидуальных особенностей обучающихся и отражающие соответствие настоящего, прошедшего (связь с изученными предметами в школе и опора на них) и будущего состояния обученности курсантов (связь с будущей профессией) поставленным целям. Целеполагание определяет характер управления процессом усвоения знаний.

На основе результатов мониторинга и анализа текущего состояния обучающегося, преподаватель получает информацию о том, способен ли курсант достичь поставленной цели, нуждается ли он в организации дополнительного учебного реабилитационного процесса. Далее осуществляется прогноз повышения уровня обученности с учетом и без учета управляющих воздействий, что позволяет судить о том, какова будет динамика обученности курсанта, если не предпринимать никаких дополнительных мер. Завершает данный этап непосредственное планирование преподавателем набора конкретных действий, мероприятий и т.д., которые позволят достичь или максимально приблизиться к поставленным целям в существующих или прогнозируемых условиях.

Определенный в результате планирования набор мероприятий требует на этапе организации распределения функций и ресурсов между преподавателем и обучающимся, соответствующего технологического обеспечения, что влечет за собой этап мотивационного стимулирования курсантов.

Контроль обучающихся заключается в оперативной диагностике за изменениями в уровне обученности при помощи средств обратной связи. Так как адаптивное обучение является непрерывным процессом, то по мере поступления новой информации о ходе достижения поставленных целей, получаемой в результате осуществления функции контроля, может потребоваться внесение реабилитационных и корректирующих воздействий, что составляет суть оперативного управления. При завершении каждого

этапа анализируются произведенные изменения, синтезируются и обобщаются полученные результаты, что непосредственно используется при разработке стратегии и тактики дальнейшего управления образовательной деятельностью курсантов.

С целью уточнения педагогически значимых характеристик образовательного процесса, адаптивная система обучения представлена нами в виде структурной модели (рис. 2), в основу которой положены научно-обоснованные представления о компонентах процесса обучения и теории управления педагогическими системами [3].



Рис. 2. Структурная модель адаптивной системы обучения

Функционирование адаптивной системы обучения подразумевает конструирование множества вариантов создания индивидуальной программы обучения для достижения максимально возможной обученности каждым обучающимся, тем самым, на наш взгляд, является конструктивной идеей обучения в профессиональном ведомственном вузе на начальном этапе.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Кропотова, Н.А.* Теоретические предпосылки адаптивной системы образования ВУЗов МЧС России. / Н.А. Кропотова // NovaInfo.Ru, 2017. - №58, - Т. 3. – С. 336-342.
2. *Новиков, А.М.* Методология / А.М. Новиков, Д.А. Новиков. – М.: СИНТЕГ. 2007. – 668 с.
3. *Кропотова, Н.А.* Концептуальные основы моделирования адаптивных систем обучения. / Н.А. Кропотова. // NovaInfo.Ru, 2017. - №58. - Т. 3. – С. 342-347.

УДК 378

*Н. А. Кропотова, И. А. Легкова, П. В. Пучков*

ФГБОУ ВО «Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России»

#### **ПРОЕКТНЫЙ МЕТОД – ИННОВАЦИОННАЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ XXI ВЕКА**

Современное общество постоянно поднимает проблему качества профессиональной подготовки специалистов. На рынке труда создаются условия жесткой конкуренции, а отсюда возрастают требования, предъявляемые к выпускникам вузов. В связи с этим требуется модернизация устаревших систем и совершенствование образовательного процесса. Для решения данного вопроса предлагается введения инновационного образования, в частности, проектное обучение. Данное направление развития реализует профессиональную компетентностную модель обучающегося.

**Ключевые слова:** Проектное обучение, метод проектов, инновация в образовании, инновационное образование, образовательные технологии.

*N. A. Kropotova, I. A. Legkova, P. V. Puchkov*

#### **DESIGN METHOD – INNOVATIVE EDUCATIONAL TECHNOLOGY OF THE XXI CENTURY**

Modern society constantly raises the issue of quality of vocational training. In the labour market, the conditions of a rigid competition, and hence increase the requirements to the graduates. In this connection, you need to modernize outdated systems and improve the educational process. To solve this problem we proposed the introduction of innovative education, in particular, project-based learning. This direction implements a professional development competence model of the student.

**Keywords:** project teaching, project method, innovation education, innovation education, educational technology.

В связи с социально-экономическими изменениями, происходящими в современном мире, и модернизацией всех сфер общественной жизни возникает потребность в активных, компетентных и профессиональных специалистах, умеющих быстро приспосабливаться к меняющимся трудовым условиям, выполнять работу с оптимальными энергозатратами, способных к самообразованию, саморазвитию, и не мало важно умением работать с коллективом – управленческие навыки. Такие требования общества, прежде всего, определяют политику образовательных учреждений, создавая конкурентоспособность своих специалистов. Поэтому процесс обучения будущих специалистов в условиях вуза строится с использованием новых инновационных образовательных технологий и ориентирован на инновационное образование.

В свою очередь, инновационное образование включает в себя: личностный и акмеологический подходы, фундаментальность, развитие творческих способностей, профессионализм, синтез двух культур (технической и гуманитарной), владение новейшими информационными технологиями. Процесс формирования и становления личности обучающегося как профессионалов, способных выполнять сложные задачи в нестандартных ситуациях – главная цель проектного обучения [1]. Отличительным признаком данной образовательной технологии является побуждающее стремление обучающегося на поиск творческих подходов выполнения заданий, это в свою очередь ведет к самообразованию и саморазвитию. Тем самым на образование возлагается функция, которая бы способствовала развитию самостоятельности и ответственности личности, была бы ориентирована на ее саморазвитие, самообразование, самореализацию.

Таким образом, можно смело заявить, что необходима смена существующей дидактической парадигмы, ориентированной на инновационное образование реализующее компетентностный подход, за счет изменения форм и методов обучения, его индивидуализации, увеличения комплекса новейших технических средств, широкого применения новых технологий обучения. Причем акцент ставится на более активные виды самостоятельной индивидуальной работы. Одним из известных методов является проектное обучение.

Проектное обучение – это особая организация учебного процесса по преподаваемым дисциплинам, направленная на решение обучающимися учебных задач на основе самостоятельного анализа информации, которая необходима для поэтапной корректировки и обоснованности, а также успешного представления достигнутого результата.

Целью проектной технологии является самостоятельное «постижение» обучающимися различных проблем, неукоснительно связанных с формированием профессиональных основ. Поскольку на кафедре механики, ремонта и деталей машин Ивановской пожарно-спасательной академии ГПС МЧС России в основном задействованы обучающиеся 1-2 годов обучения, практически все преподаваемые дисциплины реализуют проектное обучение. Материализованным продуктом проектирования является учебный проект (это может быть курсовой проект или курсовая работа, расчетно-графическая работа, реферат, научно-исследовательская работа (проект), выпускная квалификационная работа др.), который определяется как самостоятельно принимаемое обучающимся для развернутого решения проблемы. В проекте наряду с научной (познавательной) стороной решения всегда присутствуют эмоционально-ценностная (личностная) и творческая стороны. Именно эмоционально-ценностный и

творческий компоненты содержания определяют, насколько значим для обучающихся проект и как самостоятельно он выполнен.

Поскольку данная технология всегда ориентирована на самостоятельную (индивидуальную или групповую) деятельность обучающихся, которую выполняют в течение определенного отрезка времени, и предполагает совокупность проблемных методов обучения, творческих по своей сути [2]. Данная технология строится с учетом развития информационно-коммуникационных качеств обучающегося, индивидуализации обучения, реализовывая деятельностный подход, ориентированный не только на формирование знаний и умений у обучающихся, а на самореализацию их личности.

Технология проектного обучения рассматривается в системе личностно-ориентированного образования и способствует развитию личностных качеств обучающихся:

- инициативность,
- самостоятельность,
- самоанализ,
- самоконтроль,
- самореализация,
- исследовательские навыки,
- способность к творчеству,
- развитие критического мышления.

Наиболее существенными особенностями проектного обучения являются его диалогичность, проблемность, интегративность, контекстность. Рассмотрим по порядку. Диалогичность позволяет обучающимся в процессе выполнения проекта вступать в диалог как с собственным «Я», так и с другими. Именно в диалоге осуществляется «свободное самооткровение личности» по словам М.М. Бахтина. Диалог в проектной технологии выполняет функцию специфической социокультурной среды, создающей условие для принятия обучающимися нового опыта, переосмысления прежних смыслов, вследствие чего полученная информация становится личностно значимой [3].

Проблемность возникает при разрешении проблемной ситуации, которая обуславливает начало активной мыслительной деятельности, проявлений самостоятельности у обучающихся, вследствие того, что они обнаруживают противоречие между известным им содержанием и объяснением явлений с точки зрения практической значимости приобретаемой профессии. Решение проблемы нередко приводит к оригинальным, нестандартным способам деятельности и результату. Наиболее значимыми для обучающихся являются те задачи, которые они могут встретить в реальной чрезвычайной ситуации, которые как правило и реализуются в проекте.

Контекстность в проектной технологии позволяет создавать проекты, приближенные к естественной жизнедеятельности обучающихся, осознать место изучаемой ими проблемы в современных достижениях науки, в общей системе человеческого бытия, социально-экономических условиях общества и региона в целом. За основание можно использовать основные сферы деятельности человека, разработанные М.С. Каганом: практико-преобразовательная, научно-познавательная, ценностно-ориентационная, коммуникативная, художественно-эстетическая (дизайнерская). Учебные проекты в контексте практико-преобразовательной деятельности, например рассматриваются как моделирующие (создание 3D моделей для решения ситуационных задач [4]), технико-прикладными (разработка нового аварийно-спасательного

оборудования, новой технологии для применения к решению создания нового оборудования для ведения восстановительных работ и аварийно-спасательных операций), экспериментально-измерительными (совершенствование оборудования находящегося на вооружении пожарной охраны) и т. д. Учебные проекты, развивающие научно-познавательную деятельность, основаны на реальном и моделирующем (виртуальном, а в некоторых случаях с использованием инструментов дополненной реальности) эксперименте и позволяют обучающимся представить процесс научно-исследовательской деятельности в плоскости любой изучаемой дисциплины, в том числе и профессионально-ориентированной. Стоит заметить, что выполнение учебного проекта способствует развитию навыков у обучающихся в той или иной степени всех видов деятельности.

Интегративность проектной технологии «означает оптимальный синтез сложившихся концепций усвоения знаний и теорий обучающегося», а также междисциплинарная интеграция и интеграция в профессиональной сфере [5].

Создавая педагогические условия для осуществления проектного метода мы реализуем инновационные подходы к обучению. Умение пользоваться проектным методом - показатель высокой квалификации преподавателя, его прогрессивной методики обучения и развития. Недаром эти технологии относят к технологиям XXI века, предусматривающим прежде всего умение адаптироваться к стремительно изменяющимся условиям жизни человека современного общества.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Даниленкова, Г.Г. Педагогическое проектирование учебного процесса / Г.Г. Даниленкова // Сборник научных статей / Калинингр. университет. – 2008. – С. 25-27.
2. Зерщикова Т. А. О способах реализации метода проектов в вузе / Т.А. Зерщикова // Проблемы и перспективы развития образования: материалы междунар. науч. конф. Т. II. – Пермь: Меркурий, 2011. – С. 79-82.
3. Кропотова, Н.А. Концептуальные основы моделирования адаптивных систем обучения / Н.А. Кропотова // NovaInfo.Ru, 2017. – №58. – Т. 3. – С. 342-347.
4. Иванов, В.Е. Внедрение 3D технологий в учебный процесс // В.Е. Иванов, И.А. Легкова, А.А. Покровский, В.П. Зарубин, Н.А. Кропотова. / Сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции «Современное научное знание: теория, методология, практика» в 3-х частях. ООО «Новаленсо». – Смоленск, 2016. – С. 37-39.
5. Кропотова, Н.А. Интегрированные комплексные практические занятия на основе интерактивной технологии модерации / Н.А. Кропотова // Педагогический опыт: теория, методика, практика. 2016. – № 3 (8). – С. 154-160.

УДК 378

*Н. А. Кропотова, В. Е. Иванов*

ФГБОУ ВО «Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России»

### **КОМПЛЕКС ИННОВАЦИОННЫХ ПЕДАГОГИЧЕСКИХ ПРИЕМОВ, РЕАЛИЗУЕМЫХ НА ЗАНЯТИЯХ ПО ДИСЦИПЛИНЕ «МЕХАНИКА»**

Современная система высшего образования предлагает модель выпускника обладающим целым рядом развитых профессионально значимых компетенций. Модернизация современной системы образования совершает переворот имеющихся традиционных форм и методов обучения и предлагает для реализации новые. Компетентностный подход дает возможность развития и совершенствования обучающихся в профессиональной сфере с применением новых интерактивных методов обучения.

**Ключевые слова:** Педагогические приемы, технология аргументированного суждения, развитие обучающихся, эффективность обучения.

*N. A. Kropotova, V. E. Ivanov*

### **COMPLEX OF INNOVATIVE TEACHING TECHNIQUES IMPLEMENTED IN THE CLASSROOM FOR THE DISCIPLINE «MECHANICS»**

The Modern system of higher education offers graduate model has a number of developed professionally important competences. Modernization of the modern education system upheaval the existing traditional forms and methods of learning and provides for the implementation of new. Competence-based approach enables the development and improvement of students in the professional field with the use of new interactive teaching methods.

**Keywords:** teaching methods, technology reasoned judgment, the development of students, learning efficiency.

Современная педагогическая система профессионального вуза направлена, прежде всего, на всестороннее развитие личности обучающегося, совершенствование профессиональных навыков и становление высококвалифицированного специалиста при реализации компетентностного подхода.

Поиск современных педагогических технологий, применяемые педагогами-новаторами, позволил расширить методические приемы, оценить достоинства одних и устранить недостатки других подходов [1]. Совсем недавно была успешно внедрена в практику технология развития информационных и коммуникативных компетенций обучающихся через использование технологии аргументированного суждения на практических и лабораторных занятиях по дисциплине «Механика».

Информационная компетентность позволяет человеку быть успешным в современном информационном обществе, принимать осознанные решения на основе критически осмысленной информации.

Коммуникативная компетентность позволяет достигать поставленных целей коммуникации: получать необходимую информацию от других людей и организаций, убеждать, влиять на принятие решений и т.п. на основе толерантного отношения к ценностям и интересам других людей.

Технологичных и эффективных приемов, направленных на развитие ключевых компетенций, очень мало. Поэтому они чрезвычайно ценны в повседневной практике педагога. Данный технологический прием используется при изучении различных дисциплин, однако в преподавании механики на практике у педагогов новаторов или исследователей не встречался.

Технология аргументированного суждения - педагогический прием, направленный на рефлексию обучающихся – PRES-formula (Position-Reason-Explanation or Example-Summary), созданная профессором права Дэвидом Маккойд-Мэйсоном из ЮАР [2]. Перевел ее на русский язык Аркадий Гутников, вице-президент ассоциации «За гражданское образование», первый проректор Санкт-Петербургского Института права. В результате перевода получилась аббревиатура ПОПС.

Технологичность первого приема заключается в следующем: обучающимся во время подведения итогов практического или лабораторного занятия предлагается написать четыре предложения, отражающие следующие четыре момента ПОПС – формулы: П – позиция, О – объяснение (или обоснование), П – пример, С – следствие (или суждение). Первое из предложений (позиция) должно начинаться со слов: «Я считаю, что...». Второе предложение (объяснение, обоснование своей позиции) начинается со слов: «Потому что ...». Третье предложение (ориентированное на умение доказать правоту своей позиции на практике) начинается со слов: «Я могу это доказать это на примере ...». И, наконец, четвертое предложение (следствие, суждение, выводы) начинается со слов: «Исходя из этого, я делаю вывод о том, что...».

Таким образом, выступление курсанта занимает примерно 1-2 минуты и может состоять из двух-четырех предложений. Самое главное, что дает применение данной технологии, обучающиеся высказывают свою точку зрения, отношение к предложенной проблеме. ПОПС-формула может применяться для опроса по пройденной теме, при закреплении изученного материала, проверке задания, выданного для самостоятельного выполнения (изучения).

Суть второго педагогического приема «Фишбоун» заключается в установлении причинно-следственных взаимосвязей между объектом анализа и влияющими на него факторами, совершение обоснованного выбора. Дополнительно метод позволяет развивать навыки работы с информацией и умение ставить и решать проблемы. Очень полезным оказался при подготовке докладов обучающимися.

В основе Фишбоуна – схематическая диаграмма в форме рыбьего скелета. В мире данная диаграмма широко известна под именем диаграммы Ишикавы (Исикавы) – японского профессора, который и изобрел метод структурного анализа причинно-следственных связей. Схема Фишбоун представляет собой графическое изображение, позволяющее наглядно продемонстрировать определенные в процессе анализа причины конкретных событий, явлений, проблем и соответствующие выводы или результаты обсуждения. Схемы Фишбоун дают возможность:

- организовать работу участников в микро группах;
- развивать критическое мышление;
- визуализировать взаимосвязи между причинами и следствиями;
- ранжировать факторы по степени их значимости.



С помощью схемы можно найти решение из любой рассматриваемой сложной ситуации, при этом возникают каждый раз новые идеи. Этап практического занятия с применением метода Фишбоун приобретает исследовательский характер.

Применение технологии аргументированного суждения в комплексе с методом структурного анализа причинно-следственных связей позволяют решить следующие задачи:

- развивать способности обучающихся ставить новые вопросы, вырабатывать разнообразные аргументы, принимать независимые продуманные решения;
- развивать умение обучающихся работать с информацией, создавая собственную систему восприятия [3-6];
- формировать у курсантов умения убеждать, доказывать, обосновывать собственное мнение;
- освоить дисциплину на разных уровнях глубины.

Проведены исследования уровня развития и уровня сформированности по результатам внедрения технологии аргументированного суждения данных компетенций обучающихся по дисциплине «Механика» 1-го года обучения. Всего было протестировано 64 человека. Результаты входного контроля показали, изначально испытуемые практически не имели навыков анализа, самовыражения, высказывания и умения отстаивать свою точку зрения: 2 % от общей численности испытуемых имеют высокий уровень развития представленных ключевых компетенций, около 18 % обучающихся находятся на 2 уровне, остальные – находятся на низком уровне развития информационной и коммуникативной компетенций. При реализации на протяжении одного года технологии аргументированного суждения цифры изрядно меняются - 16 % от общей численности испытуемых имеют высокий уровень развития представленных ключевых компетенций, около 46 % обучающихся находятся на 2 уровне, почти 38% обучающихся находятся на низком уровне развития информационной и коммуникативной компетенций.

Результаты подтвердили необходимость развития умения получения, поиска, обработки информации, а также грамотного и краткого выражения собственной позиции по изученной теме, что, к сожалению, происходит крайне редко. На основании этого выявлены следующие педагогические достоинства применения педагогических приемов: использование технологии аргументированного суждения обучающимся; практически каждое занятие и на любом этапе занятия используется данная технология; данная технология активна при совместном использовании с интерактивными приемами организации образовательного процесса, что ведет к вовлечению всех обучающихся учебной группы, не давая возможности обучающемуся оставаться пассивным (здоровье сберегающие технологии, технология модерации, др.); работа с группой стимулирует такие важные способы взаимодействия, как дискуссия, сотрудничество, взаимопомощь, взаимопонимание, преодоление замкнутости обучающихся, что в особенности проявляется в первые месяцы обучения на первом курсе. мониторинг качества полученной информации обучающимся; создает оптимальные условия для рефлексии; создает основу для формирования общекультурных компетенций становления профессионала и высококвалифицированного специалиста: способность к саморазвитию, способность к анализу, способность к совершенствованию, способность самоконтроля, др.

Для описания реализуемой технологии развития рефлексии обучающегося предлагается использовать на занятиях (практических, лабораторных) и при выполнении заданий отведенных для самостоятельного выполнения (рефераты, доклады, курсовой проект и др.). Рефлексия осуществляется в ходе, как самоконтроля, так и в ходе внешнего контроля (другие курсанты учебной группы, преподаватель). В результате проведенного опроса получаем добротный диагностический материал для оценки качества полученных знаний по механике, а также показатель уровня междисциплинарных связей. В ходе проверки выявляются вопросы, которые недостаточно усвоены обучающимся, и рассматриваются дополнительно.

Однако не только рефлексия позволяет создать благоприятную образовательную среду для формирования личности обучающегося. В повседневной жизни каждому человеку необходимо умение убеждать, доказывать, обосновывать собственное мнение. Считается более ценным умением использовать приобретенные навыки составления аргументированного суждения во внеурочной деятельности. Это могут быть собрания – дискуссии, выступления, показательные сцены используемые в конкурсах. Благодаря развитию коммуникативных компетенций, обучающиеся, как на уроках, так и во внеурочной деятельности проявляют способность ставить новые вопросы, вырабатывать разнообразные аргументы, принимать независимые продуманные решения, а еще лучше пользуются уважением у своих товарищей группы, курса, факультета, коллег, к ним прислушивается более зрелое поколение. В результате проведенного исследования, оказалось, что средний балл в группе, где применялась технология аргументированного суждения (*PRES-formula*, «Фишбоун», технология модерации [7], здоровьесберегающие приемы [8]) выше на 0,35, по сравнению с обучающимися, где средний балл составил 3,6.

Поскольку обучающиеся не могли оставить реализуемые педагогические приемы на механике без внимания на других дисциплинах, поэтому сравниваю средний балл по итогам сессии между группами можно сделать вывод о повышении среднего балла группы в среднем на 0,3.

Таким образом, делаем вывод о том, что данная технология имеет очевидные преимущества: способствует активному усвоению знаний, вовлекает в работу обучающихся с любым уровнем подготовки.

Анализ результатов работы с обучающимися (анкетирование) показал следующие изменения:

1. выработан живой интерес к дисциплине, увеличилось количество докладов, с собственным анализом причин вызвавших поломку деталей механизмов или механических передач;
2. возросло желание обучающимися воспринимать новую информацию, уметь сопоставлять, анализировать, обобщать;
3. возник положительный опыт публичных выступлений на конференциях, семинарах;
4. появилось желание выполнять задания повышенной сложности;
5. динамика качественной успеваемости по механике;

На основании вышеизложенного, данная технология апробирована и результаты ее внедрения актуальны, поскольку способствует решению задач, поставленных современной системой высшего образования и ее модернизацией. Для формирования высококвалифицированного специалиста, профессионала необходима данная методика для развития личности. Поскольку не только в профессиональной сфере, но и в по-

вседневной жизни каждому человеку необходимо умение убеждать, доказывать, обосновывать собственное мнение. В таких ситуациях успешными бывают люди, владеющие искусством убеждения.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Кропотова, Н.А.* Осуществление информационно-коммуникационной технологии через электронный контроль знаний. // Сборник материалов VII Всероссийской научно-практической конференции «Надежность и долговечность машин и механизмов», посвященной 50-летию со Дня образования учебного заведения и Году пожарной охраны России, Иваново, 14 апреля 2016 г. / под общ. ред. В. В. Киселева. – Иваново: ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2016. – С. 318-320.
2. *Павлюковец, М.А.* Использование синквейна и ПОПС-формулы как интерактивных методов обучения английскому языку при формировании учебно-познавательной компетенции у студентов-лингвистов. / М.А. Павлюковец, П.В. Пантюхова // Наукovedение. Вып. 1, 2014. – 218 с. Электронный ресурс: <http://naukovedenie.ru/PDF/41PVN114.pdf>
3. *Иванов, В.Е.* Внедрение 3D технологий в учебный процесс. / В.Е. Иванов, И.А. Легкова, Н.А. Кропотова, А.А. Покровский. // Международная научно-практическая заочная конференция Современное научное знание: теория, методология, практика. – Смоленск, 2015 - Том 2. – С. 37 – 39.
4. *Иванов, В.Е.* Трехмерное моделирование как одно из направлений информатизации учебного процесса // В.Е. Иванов, С.А. Никитина, В.П. Зарубин / Пожарная безопасность: проблемы и перспективы. – Воронеж. 2014. Т. 2. № 1 (5). – С. 36-38.
5. *Иванов, В.Е.* Трехмерная графика и область ее применения в учебном процессе // В.П. Зарубин, В.Е. Иванов / Фундаментальные и прикладные исследования в современном мире. Санкт-Петербург. 2015. № 12-3. – С. 107-109.
6. *Легкова, И.А.* Использование трехмерной графики при изучении устройства узлов механизмов // И.А. Легкова, В.П. Зарубин, В.Е. Иванов / Аграрная наука в условиях модернизации и инновационного развития АПК России. Сборник материалов Всероссийской научно-методической конференции с международным участием, посвященной 85-летию Ивановской государственной сельскохозяйственной академии имени Д.К. Беляева. Иваново. 2015. – С. 140-143.
7. *Кропотова, Н.А.* Технологии модерации как основа проведения интегрированных практических занятий. / Н.А. Кропотова, И.А. Легкова, А.В. Топоров. // Сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции «Современные тенденции в науке, технике, образовании» в 3 частях. – Смоленск, 2016. Часть 2. – С. 59-60.
8. *Кропотова, Н.А.* Активизация самостоятельной работы обучающегося. // Сборник материалов VII Всероссийской научно-практической конференции «Надежность и долговечность машин и механизмов», посвященной 50-летию со Дня образования учебного заведения и Году пожарной охраны России, Иваново, 14 апреля 2016 г. / под общ. ред. В. В. Киселева. – Иваново: ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2016. – С. 316-318.

УДК [544.35:544.3]:004.6

*К. И. Кузьмина, Т. Р. Усачева, М. А. Чешинский, И. А. Кузьмина, В. А. Шарнин*  
ФГБОУ ВО «Ивановский государственный химико-технологический университет»

## **АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ ПОИСКОВАЯ СИСТЕМА ДЛЯ СИСТЕМАТИЗАЦИИ РЕЗУЛЬТАТОВ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ**

С помощью СУБД MS Access разработана база данных, обеспечивающая быстрый поиск необходимых термодинамических характеристик, а также информации об используемых методах исследований.

**Ключевые слова:** База данных, комплексообразование, систематизация данных, смешанные растворители, сольватация, СУБД MS Access, термодинамика.

*К. I. Kuzmina, T. R. Usacheva, M. A. Cheshinskiy, I. A. Kuzmina, V. A. Sharnin*

## **AUTOMATED SEARCH SYSTEM FOR THE SYSTEMATIZATION OF THE RESULTS OF SCIENTIFIC RESEARCH**

The database was developed using a MS Access Database Management System which provides fast search of necessary thermodynamic characteristics and also information on the used methods of researches.

**Keywords:** database, complexation, data systematization, mixed solvents, solvation, DBMS MS Access, thermodynamics.

Важность изучения таких сложных систем, как растворы электролитов и неэлектролитов в смешанных водно-органических растворителях подчеркивал еще в 1887 г. Д.И. Менделеев, обращая внимание на то, что «...многие вопросы о растворах решаются проще всего и явственнее путем изучения именно таких сложных растворов» [1]. Накопление и обобщение знаний о термодинамических характеристиках реакций в растворах не потеряло свою актуальность, поскольку целенаправленное воздействие на химическую систему посредством растворителя относится к числу важнейших фундаментальных и практических задач [2-5].

Исследования влияния сольватации на термодинамику и кинетику реакций комплексообразования в смешанных растворителях проводятся в ИГХТУ и являются одним из основных научных направлений университета. В результате [4], был разработан комплексный подход к описанию роли растворителя в реакциях комплексообразования, включающий представления о растворителе как химическом реагенте и основанный на использовании термодинамических характеристик каждого реагента. В дальнейшем, на примере реакций комплексообразования аминных и карбоксилатных комплексов ионов d-металлов в водно-органических растворителях [5, 6], были установлены основные закономерности в изменении термодинамических характеристик комплексообразования и сольватации реагентов, на основании которых предложены способы прогнозирования изменения устойчивости комплексов и энергетики реакций комплексообразования при замене одного растворителя на другой.

Более чем за 40 лет исследований в этой области накоплен и обобщен материал, который опубликован в более чем 600 научных трудах, среди которых главы в монографиях [3-5, 7-9] и статьи, список которых опубликован на сайте ИГХТУ [10]. Проведенные исследования позволили сделать существенный шаг к созданию научных основ для использования растворителя как средства управления процессами в жидкой фазе.

Разработка научных основ подбора эффективных растворителей для проведения химических процессов находится в непрерывном развитии. Научные знания накапливаются в динамике благодаря синтезу новых перспективных лигандов, возможностям современной высокочувствительной аппаратуры для проведения экспериментов, прогрессу в расчетных методах квантово-химического моделирования и молекулярной динамики.

Основным критерием при выборе СУБД была простота её использования. СУБД MS Access: имеет интуитивно понятный интерфейс; предоставляет возможность обновления БД не только специалистам в области разработки баз данных, но и авторизованным пользователям.

База данных: содержит гибкую систему сортировки данных по различным параметрам (химические формулы исследуемых веществ, термодинамические характеристики процессов комплексообразования, условия проведения экспериментов, выходные данные опубликованных статей); предусматривает гиперссылки на публикации для обращения к требуемым статьям.

Кроме этого, данная поисковая система имеет структуру, позволяющую адаптировать БД для систематизации данных, накопленных в различных областях фундаментальных и прикладных наук, расширяя, таким образом, области применения программного средства.

Наиболее значимые коммерческие базы термодинамических данных [11-16], несмотря на несравнимо больший объем систематизированного материала, не всегда оперативно обновляют информацию о проведенных исследованиях в области комплексообразования в растворах, поскольку часть работ, выполненных учеными ИГХТУ и других научных школ Российской Федерации, опубликована на русском языке, что затрудняет доступ к ним иностранным разработчикам.

Национальный институт стандартов и технологии (NIST, США) [11], Международный союз теоретической и прикладной химии (IUPAC), отделение Американского химического общества «Chemical abstract service» [12], которые являются мировыми лидерами по систематизации и стандартизации опубликованных результатов исследований в области неорганической, органической, физической и структурной химии, предоставляют свободно [11, 13], в ограниченном режиме [14] и на коммерческой основе [15, 16] доступ к разработанным собственным базам данных, таким как SciFinder, The IUPAC Stability Constants Database «SCQuery for Analytical Chemistry» и др.

Разработка подобных поисковых систем достаточно сложна, что отражается в высокой стоимости коммерческого использования и, как следствие, в ограниченной доступности для широкого круга заинтересованных пользователей.

База данных «Термодинамика комплексообразования и сольватации в бинарных растворителях» не имеет аналогов, идея ее создания и разработки структуры является оригинальной и принадлежит авторам статьи. БД является простым, надежным и универсальным программным продуктом, который позволяет получать нужную информацию и своевременно ее пополнять.

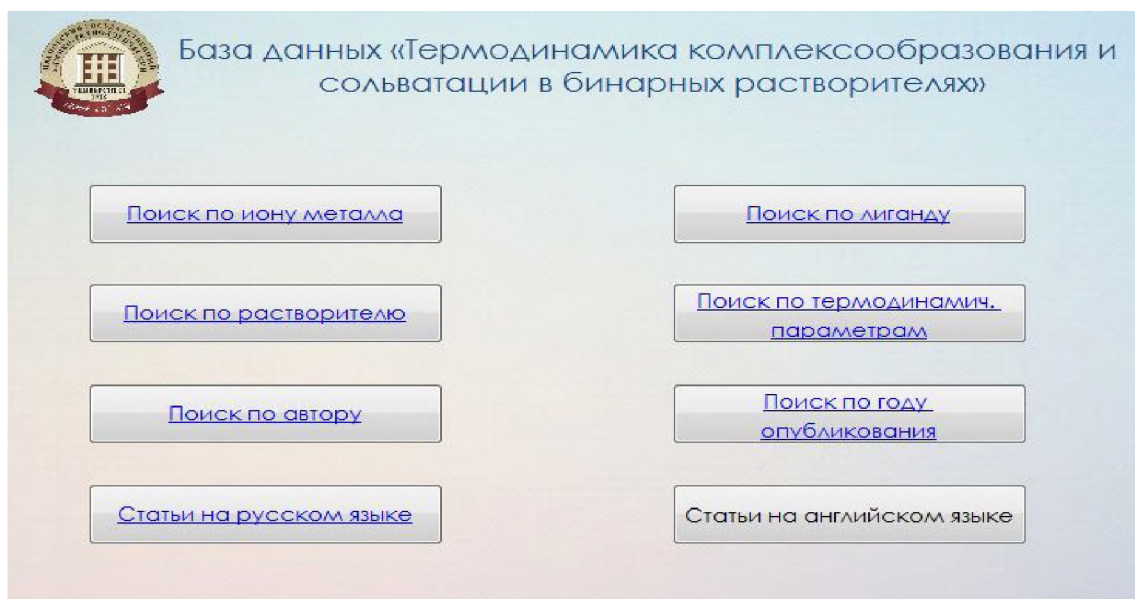


Рисунок. Интерфейс начальной диалоговой страницы базы данных

Надеемся, что она может быть интересна специалистам в области создания новых функциональных материалов и лекарственных препаратов на основе молекулярных и ионных комплексов, разработчиками пилотных проектов, направленных на подбор оптимального состава растворителя для получения координационных соединений с заранее заданными функциональными свойствами.

*Работа выполнена в Институте термодинамики и кинетики химических процессов ИГХТУ в рамках государственного задания Министерства образования и науки Российской Федерации, проект № 2293.*

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Менделеев Д.И. Основы химии. 5е изд. СПб. 1889. 781 с.
2. Фиалков Ю.А. Растворитель как средство управления химическим процессом. Л.: Химия. 1990. 237 с.
3. Кустов А.В., Батов Д.В., Усачева Т.Р. Калориметрия растворов неэлектролитов: Теоретические основы, эксперимент, анализ данных. Под ред. В.А. Шарнина. М.: КРАСАНД. 2016. 288 с.
4. Шорманов В.А. Комплексообразование в неводных растворах. М.: Наука. 1989. С. 143-189.
5. Шорманов В.А., Шарнин В.А. Достижения и проблемы теории сольватации: структурно-термодинамические аспекты. Гл.6. /Отв. редактор Кутепов А.М. М.: Наука. 1998. С. 172-205.
6. Шарнин В.А. Закономерности изменения термодинамических характеристик реакций комплексообразования и сольватации реагентов в смешанных растворителях // Журн. коорд химии. 1996. Т. 22. №5. С. 418-421.
7. Usacheva T.R., Sharnin V.A., Matteoli E. Glycine. Biosynthesis, physiological functions and commercial uses. Ch.1. New York. Nova Science Publishers. 2013. P. 1-33.
8. Usacheva T.R., Sharnin V.A., Matteoli E. Advances in Chemistry Research, Vol. 22. Ch. 5. Ed. J.C. Taylor. New York: Nova Science Publishers. P. 127-157.

9. *Kuz'mina I.A., Usacheva T.R., Volkova M.A., Kuz'mina K. I., Sharnin V. A.* Advances in Chemistry Research, Vol. 33. Ch. 7. Ed. J.C. Taylor. New York: Nova Science Publishers. P. 205-222.
10. [https://www.isuct.ru/ePubl/portal/sites/ru.ePubl.portal/files/dep/oht/works\\_2014.doc/](https://www.isuct.ru/ePubl/portal/sites/ru.ePubl.portal/files/dep/oht/works_2014.doc/)
11. <http://www.nist.gov/srd/>
12. <http://www.cas.org>
13. <http://cds.rsc.org/externalresources.asp>
14. <http://cds.rsc.org/index.asp>
15. <https://scifinder.cas.org/>
16. <http://www.acadsoft.co.uk/>

УДК 378

*А. В. Кулагин, Ю. А. Ведяскин, К. М. Волкова*

ФГБОУ ВО «Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России»

### **ОЦЕНКА ФИЗИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ СПЕЦИАЛИСТОВ ЭКСТРЕМАЛЬНОГО ПРОФИЛЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ ЗАДАЧ**

В статье рассматриваются методы обследования и оценки продолжительной адаптации специалистов экстремальных профессий, разработанные на результатах проделанных опытов с курсантами ФГБОУ ВО Ивановской пожарно-спасательной академии ГПС МЧС России.

**Ключевые слова:** Вариабельность сердечных расстройств, индивидуальные особенности реагирования организма, адаптация специалистов экстремального профиля, стрессогенное воздействие.

*A. V. Kulagin, Y. A. Vedyaskin, K. M. Volkova*

### **ASSESSMENT OF ADAPTATION OF SPECIALISTS OF EXTREME PROFILE TO PROFESSIONAL TASKS**

The article deals with methods of examination and evaluation continuous adaptation of specialists of extreme professions, developed on the results of the accomplished experiments with the cadets of the firefighting and rescue Academy Ivanovo state fire service of EMERCOM of Russia.

**Keywords:** variability of cardiac disorders, individual characteristics of response of the organism, adaptation of specialists of extreme profile, stress effects.

Оценка адаптации специалистов экстремального профиля к выполнению профессиональных задач, так как традиционные медицинские технологии не решают данного вопроса, является актуальной. Профессия пожарного и спасателя отличается четвертым, самым высоким классом тяжести труда по физическому и нервно-психическому напряжению, и занимает 2 место в десятке профессий наиболее опасных для жизни. Значительные физические и нервно-психические нагрузки, специальная защитная одежда и обувь в процессе работы (вес только дыхательного аппарата составляет 14-16 кг), постоянное напряжение в ожидании вызова - все это обуслови-

вает высокую стрессовую нагрузку. Целью работы является предложить возможные методики обследования и оценки продолжительной адаптации специалистов экстремального профиля. Одним из возможных методов и медицинских технологий для оценки продолжительной адаптации специалистов экстремального профиля является ВСР - интегральный показатель функциональной устойчивости.

Ранее были изобретены приборы для обследования человека по таким показателям как вариабельность СР, возврат к исходному состоянию сердечно-сосудистой системы после длительных физических нагрузок. Но они не могут качественно и быстро оценить адаптацию специалистов экстремального профиля к выполнению профессиональных задач. Для написания модели оценки адаптации специалистов экстремального профиля к выполнению профессиональных задач были проведены исследования в стандартных условиях научно-исследовательской лаборатории ФГБОУ ВПО ИПСА ГПС МЧС России «Медицина катастроф» с соблюдением этических и правовых норм для декретированной группы пациентов. Данное исследование является запатентованным[1]. Использовалось стандартное оборудование и аппаратно-программное обеспечение ОАО «Нейрософт».

В исследовании приняли участие 92 курсанта мужского пола различных лет и форм обучения, средний возраст -  $22,1 \pm 0,8$  лет. Обследования проведены в динамике нагрузки (экстремальная имитирующая пожар в условиях Загородного учебного центра института и в условиях реального боевого применения при тушении лесоторфяных возгораний). Выполняемая нагрузка эксперимента - 6-км кросс в полном боевом снаряжении (16-18 кг) с прохождением теплодымокамеры и «огневой» полосы психологической подготовки.

Технический результат предлагаемого способа оценки риска развития послестрессовых сердечно-сосудистых расстройств заключается в том, что дополнительно к вариабельности ритма сердца с выделением дезадаптивных показателей до и после моделирующей экстремальную нагрузку при пожаре определяется скорость распространения пульсовой волны по сосудам мышечного типа и при значении больше или равном 12,0 м/с, не восстанавливаемом до нормальных значений в течение 3 суток, диагностируется риск развития послестрессовых сердечно-сосудистых расстройств.

Таблица 1. Курсант Ш., 24 года. Результаты обследования по выделенным показателям

Наименование показателя	До нагрузки	После нагрузки	Через 3 суток	Характеристика
Скорость распространения пульсовой волны См, м/с	10,3	31,3	16,2	Есть риск развития послестрессовых сердечно-сосудистых расстройств
Показатели вариабельности ритма сердца	В рамках возрастной нормы	Профессиональная дезадаптация	Сохраняются изменения	Присутствуют явления профессиональной дезадаптации на экстремальную нагрузку

Исследование индивидуальных особенностей реагирования организма на экстремальные факторы профессиональной среды по показателям эластичности сосуди-



стой стенки позволит на ранних, донозологических стадиях стресс-зависимых сердечно-сосудистых расстройств провести целенаправленные реабилитационные мероприятия. В случае устойчивых неудовлетворительных реакций на профессиональную нагрузку способ позволит рекомендовать профотбор, что продлит профессиональное долголетие и станет первичной профилактикой развития профессиональных заболеваний. При выявлении риска развития сердечно-сосудистых расстройств необходимо углубленное медицинское обследование в отношении формирования кардиоваскулярной патологии.

В динамике нагрузочного исследования было установлено, что по результатам изменения СРПВ четко выделяются 2 основные группы: в первой скорость по сосудам мышечного типа либо оставалась в рамках возрастной нормы, либо, при превышении рекомендованных величин, в течение 1-2 суток возвращалась к норме; во второй -увеличение СРПВ было значительным и в течение 3 суток и более к исходным значениям не возвращалось.

Субъективно курсант отмечал повышенную возбудимость и волнение, до нагрузки АД 125/80 мм рт. ст., после нагрузки - 150/90 мм рт. ст. Курсанту, несмотря на низкий общий сердечно-сосудистый риск по стратификационным критериям Европейского общества кардиологов (2007), даны рекомендации по профориентации (не целесообразно использование в службе пожаротушения с суточным режимом труда), планированию труда и отдыха, обследование в динамике.

Таблица 2. Курсант В., 22 года

Наименование показателя	До нагрузки	После нагрузки	Через 3 суток	Характеристика
Скорость распространения пульсовой волны См, м/с	6,8	11,2	7,1	Отсутствует риск развития послестрессовых сердечно-сосудистых расстройств
Показатели вариабельности ритма сердца	В рамках возрастной нормы	Профессиональная дезадаптация отсутствует	Восстановление по физиологическому типу	Отсутствуют явления профессиональной дезадаптации на экстремальную нагрузку

Исходные показатели также не выходят за рамки рекомендованных. Увеличение показателя по скорости распространения пульсовой волны в динамике нагрузки не превысило расчетного, за 3 суток полностью возвратился к возрастной норме. По данным ВРС состояния профессиональной дезадаптации не отмечено.

В динамике экстремальной нагрузки показатель по скорости распространения пульсовой волны превысил рекомендованный, через 3 суток сохранял пограничное значение. Состояние профессиональной дезадаптации отмечалось по трем показателям после нагрузки и по двум из них - через 3 суток восстановления. Поддержание гомеостаза за счет активации преимущественно симпатического отдела вегетативной нервной системы в большинстве случаев служит механизмом устойчивого повышения артериального давления, что повышает риск церебральных «катастроф».

Таблица 3. Курсант П., 21 год

Наименование показателя	До нагрузки	После нагрузки	Через 3 суток	Характеристика
Скорость распространения пульсовой волны См, м/с	9,3	13,1	12,0	Есть риск развития постстрессовых сердечно-сосудистых расстройств
Показатели вариабельности ритма сердца	В рамках возрастной нормы	Профессиональная дезадаптация	Сохраняются изменения	Присутствуют явления профессиональной дезадаптации на экстремальную нагрузку

Решением данной проблемы предлагаем разработку дистанционной технологии позволяющей оценивать данный показатель по средствам связи. Такие приборы как пульсометры просты при использовании, понятны для настройки. Их система позволяет установить связь к мобильным или другим устройствам связи для считывания необходимой информации. Таким образом, появляется возможность получения информации о частоте пульса пожарных. Предлагается программа, которая будет способна принимать данные, автоматизировать и обрабатывать их в соответствии с установленными шаблонами.

Следовательно, при достижении уровня выработанности пожарного, о котором будет свидетельствовать красный цвет « Светофора адаптации», у руководителя аварийно-спасательных работ будет информация, которая в данный момент времени будет одним из показателей для принятия решения о перераспределении нагрузки на личный состав.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Способ оценки риска развития постстрессовых сердечно-сосудистых расстройств: пат. 2500346 Рос. Федерация: МПК 8 А 61 В 5/0402, Королёва С.В.; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Ивановский институт Государственной противопожарной службы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий» – № 2000131736/09; заявл. 2012-06-19; опубл. 10.12.2013.
2. <http://www.freepatent.ru/patents/2500346>.
3. Кулагин А.В., Ведяскин Ю. А., Маринич Е.Е. Применение средств легкой атлетики в физической подготовке курсантов МЧС России для развития общей выносливости. Новая наука: стратегия и векторы развития: Международное научное периодическое издание по итогам Международной научно-практической конференции (19 марта 2016г., г. Ижевск) / в 2 ч. Ч. 1 – Стерлитамак: РИЦ АМИ, 2016. – 273 с.
4. Ведяскин Ю. А., Кулагин А. В., Александров А. А. Основные факторы, определяющие профессионально-прикладную физическую подготовку будущего специалиста в системе МЧС России / Педагогика и психология: актуальные вопросы теории и практики : материалы VI Междунар. науч.-практ. конф. (Чебоксары, 3 апр. 2016 г.) / редкол.: О. Н. Широков [и др.]. — Чебоксары: ЦНС «Интерактив плюс», 2016. — № 1 (6). — ISSN 2411-8117.

5. *Маринич Е.Е., Шитлов Р.М., Кулагин А.В., Ведяскин Ю.А.* «История становления системы Кроссфит или «The history of the development training «Crossfit»/ Международный научно-исследовательский журнал International research journal № 12 (54) Декабрь 2016л. – 2016.

УДК 372.862:378

*И. П. Курляндская, А. А. Челтыбашев, Л. Е. Туканова*

Мурманский филиал ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России»

### **ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИННОВАЦИОННЫХ МЕТОДОВ ОБУЧЕНИЯ ПРИ ПОДГОТОВКЕ СПЕЦИАЛИСТОВ НА ПРИМЕРЕ МУРМАНСКОГО ФИЛИАЛА СПбУ ГПС МЧС РОССИИ**

В статье проведено обобщение опыта реализации методической системы формирования у обучающихся вуза способностей к инновационной инженерной деятельности в процессе обучения общетехническим и специальным дисциплинам.

**Ключевые слова:** Инновация, образовательная технология, интегрированное задание, профессиональное образование.

*I. P. Kurlyandskaya, A. A. Cheltibashev, L. E. Tukanova*

### **EXPERIENCE USING INNOVATIVE TEACHING METHODS IN THE TRAINING OF SPECIALISTS ON THE EXAMPLE OF THE MURMANSK BRANCH OF THE PETERSBURG UNIVERSITY OF STATE FIRE SERVICE OF EMERCOM OF RUSSIA**

The article deals with the generalization of the experience of implementation of methodical system of formation of the University students' abilities for innovative engineering activity in the process of teaching General technical and special disciplines.

**Keywords:** innovation, educational technology, integrated mission, engineering education, professional education.

Характерная черта современной Российской экономики – инновационный вектор экстенсивного развития. Инновационная деятельность понимается как совокупность целенаправленных мероприятий от создания перспективного принципиально нового продукта до его внедрения и освоения. Соответственно приоритетной задачей высшего образования, особенно инженерно-технической направленности, стала подготовка специалистов, способных к инновационной деятельности. Особую значимость приобрели общетехнические и специальные дисциплины, формирующие у обучающихся техническое мышление, основы инженерных знаний, конструкторские умения, способности в инженерной и инновационной деятельности.

Одна из отличительных особенностей освоения образовательной программы нового поколения ФГОС ВО это овладение обучающимся не только общекультурными, но и общепрофессиональными компетенциями в различных областях деятельности. В результате, у обучающихся должны сформироваться навыки учета современных тенденций развития науки и техники, оценивания эффективности результатов профессиональной деятельности используя экономические знания, а также готовность выполнять профессиональные функции при работе в коллективе.

Кроме этого формируются такие компетенции как способность к саморазвитию, самореализации, использованию творческого потенциала, способность к систематическому изучению научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта в области профессиональной деятельности, способностью моделировать различные технические системы и технологические процессы с применением средств автоматизированного проектирования для решения задач профессиональной деятельности [4].

Отметим, что важной задачей современного вуза, особенно реализующего программы по подготовке будущих специалистов в области инженерных наук является формирование материально-технической базы, условий и среды для занятия обучающимися научно-исследовательской деятельностью, в частности предоставление обучающимся возможности для инженерно-конструкторской деятельности и авторского сопровождения научных исследований, технической реализации инновационных разработок в области профессиональной деятельности. При этом студент в процессе обучения в вузе и прохождении практик осваивает особенности анализа патентной информации, участвует в сборе и систематизация научной информации по различным направлениям будущей профессии.

Из общетехнических дисциплин, включенных в образовательные программы Мурманского филиала, следует подчеркнуть важность изучения таких учебных предметов как «Механика», «Прикладная механика», «Материаловедение и технология материалов», «Детали машин», закладывающие фундамент инженерной подготовки. Формирование знаний и компетенций при изучении дисциплины «Детали машин» способствует развитию у студентов профессиональной творческой активности, способности к анализу, синтезу и проектированию технических систем, следовательно, изучение общетехнических дисциплин вносит вклад в развитие способностей к инновационной деятельности будущего инженера [1].

Исследования основных направлений развития современного инновационного образования, проведенные Н.Н. Наумкиным, М.М. Зиновкиной, показали, что обучающиеся испытывают большие затруднения в трансформации знаний естественно-научных и общетехнических дисциплин при изучении содержания специальных дисциплин, не все обучающиеся могут эффективно использовать эти знания при выполнении курсовых и дипломных проектов [2,3].

Сформированная кафедрами Мурманского филиала система подготовки будущих инженеров включает не только интегрированное обучение и изучение практического опыта, но и организацию научно-исследовательской работы обучающихся на основе проектно-технологического типа организации деятельности, при котором процесс обучения представляет собой законченные по своему содержанию структурные единицы, с использованием натуральных экспериментов на имеющемся лабораторном оборудовании, а также компьютерного моделирования.

Освоение каждой единицы завершается представлением готового результата в виде научной работы или технического проекта представляемого на различных научно-практических мероприятиях.

Для успешного достижения поставленных методических целей преподавателю необходимо самому владеть как фундаментальными профессиональными знаниями, так и гибкостью мышления, методикой решения инновационных конструкторских, технологических и изобретательских задач, а также обладать способностью мотивировать на инновационную деятельность студентов.

Результаты такого подхода показали свою эффективность уже после трех лет целенаправленной работы с обучающимися. Так, более 50% студенческих работ, представленных на различные научные конкурсы технической направленности, были отмечены дипломами призеров или победителей. О результатах эффективности данной методики свидетельствует диплом призера во Всероссийской студенческой олимпиаде.

Полученные результаты в целом свидетельствуют об эффективности использования описанных выше инновационных образовательных технологий в инженерной подготовке обучающихся.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Ашутова, Т.В.* Межнаучные связи как средство формирования исследовательской компетенции выпускников вуза [Электронный ресурс] / Ашутова, Т.В., Челтыбашев, А.А. // Письма в Эмиссия Оффлайн = The Emissia. Offline Letters: электрон. науч. журн. - 2012. - №6. – Режим доступа к журн.: [www.emissia.org/offline/2012/1811.htm](http://www.emissia.org/offline/2012/1811.htm).

2. *Зиновкина М.М.* Креативное инженерное образование. Теория и инновационные креативные педагогические технологии [Текст]: монография / М.М. Зиновкина. - М.: МГИУ, 2003. - 350 с.

3. *Наумкин Н. И.* Методическая система формирования у студентов технических вузов способностей к инновационной инженерной деятельности [Текст]: монография / Н.И. Наумкин; под ред. П.В. Сенина, Л.В. Масленниковой, Д.Я. Тамарчака. – Саранск: Изд-во Мордовского университета, 2008. – 172 с.

4. *Челтыбашев А.А.* Популяризация науки как средство повышения интереса молодежи к исследовательской деятельности [Текст] / Челтыбашев, А.А., Курляндская, И.П. // Фундаментальные исследования: научно-теоретический журнал. - 2014. - №5-6. - С.1325-1328.

УДК 378.147:614.846.35

*В. Ю. Курочкин, К. М. Волкова, А. Д. Семенов*

ФГБОУ ВО «Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России»

**РАЗРАБОТКА ЭЛЕКТРОННОГО УЧЕБНОГО ПОСОБИЯ  
ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ  
«НАДЕЖНОСТЬ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ И ТЕХНОГЕННЫЙ РИСК»**

Проведен аналитический обзор образовательных ресурсов для реализации дистанционного обучения. Подобран контент, программные и аппаратные средства для разработки электронного учебного пособия по дисциплине «Надежность технических систем и техногенный риск» с курсом видеолекций.

**Ключевые слова:** Электронное пособие, видеолекция, надежность технических систем и техногенный риск.

*V. Yu. Kurochkin, K. M. Volkova, A. D. Semenov*

**THE DEVELOPMENT OF ELECTRONIC TEXTBOOKS FOR STUDENTS ON  
DISCIPLINE «RELIABILITY OF TECHNICAL SYSTEMS  
AND ANTHROPOGENIC RISK»**

The analytical review of educational resources for the implementation of distance learning was held. The content, software and hardware for the development of the electronic textbook on discipline «Reliability of technical systems and anthropogenic risk» is selected.

**Keywords:** electronic manual, video lecture, reliability of technical systems and anthropogenic risk.

Все мы живем в информационном обществе. При этом те возможности, которые открываются в настоящее время, используются весьма слабо. Это невозможно сделать без современных информационно-коммуникационных технологий в сфере образования и науки. Важность использования современных технологий в образовании была отмечена премьер-министром Российской Федерации Медведевым Д.А.: «...очень важно научиться пользоваться всеми новыми технологиями. Это задача номер один не только для учащихся, но и для учителей - вся переподготовка должна быть ориентирована на использование современных технологий» [1].

В соответствии с Федеральным законом от 29.12.2012 N 273-ФЗ (ред. от 02.03.2016) «Об образовании в Российской Федерации» обучение можно проводить в трех формах: очная форма, заочная форма, очно-заочная форма.

Для обеспечения учебного процесса могут быть задействованы самые различные виды дистанционного образования. К ним относятся [1, 2]: видеоконференции (обмен видеоизображением и звуком); аудиоконференции (обмен звуковой информацией на цифровых и аналоговых средствах связи); компьютерная телеконференция; видеолекции; занятия в чате; веб-уроки; радио; телевидение.

Модернизация высшего образования и разработка образовательных стандартов третьего поколения предполагает переход к личностно-ориентированному процессу обучения. Выдвижение в качестве приоритетного компетентного подхода при подготовке специалистов делает насущным формирование, как индивидуальных методических систем, так и разработку образовательных технологий, ориентированных на развитие деятельных индивидуальных способностей и качеств личности. Так, в ряде работ были подробно разобраны особенности подготовки обучающихся очной формы обучения высших учебных заведений МЧС России [3].

Современные тенденции совершенствования профессиональной подготовки специалистов, использование инноваций в образовании в большой степени опираются на потенциал компьютерных технологий. Яркими примерами применения инновационных форм обучения являются современные технологии дистанционного образования, создание видеолекций нового поколения, разработка и внедрение компьютерного тестирования для контроля качества обучения [4, 5, 6].

В настоящее время видеолекции находят все большее применение в процессе обучения. Они позволяют наглядно демонстрировать некоторые трудные моменты изложения отдельных тем, дают создающему их преподавателю широкий набор средств управления познавательной деятельностью обучаемых и богатые возможности реализации содержания обучения. Особенно полезно использование видеолекций при заочной форме обучения для активизации самостоятельной работы обучающихся. В связи с вышесказанным, целью работы стала разработка электронного учебного пособия для обучающихся по дисциплине «надежность технических систем и техногенный риск». Согласно Федеральному Государственному образовательному стандарту, дисциплина «Надёжность технических систем и техногенный риск» входит в цикл общепрофессиональных дисциплин с объёмом дисциплины - 108 ч, из которых 12 ч – аудиторные занятия, 87 ч – самостоятельная работа, промежуточная аттестация – экзамен.

Необходимо отметить, что слушателями заочного обучения выполняется контрольная работа, разъяснения по выполнению которой наиболее удобно будет отразить в электронном пособии.

Структура дисциплины имеет четыре раздела:

- основы теории надёжности технических систем,
- надёжность объектов при испытаниях и эксплуатации,
- основы теории риска,
- основы стратегии безопасности.

Электронное пособие по дисциплине выполнено при помощи программного обеспечение AutoRun Pro Enterprise II.

Главная страница после загрузки пособия представлена на рис. 1. Эта страница является связующим звеном между разделами пособия и позволяет переходить к любому из них.



Рис. 1. Главная страница электронного пособия

На главной странице указаны:

- ссылка на видеолекции по дисциплине,
- ссылка на тестовые вопросы по каждому из разделов дисциплины,
- ссылка на литературу,
- общие сведения о разработчиках.

Далее обучающийся может перейти по ссылке видеолекций, где ему будут предложены для просмотра 3 лекции по основным разделам дисциплины в соответствии с рабочей программой (рис. 2) [7]:

- Введение в теорию надёжности технических систем,
- Методы анализа риска,
- Основы теории риска.

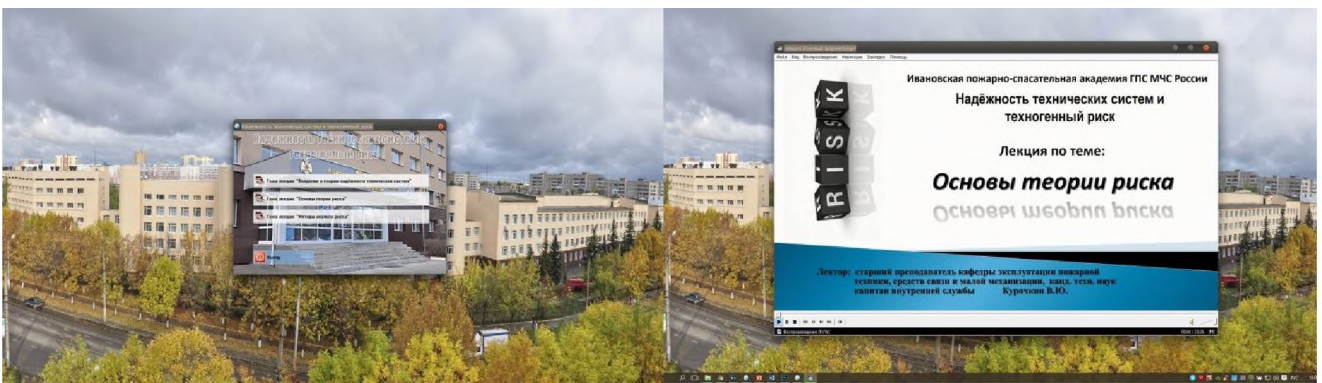


Рис. 2. Видеолекции по основным разделам дисциплины

Необходимо отметить, что каждый модуль пособия состоит из коллекции кадров с текстом и визуализацией, облегчающей понимание и запоминание новых понятий, утверждений и методов. Далее, по каждой теме обучающимся предложено пройти тестовый контроль (рис. 3).



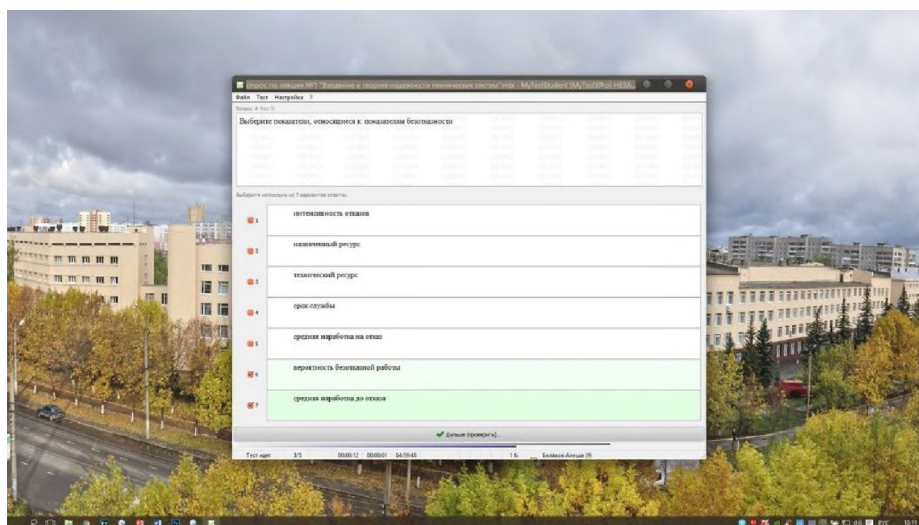


Рис. 3. Тестовый контроль обучающихся

Для каждого задания в тесте можно индивидуально задать сложность, максимальное время обдумывания задания и другие параметры. Оценка учащегося вычисляется по баллам. Использование большого числа типов заданий и индивидуальные настройки для каждого задания позволяют создавать тесты для эффективной проверки разнообразных знаний обучающихся.

Следует отметить, что именно тестирование постепенно становится одной из форм сдачи экзаменов. С их помощью в течение года следует оценить уровень усвоения материала обучающимися и сформировать у них навыки работы с тестовыми заданиями.

Таким образом, в работе на основании проведенного аналитического обзора образовательных ресурсов для реализации дистанционного обучения был подобран контент, программные и аппаратные средства для разработки электронного учебного пособия по дисциплине «Надежность технических систем и техногенный риск» с курсом видеолекций. Разработанное электронное учебное пособие будет полезно для обучающихся всех форм обучения образовательных учреждений МЧС России, а также для слушателей ВУЗов технического профиля.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Борисова, Е. В.* Дистанционное образование: основные современные требования и проблемы // *Успехи современного естествознания*. – 2006. – № 8 – С. 80–81.
2. Информационные и коммуникационные технологии в дистанционном образовании: Специализированный учебный курс / пер. с англ. / М. Мур, У. Макинтош, Л. Бдэк, и др. – М., 2006. – 632 с.
3. *Белорожев, О.Н.* Особенности подготовки курсантов вузов МЧС России к активному взаимодействию в чрезвычайных ситуациях / О.Н. Белорожев // *Вестник Владимирского государственного университета им. Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых*. Серия: Педагогические и психологические науки. – 2015. – №20 – С. 49-53.
4. *Готская, И.Б., Жучков, В.М. Кораблев, А.В.* РГПУ им.А.И Герцена. Выбор системы дистанционного обучения: Аналитическая записка/ [Электронный ресурс] URL [http://www.edu.of.ru/profil/default.asp?ob\\_no=28800](http://www.edu.of.ru/profil/default.asp?ob_no=28800), 2012.

5. Панкрухин А.П. Маркетинг образовательных услуг в высшем и дополнительном образовании: учеб. пособие / А.П. Панкрухин. - М.: Интерпакс, 1995.

6. Полат Е.С. Проблемы организации системы дистанционного обучения в Российской Федерации / докт.пед.наук, проф., зав. лабораторией дистанционного обучения Института содержания и методов обучения Российской академии образования Е.С. Полат, [Электронный ресурс] URL <http://distant.ioso.ru/library/publication/doproblem.htm>

7. Бубнов А.Г. Надёжность технических систем и техногенный риск: учебно-методическое пособие / А. Г. Бубнов, В. Ю. Курочкин, А. Д. Семенов, И. В. Костерин // Иваново: ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2015. 281 с.

УДК 614.849

*М. Ю. Легошин, И. М. Чистяков, Е. Е. Соколов, С. Н. Никишов*  
ФГБОУ ВО «Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России»

## **АНАЛИЗ НОРМАТИВНО-ПРАВОВЫХ ДОКУМЕНТОВ, РЕГУЛИРУЮЩИХ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ГАЗОДЫМОЗАЩИТНОЙ СЛУЖБЫ В ПРОЦЕССЕ ПОДГОТОВКИ СПЕЦИАЛИСТОВ ПОЖАРНОЙ ОХРАНЫ**

В статье рассматриваются вопросы повышения эффективности действий подразделений различных видов пожарной охраны, в которых создана газодымозащитная служба, путем разработки единого нормативного документа, устанавливающего порядок применения и технического обслуживания современных видов дыхательных аппаратов которыми должны пользоваться газодымозащитники.

**Ключевые слова:** Газодымозащитная служба, звено ГДЗС, база ГДЗС, обслуживающий пост ГДЗС, командир звена ГДЗС, газодымозащитник, средства индивидуальной защиты органов дыхания и зрения.

*M. Y. Legoshin, I. M. Chistyakov, E.E. Sokolov, S. N. Nikishov*

## **ANALYSIS OF NORMATIVE-LEGAL DOCUMENTS REGULATING THE ACTIVITIES OF GAS AND SMOKE PROTECTIVE SERVICE WAS IN THE PROCESS OF TRAINING OF FIRE PROTECTION**

In the article the questions of increase of efficiency of actions of divisions of various types of fire protection, in which gas and smoke protective service, through the development of a single regulatory document that establishes procedures for use and maintenance of modern breathing apparatus which must be used by vasodilatating.

**Keywords:** gas and smoke protective service, link GDZS, the base GDZS serving post GDZS, commander of the GDZS, getdemopanel, means of individual protection of respiratory organs and sight.

Профессиональная подготовленность газодымозащитников определяется степенью профессиональных знаний и умением выполнять оперативные действия по ту-

шению пожаров и ликвидации чрезвычайных ситуаций в непригодной для дыхания среде [1]. Авторским коллективом был проведен анализ существующих нормативных документов регулирующих деятельность газодымозащитной службы МЧС России. В результате проведенной работы были проблемные вопросы по существующим нормативным документам и подготовлены предложения по внесению изменений в них, а именно:

1. Предложения по изменению экипировки (снаряжении) звена ГДЗС:

- укомплектовать звено ГДЗС аптечкой первой помощи в минимальном комплекте для тех случаев, если звено ГДЗС выносит пострадавшего не к месту входа в НДС;
- путевой трос выполнить автоматически самоскручивающимся, для удобства выхода из НДС;
- применять СИЗОД с системами определения индикации давления воздуха в баллоне, средство связи с лингафонной гарнитурой или маски с переговорными устройствами;
- в целях обеспечения безопасной работы звена ГДЗС необходимо оснастить газодымозащитников приборами удаленной телеметрии, а постового поста безопасности планшетом с модемом;
- пожарно-спасательную веревку использовать в минимальном оснащении звена ГДЗС при условии выполнения работ в зданиях от двух этажей и выше.
- доукомплектовать звено ГДЗС под сумками с клиньями пожарными, рукавными задержками и кусачками из расчета один подсумок на звено ГДЗС [2].

2. Предложения по практике применения приказа МЧС России от 09.01.2013 года № 3 «Об утверждении Правил проведения личным составом федеральной противопожарной службы Государственной противопожарной службы аварийно-спасательных работ при тушении пожаров с использованием средств индивидуальной защиты органов дыхания и зрения в непригодной для дыхания среде»:

- не определены обязанности должностных лиц ГДЗС (начальник НГДЗС, начальник КПП ГДЗС, оперативный дежурный, начальник базы ГДЗС, старший мастер (мастер ГДЗС), начальник ИПЛ, начальник отряда (части), начальник караула, командир отделения);
- отсутствуют данные о продолжительности и периодичности занятий с газодымозащитниками на свежем воздухе и в теплодымокамере;
- не определен порядок деятельности ГДЗС в пожарно-спасательных подразделениях и территориальных органах МЧС России (сроки и порядок рассмотрения анализа);
- не определен порядок прохождения ежегодного медицинского осмотра и ответственные лица за направление сотрудников (работников) на прохождение медицинской комиссии;
- необходимо определить, в каких случаях создается ГДЗС в подразделениях, т.к. с численностью личного состава 3 человека, (а не газодымозащитников) невозможно создать звено ГДЗС в карауле, конкретно прописать в приказе о создании службы при наличии от 3 и более газодымозащитников;
- необходимо изменить размер личной карточки газодымозащитника на А5, ввиду недостаточного места для записей;

- необходимо определить пункты правил по порядку закреплению, приема, постановки в расчет и применению резервных СИЗОД, вывозимых на пожарном автомобиле;
- необходимо определить перечень экипировки и принадлежностей постового на посту безопасности;
- учитывая нехватку личного состава допустить в исключительных случаях по решению РТП разрешить назначение одного постового на посту безопасности на несколько работающих звеньев ГДЗС (не более двух);
- допустить закрепление ДАСВ за газодымозащитниками по индивидуальному принципу;
- дополнить приказ определением «непригодная для дыхания среда»;
- в соответствии с п.16 «Правил...» предлагается отдельным приложением (либо ссылкой на иной нормативно-правовой акт) определить перечень вредных и опасных для человека веществ;
- «Правилами...» не установлены требования к количеству, порядку размещения резервных средств индивидуальной защиты органов дыхания и зрения, воздушных (кислородных) баллонов на пожарных автомобилях;
- определить место для хранения журнала учета времени пребывания звеньев ГДЗС в НДС (пожарный автомобиль, планшет постового);
- п. 3 «Правил...» изложить в следующей редакции: «Действия личного состава по тушению пожаров в непригодной для дыхания среде начинаются с момента включения газодымозащитников в СИЗОД»;
- смену звеньев ГДЗС на месте пожара, ЧС установить по решению РТП в НДС, так и на свежем воздухе;
- внести изменения в п.7 «Правил...»: фразу «ГДЗС создается во всех подразделениях, имеющих численность личного состава в одном карауле 3 человека...» изменить на 3 газодымозащитника;
- уменьшить количество граф в журнале учета времени пребывания звеньев ГДЗС в непригодной для дыхания среде с 17 до 8-10;
- дополнить приказ пунктом в котором будут определены требования к должностным лицам, назначающимися постовыми на посту безопасности требуемое количество постовых в подразделениях (дежурных караулах) сроки, порядок и вид обучения и порядок допуска к исполнению обязанностей постового на посту безопасности;
- определить места хранения всей документации ГДЗС в соответствии с перечнем;
- в раздел приказа «Требования безопасности при тушении пожара в НДС с использованием СИЗОД» необходимо добавить использование на пожаре газодымозащитниками лифтов вообще и в частности имеющих режим работы «Перевозка пожарных подразделений» согласно ГОСТ 22011 [2].

3. Предложения по внесению изменений в «Методические указания по проведению расчетов параметров работы в СИЗОД»:

- включить методику проведения расчетов параметров работы в СИЗОД в единый нормативный документ, регламентирующий организацию и осуществление деятельности ГДЗС;
- упростить порядок проведения расчетов параметров работы в СИЗОД;
- детально раскрыть понятие «сложные условия» (высоты здания и перечня объектов и помещений);

- включить в методику параметры расчета воздуха при использовании спасательного устройства газодымозащитником;
- определить единый планшет для постового на посту безопасности;
- разработать таблицы расчётов параметров работы в СИЗОД для усовершенствования работ постового на посту безопасности и исключения ошибок в расчётах (человеческий фактор);
- упростить систему проведения расчётов параметров работы в средствах индивидуальной защиты органов дыхания и зрения.

В расчеты параметров работы в средствах индивидуальной защиты органов дыхания и зрения, необходимо внести разъяснения по порядку применения усложняющих коэффициентов. Например: звено производит работу по тушению пожара в здании повышенной этажности на первом этаже нужно ли учитывать сложные условия или нет, ведь оно работает на первом этаже. А вот второе звено производит дымоудаление по всем этажам, в том же здании повышенной этажности, тогда нужно при проведении расчета учитывать усложняющий коэффициент [3].

4. Замечания и предложения по практике применения приказа МЧС России от 21.04.2016 года № 204 «О техническом обслуживании, ремонте и хранении средств индивидуальной защиты органов дыхания и зрения»:

- отсутствуют пункты правил по порядку вывода в ремонт СИЗОД для поста ГДЗС;
- отсутствует примерный образец акта о неисправности СИЗОД, передаваемого на базу ГДЗС и отражающий в полной мере характер неисправности, причины, обстоятельства;
- определить порядок содержания СИЗОД на пожарных автомобилях;
- определить сроки и периодичность технического обслуживания дыхательных аппаратов;
- отразить требования к помещениям, в которых проводится техническое обслуживание и ремонт СИЗОД;
- определить единую форму плана – графика проведения проверки № 2, а также заявки для проведения проверки № 2;
- разработать образец формуляра по учету количества циклов наполнения баллонов и журнал наполнения баллонов;
- определить качество воздуха для наполнения баллонов;
- определить и утвердить форму (ведомость) учета времени нахождения СИЗОД в эксплуатации (п. 28);
- разработать и утвердить должностную инструкцию мастера ГДЗС.

Предложение: прописать требования к мастерам ГДЗС по поводу обучения и последующего повышения квалификации или переподготовки работы с сосудами высокого давления в соответствии с требованиями РОСТЕХНАДЗОРА [4].

5. Предложения по организации проведения аттестации газодымозащитников.

В настоящее время в МЧС России отсутствует распорядительный документ, который определяет единый порядок аттестации газодымозащитников на территории Российской Федерации. При аттестации газодымозащитников используется временные рекомендации «О порядке аттестации сотрудников (работников) ФПС на право работы в СИЗОД, разработанные и утвержденные региональными центрами или ГУ МЧС России по субъектам.

В связи с вышеизложенным, предлагается подготовить единый распорядительный документ, взяв за основу приказ от 09 ноября 1999 г. № 86 «Об утверждении нормативных актов по газодымозащитной службе ГПС МВД России», при этом учесть следующие предложения [5]:

- увеличить срок проведения периодической аттестации для лиц рядового и младшего начальствующего состава (работников) с 3-х до 5-ти лет, (определить единые требования ко всему личному составу ФПС ГПС при прохождении периодической аттестации, установив периодичность раз в 5 лет);
- проводить первичную аттестацию в учебных центрах сразу по окончании специального курсового обучения;
- не проводить внеочередную аттестацию сотрудникам, окончившим образовательное учреждение пожарно-технического профиля МЧС России (по очной форме обучения) учитывая ранее проводимую аттестацию в образовательном учреждении;
- обязать водительский состав территориальных подразделений ФПС, в районе выезда которых находятся объекты с хранением или обращением АХОВ, объекты химической и нефтехимической промышленности, обладать квалификацией «газодымозащитник» наравне с водительским составом договорных подразделений ФПС, охраняющих данные объекты;
- определить в каком объеме водительский состав должен проходить подготовку для получения квалификации «Газодымозащитник» и объем подготовки в составе дежурных караулов в процессе повседневной деятельности;
- допуск водительского состава к работе в СИЗОД осуществлять исключительно при исполнении обязанностей водителя.

Исследования выявили необходимость разработки единого нормативного документа, устанавливающего порядок применения и технического обслуживания современных видов дыхательных аппаратов (в том числе оснащенных системой телеметрии), средств спасения пожарного, новых (модифицированных) видов технических средств, которыми должны пользоваться газодымозащитники (устройства сигнализации неподвижного состояния газодымозащитника, оборудования для поиска очага пожара и людей на пожаре, путевой трос). Разработка единого нормативного документа позволит осуществлять слаженные действия подразделений различных видов пожарной охраны при тушении пожаров в непригодной для дыхания среде, в том числе по спасанию людей и проведению первоочередных аварийно-спасательных работ на пожаре, эффективному использованию современных технических средств и специальных автомобилей ГДЗС, значительно повысить эффективность тактических действий пожарно-спасательных подразделений при тушении пожаров в непригодной для дыхания среде.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Чистяков И.М., Никишов С.Н., Соколов Е.Е., Легошин М.Ю. Организация деятельности газодымозащитной службы: Учебно-методическое пособие для курсантов и слушателей всех форм обучения по направлению подготовки 20.05.01 Пожарная безопасность; по направлению подготовки бакалавра 20.03.01 Техносферная безопасность (профиль «Пожарная безопасность»). – Иваново: ООНИ ИПСА ГПС МЧС России, 2015. – 172 с., ил.
2. Приказ МЧС России от 09.01.2013 № 3 «Об утверждении Правил проведения личным составом федеральной противопожарной службы Государственной противопожарной службы аварийно- спасательных работ при тушении пожаров с использованием средств индивидуальной защиты органов дыхания и зрения в непригодной для дыхания среде».

3. Методические указания по проведению расчетов параметров работы в средствах индивидуальной защиты органов дыхания и зрения. Утверждены заместителем Министра МЧС России генерал-полковником внутренней службы А.П. Чуприяном 05.08.2013 г. Москва.

4. Приказ МЧС России от 21.04.2016 № 204 «О техническом обслуживании, ремонте и хранении средств индивидуальной защиты органов дыхания и зрения».

5. Аналитические материалы МЧС России и Главных управлений МЧС России по субъектам.

УДК 614.842

*М. Ю. Легошин, И. М. Чистяков, С. Н. Никишов, Е. В. Зарубина*  
ФГБОУ ВО «Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России»

### **К ВОПРОСУ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ПОДГОТОВКИ ГАЗОДЫМОЗАЩИТНИКОВ В ФГБОУ ВО ИВАНОВСКАЯ ПОЖАРНО-СПАСАТЕЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ ГПС МЧС РОССИИ**

Актуальность работы определяется необходимостью повышения уровня подготовки газодымозащитников из числа переменного состава академии путем разработки многофункционального тренажерного комплекса подготовки газодымозащитников для практической подготовки газодымозащитников к работе в непригодной для дыхания и зрения среде, в условиях, имитирующих сложную обстановку на пожаре, аварии, чрезвычайной ситуации (ЧС), приближенной к реальной. Обеспечивает большую пропускную способность обучаемых и позволяет отработать большой спектр учебных вопросов по организации работ по тушению пожара и проведению спасательных работ.

**Ключевые слова:** Газодымозащитная служба, звено ГДЗС, база ГДЗС, обслуживающий пост ГДЗС, командир звена ГДЗС, газодымозащитник, средства индивидуальной защиты органов дыхания и зрения, учебно-тренажерный комплекс, тренажер.

*M. Y. Legoshin, I. M. Chistyakov, S. N. Nikishov, E. V. Zarubina*

### **TO THE QUESTION OF PROFESSIONAL TRAINING OF VASODILATATION IN FEDERAL WOJANOWSKA FIRE AND RESCUE ACADEMY OF STATE FIRE SERVICE OF EMERCOM OF RUSSIA**

Actuality of work is determined by necessity of increase of level of preparation of vasodilatation of the number of variable staff of the Academy through the development of multifunctional training complex training vasodilatation for practical training of vasodilatation to work unfit for breathing and visual environment, in conditions that simulate challenging fire, disaster, emergency (emergency), close to real. Provides higher bandwidth and enables trainees to practice a wide range of educational issues on the organization of works on fire-fighting and rescue operations.

**Keywords:** gas and smoke protective service, link GDZS, the base GDZS serving post GDZS, commander of the GDZS, getdemopanel, means of individual protection of respiratory organs and sight, the training equipment, trainer.

Для повышения профессионального уровня подготовки личного состава (в том числе из числа газодымозащитников в настоящее время на базе пожарно-спасательных и аварийно-спасательных подразделений, учебных центров федеральной противопожарной службы, а также образовательных учреждений высшего образования МЧС России находится большое количество учебно-тренажерных комплексов и тренажеров различного назначения. Однако, учебно-тренировочные комплексы, поставляемые в образовательные учреждения и пожарно-спасательные подразделения, имеют ряд недостатков.

Одним из недостатков поставляемых комплексов при их эксплуатации является малая пропускная способность обучаемых. Так, например, при проведении занятий в УТК «ГРОТ-К», «ЗАВАЛЫ», «УГОЛЕК-М» максимальный состав обучаемых на учебной точке составляет 5-6 человек. На практических занятиях в образовательных учреждениях и крупных пожарно-спасательных гарнизонах состав учебной группы может составлять от 25 до 30 человек [1].

Ряд пожарно-спасательных гарнизонов самостоятельно оборудуют тренировочные комплексы из подручных материалов. Между тем местные пожарно-спасательные гарнизоны МЧС России испытывают острую нехватку таких объектов. Поэтому, исходя из потребностей задействования при проведении учебных занятий 100 % количества обучаемых, мы предлагаем создание следующего учебно-тренировочного комплекса по подготовке газодымозащитников, который будет являться многофункциональным, компактным и охватывающим целый спектр направлений по подготовке пожарных (особенно с малым сроком службы) к действиям по тушению пожаров.

Проведение тренировочных занятий на предложенном комплексе, безусловно, дадут пожарным профессиональный рост и помогут практически отработать действия по тушению пожаров, спасению людей из здания, по вскрытию кровли, по слаженной работе звеньев ГДЗС и т.д. Для успеха тушения пожара немало важна быстрота производства работ по спасению пострадавших из горящих помещений, разведки пожара и подачи огнетушащих веществ в очаг горения. Выполнение этих задач находится в прямой зависимости от уровня профессиональной подготовки личного состава и в первую очередь от умелого применения ими различных средств спасения. Это определяет важность организации работ по спасению пострадавших [2].

Зарубежный и отечественный опыт тушения крупных и сложных пожаров показывает, что на результаты действий пожарно-спасательных подразделений самым непосредственным образом влияет уровень организации подготовки пожарных и спасателей. Своевременное и правильное практическое обучение пожарных и спасателей позволяет значительно сократить время тушения пожара, уменьшить убытки от пожаров, а главное, вовремя оказать эффективную необходимую помощь людям.

Предлагаемый тренажерный комплекс предназначен для практической подготовки газодымозащитников к работе в непригодной для дыхания и зрения среде, в условиях, имитирующих сложную обстановку на пожаре, аварии, чрезвычайной ситуации (ЧС), приближенной к реальной.

Тренажерный комплекс дает возможность тренировать все категории специалистов, работа которых может быть связана с тушением пожаров, ликвидацией последствий аварий и ЧС.

Оптимально организованные, регулярные тренировки, как на свежем воздухе, так и в непригодной для дыхания среде, при нормальных и высоких температурах,



позволяют значительно улучшить психологическую подготовку газодымозащитников, увеличить выносливость и психологическую устойчивость, а также снизить количество потребляемого воздуха из баллонов дыхательных аппаратов [2].

Виды отрабатываемых действий:

- отработка оптимальных и безопасных приемов работы с применением средств защиты организма человека;
- поиск и спасение пострадавших;
- поиск необходимого технологического оборудования и выполнения упражнений по ликвидации аварийной ситуации;
- поиск скрытых «очагов пожара»;
- движение в помещениях со сложной планировкой в темноте;
- подъем по вертикальной лестнице в условиях ограниченной видимости;
- ходьба или бег с повышенной нагрузкой (в средствах защиты, с экипировкой);
- тренировка движений рук и плечевого пояса в средствах защиты, с экипировкой.

В зависимости от требуемой цели тренировки, в тренажерном комплексе возможно имитировать сложную планировку помещений с многочисленными и сложными препятствиями, звуковыми и световыми эффектами, дымом регулируемой плотности, зонами локального и объемного нагрева. Длина и сложность маршрута движения может меняться руководителем занятий. Развитие силовых качеств и выносливости при выполнении наиболее часто применяемых движений, достигается тренировками на специальных тренажерах, например «бесконечная лестница», «беговая дорожка», «эргометр рук и плеч», «велоэргометр». Тренажерный комплекс газодымозащитников состоит из оптимального набора систем и устройств, управляемых и контролируемых с централизованного пульта управления.

Тренажерный комплекс для подготовки газодымозащитников включает в себя:

- учебную пожарную башню на 2 беговые дорожки для проведения практических учебных занятий с ручными пожарными лестницами [3];
- предкамеру, совмещенную с постом безопасности и постом медицинского контроля;
- тамбур-шлюз (с избыточным подпором воздуха);
- комнату руководителя занятий (пультовая);
- тепловой модуль (теплокамера) оборудуется тренажерами, специальным оборудованием, грузами различной массы и эргометрами для создания физических нагрузок;
- задымляемое помещение, включающее в себя вертикальные лестницы с выходом на кровлю и лабиринт (тренажер ориентации);
- тренажерную зону, включающую в себя 2 тренажера отработки навыков эвакуации пострадавших (ТОНЭП-4);
- тренировочную площадку (крыша одноэтажного комплекса);
- смотровую площадку (крыша учебной башни).

Стоимость учебно-тренировочного комплекса по подготовке газодымозащитников составляет 13 млн.рублей. Данный комплекс введен в эксплуатацию в сентябре 2015 года. В течение 2015-2017 учебного года в комплексе проводились практические занятия ведущими кафедрами профессионального цикла учебно-научного комплекса «Пожаротушение», отделом практического обучения. Кроме того на базе учебно-

тренажерного комплекса проводились практические занятия с руководящим составом Ивановского территориального пожарно-спасательного гарнизона, а также с личным составом пожарно-спасательных подразделений г. Иваново и поисково-спасательных и аварийно-спасательных формирований. После проведения занятий с практическими работниками комплекс получил высокую оценку. В дальнейшем планируется его развитие и совершенствование.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Приказ МЧС России от 09.01.2013 № 3 «Об утверждении Правил проведения личным составом федеральной противопожарной службы Государственной противопожарной службы аварийно-спасательных работ при тушении пожаров с использованием средств индивидуальной защиты органов дыхания и зрения в непригодной для дыхания среде».

2. Методические рекомендации по организации и проведению занятий с личным составом газодымозащитной службы Федеральной противопожарной службы МЧС России. Утверждены главным военным экспертом МЧС России генерал-полковником П.В. Плат 30.06.2008, г. Москва.

3. Нормативы по пожарно-строевой и тактико-специальной подготовке для личного состава федеральной противопожарной службы. - М.: МЧС России, 2011 г.

УДК 614.849

*М. Ю. Легошин, И. М. Чистяков, С. Н. Никишов, Е. Е. Соколов*  
ФГБОУ ВО «Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России»

#### **ИНОВАЦИИ В ПРОЦЕССЕ ОБУЧЕНИЯ ГАЗОДЫМОЗАЩИТНИКОВ: РАЗРАБОТКА И ВНЕДРЕНИЕ НАВИГАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ПОЖАРНЫХ ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ**

Разработан эскиз устройства для оснащения звеньев, постов безопасности и контрольно-пропускных пунктов ГДЗС. Определен порядок создания и доработки по результатам испытаний. Разработана методика использования устройства при тушении пожаров и проведении аварийно-спасательных работ.

**Ключевые слова:** Газодымозащитник, пост безопасности, системы радиочастотной идентификации, геолокационное местоположение.

*M. Y. Legoshin, I. M. Chistyakov, S. N. Nikishov, E.E. Sokolov*

#### **INNOVATIONS IN THE LEARNING PROCESS OF GASODILATATION- DEVELOPMENT AND IMPLEMENTATION OF NAVIGATION SYSTEMS FOR FIRE DEPARTMENTS**

Developed a sketch of the device for equipment units, security posts and checkpoints GDZS. The procedure for the development and refinement of the test results. Developed a method of using the device to extinguish fires and conduct rescue operations.

**Keywords:** getdemopanel post security, radio frequency identification, location-based location.

Пожары, взрывы, обрушение строительных конструкций причиняют глобальный материальный ущерб и, в ряде случаев, вызывают тяжелые травмы и гибель пожарных при исполнении служебных обязанностей. Ущерб от пожаров и аварий в промышленно развитых странах превышает 1% национального дохода и сохраняет тенденцию постоянного роста [1].

В связи с развитием наукоемких технологий, увеличением числа производств, увеличенными темпами строительства различного рода зданий и сооружений, зачастую сложной планировки и повышенной этажности, наиболее актуальным вопросом подразделений МЧС России является обеспечения безопасности личного состава подразделений пожарной охраны при исполнении работ по тушению пожаров и проведения аварийно-спасательных работ, связанных с тушением пожаров. Быстрое распространение огня по всему объему здания, аккумуляция температуры в больших объемах, возможность возникновения паники среди людей во время эвакуации – вот лишь некоторые факторы затрудняющие работу пожарных подразделений. Поэтому, в первую очередь, важно предупредить пожар. Важная роль в этом деле отводится контролю над соблюдением норм и правил пожарной безопасности на стадии планирования объектов [2].

На данный момент создано огромное наличие специальных защитных средств для пожарных и спасателей как индивидуального, так и группового типа, начиная со специальной боевой одежды пожарного, способной выдерживать огромные тепловые нагрузки при проведении работ на пожаре, так и специальные системы контроля, поддержки и принятия управленческих решений. Однако использование данных систем не всегда помогает обеспечить безопасность здоровья и жизни пожарных и спасателей на должном уровне [3,4].

В настоящее время системы навигации быстро вошли и прочно закрепились в жизни почти каждого из граждан [5]. Усложнение технологических процессов производств, устройства сложной планировки в зданиях и сооружениях создают огромную опасность для специалистов пожарной охраны при проведении работ на них. Практически все системы навигации основаны на использовании мачт связи телефонных операторов и спутниковых технологий с привязкой к картам местности, из-за масштаба которых допускается погрешность определения местоположения человека на несколько метров от его истинной позиции. Данные системы имеют открытый доступ, чувствительны к постоянно изменяющимся метеорологическим условиям, а так же уровня сигнала связи с точками определения геолокационного местоположения. В сложных условиях пожара, с постоянным присутствием одного или нескольких опасных факторов пожара, несоответствующей точностью определения местоположения данные системы категорически не применимы для нужд пожарных и аварийно-спасательных подразделений МЧС России.

В то же время, с ростом технического прогресса, огромную популярность во всех сферах жизни и производства набирают системы радиочастотной идентификации – RFID системы (англ. RadioFrequencyIDentification, радиочастотная идентификация) — способ автоматической идентификации объектов, в котором, при помощи радиосигналов считываются или записываются данные, хранящиеся в так называемых транспондерах, или RFID-метках [6].

RFID — это современная технология идентификации, предоставляющая существенно больше возможностей по сравнению с традиционными системами маркировки. Каждая система RFID состоит из считывающего устройства (считыватель, ридер или интеррогатор) и транспондера (он же RFID-метка).

Большинство транспондеров состоит из двух частей. Первая — интегральная схема для хранения и обработки информации, модулирования и демодулирования радиочастотного сигнала. Вторая — антенна для приёма и передачи сигнала [6].

По типу источника питания существует 3 типа меток радиочастотной идентификации: пассивные, полупассивные, активные.

У пассивных RFID-меток отсутствует автономный источник питания. Электрический ток, индуцируется в антенне чипа при помощи электромагнитного сигнала и обеспечивает достаточную мощность для функционирования CMOS-чипа и передачи ответного сигнала.

Полупассивные RFID-метки в свою очередь снабжены автономным источником питания, который обеспечивает метку энергопитанием. В этом случае дальность действия этих меток может зависеть лишь чувствительности приёмника считывателя. Благодаря специальному источнику питания они могут функционировать на большем расстоянии и с лучшими характеристиками.

RFID-метки активного типа обладают собственным источником питания и не зависят от энергии считывателя, вследствие чего они читаются на достаточно большом расстоянии и могут быть оснащены дополнительными функциями. Активные метки в большинстве случаев обеспечивают большую точность считывания, чем пассивные. Обладая собственным источником питания, активные метки могут генерировать выходной сигнал большего уровня, что позволяет применять их в агрессивных средах: в воде, металлах и на больших расстояниях вне помещения. Активные метки позволяют передавать сигнал на расстояния в сотни метров, а срок службы батареи такой метки может достигать 10 лет. Некоторые RFID-метки имеют встроенные сенсоры, например, для мониторинга температуры окружающей среды, определения влажности и токсичности воздуха, регистрации толчков/вибрации, света, радиации, наличия газов в атмосфере, а так же гироскоп и средства связи.

Основными преимуществами данной системы являются:

- Не требуется прямая видимость радиочастотной метки для считывания информации, поэтому метка может располагаться внутри упаковки (если она не металлическая), обеспечивая ее скрытность и сохранность;
- Высокая скорость чтения меток, которая может достигать 1000 шт в сек;
- Возможно практически одновременное чтение большого количества меток с применением функции антиколлизии;
- Возможно изменение информации в метке, если она относится к классу «чтение-запись» (Read/Write);
- Возможность чтения и записи метки на расстоянии;
- Долговечность;
- Высокая степень безопасности, которая обеспечивается применением уникального идентификатора метки, присваиваемого на заводе при ее изготовлении, а также шифрованием данных, записываемых в метку;
- Устойчивость к воздействию окружающей среды, поскольку метку всегда можно поместить в любую защитную полимерную оболочку;

В настоящее время данные системы радиочастотной идентификации широко развиты и используются повсеместно в маркетинге, на производствах, складах, транспорте, в быту и в других сферах жизни общества. Однако применение данного способа передачи данных для обеспечения безопасности пожарных и спасателей до сих пор не реализована. Целью работы является разработка системы навигации для пожарных подразделений, выполняющих действия по тушению пожаров и проведению аварийно-спасательных работ, связанных с тушением пожаров, обеспечения связи с пожарными (газодымозащитниками), а так же анализа обстановки на пожаре и непосредственно внутри горящих зданий и сооружений. Данная система позволит определить местонахождение газодымозащитников непосредственно внутри зданий с привязкой к плану объекта в режим реального времени, следить за состоянием пожарных-газодымозащитников, а так же, при необходимости, принимать управленческие решения. Состав системы будет включать следующие элементы: индивидуальные блоки газодымозащитников, опорные блоки и блоки управления.

Индивидуальные блоки газодымозащитников представляют собой разрабатываемый прибор, который, в свою очередь будет размещаться на боевой одежде пожарного, регистрировать изменение обстановки на месте ведения работ, контролировать запас воздуха в дыхательных баллонах газодымозащитников, определять их биометрические параметры, обеспечивать связь с постом безопасности, контрольно – пропускным пунктом ГДЗС (КПП ГДЗС), руководителем тушения пожара (участка тушения пожара, сектора тушения пожара) при необходимости и другими газодымозащитниками, а так же передавать сигналы о текущем местоположении пожарного-газодымозащитника в режиме реального времени на цифровой карте-планировке объекта в виде 2D/3D с точностью до нескольких сантиметров. Блок будет исполнен в специальном защитном корпусе, обеспечивающем его сохранность и работоспособность при воздействии опасных факторов пожара извне. RFID метка дальней идентификации, составляющая основу определения местоположения, будет размещаться внутри прибора и содержать персональную информацию о работающем пожарном – газодымозащитнике. За счет использования RFID меток активного типа их работоспособность будет обеспечена на протяжении даже самых затяжных пожаров, а повреждение элементов метки никак не отразится на передаче сигналов и выполнении основных функций прибора, так как особенностью данной системы будет способность самовосстанавливаться при выходе из строя любого узла. Данный прибор будет иметь незначительные габариты и вес, не осложняющие его работу при тушении пожаров и проведения аварийно-спасательных работ. RFID – метки будут позиционироваться относительно опорных блоков с известными координатами посредством такого метода как мультилаттерация (гиперболическое позиционирование), т.е. вычисление координат посредством измерения расстояний до опорных блоков и блоков управления.

Опорные блоки, в свою очередь, будут располагаться на пожарных автомобилях, обеспечивая необходимую зону покрытия работы и регистрации приборов, своего временного приема и отправки сигналов (сообщений), а так же являться блоком-станцией для подзарядки индивидуальных блоков газодымозащитников. Главной задачей таких блоков будет являться поэтапное фиксирование перемещения маркированных объектов в реальном времени, либо идентификация положение меченых предметов в пространстве. регистрация всей поступающей на них информации о состоянии пожарных - газодымозащитников, внешней среды объекта проведения работ. Основанные на таком методе работы, как антиколлизия, один блок может работать

как минимум с несколькими десятками пожарных одновременно, при этом, не искажая исходящую информацию и радиообмен.

Блок будет стационарного типа, что позволит ему обладать большей зоной чтения и мощностью. Его работу можно будет синхронизировать с базами данных, а так же визуально отобразить на экранах мониторов планшетных компьютеров (ноутбуков). Периодичность опроса для обеспечения позиционирования в режиме реального времени должна быть такая, чтобы объект, двигаясь с характерной для него скоростью, успевал проходить расстояние не больше удвоенной точности позиционирования. Это позволяет строить достаточно точные для практических целей траектории движения объекта даже при резких изменениях скорости и направления движения.

Блок управления будет подключен к планшетному компьютеру/ноутбуку, позволит принимать сигналы от индивидуальных блоков и формировать обратные сигналы. Ноутбук/планшетный ПК будет оснащен специальным программным обеспечением, позволяющим осуществлять контроль над местоположением и состоянием газодымозащитников и состояния окружающей обстановки. На экране будут отображаться персональные данные каждого газодымозащитника, работающего в непригодной для дыхания среде, остаток запаса воздуха в баллоне, анализ возможностей работы звена ГДЗС с учетом сложившейся обстановки на пожаре, а так же, в случае необходимости, возможность принятия необходимых управленческих решений на основе анализа полученных данных. Всё оборудование будет иметь небольшие габариты, легко транспортируемо, и располагаться на посту безопасности ГДЗС. Одновременно постовой на посту безопасности сможет отслеживать перемещение и работу нескольких звеньев ГДЗС, при этом сокращается количество личного состава, необходимого для создания ГДЗС на месте тушения пожара или проведения аварийно-спасательных работ. Аналогично опорным блокам, работа будет основана на методе антиколлизии, тип блока - мобильный, характеризуемый меньшей дальностью действия. Мобильный считыватель (блок) будет иметь внутреннюю память, в которую будут записываться данные с прочитанных меток, как и стационарные считыватели, способны записывать данные в метку (например, информацию о произведённом анализе).

Принцип работы следующий:

1. При прибытии к месту ликвидации ЧС, закрепленные блоки газодымозащитников автоматически идентифицируются и регистрируются при включении опорных блоков, при этом одновременно вычисляются координаты первоначального местоположения газодымозащитников на местности.

2. Данные о давлении воздуха в баллоне автоматически отсылаются на пост безопасности ГДЗС, регистрируются в программном обеспечении, на основании чего производится анализ возможностей звена ГДЗС.

3. После определения первоначальных координат, при входе на объект местоположение газодымозащитников автоматически привязывается на цифровую планировку/карту, на котором производится ликвидация ЧС, и в режиме реального времени производится отслеживание передвижения звена ГДЗС, состояния газодымозащитников и состояния окружающей среды.

4. После окончания работ автоматически производится сохранение оперативных данных работы звена/звеньев ГДЗС на месте ликвидации ЧС, и выключение всей рабочей аппаратуры по работе звена ГДЗС.

Таким образом, реализация данного проекта и постановка его на оснащение подразделений пожарной охраны и аварийно-спасательных формирований позволит

обеспечить максимальный контроль над действиями пожарных (газодымозащитников), обеспечить их безопасность, сократить количество личного состава, необходимого для обеспечения работы звеньев ГДЗС, сохранение оперативной информации действий пожарных подразделений при ведении действий по тушению пожаров и проведению аварийно-спасательных работ.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Журнал «Известия Иркутской государственной экономической академии» - №3/2013, Камозин Д.Ю.
2. Федеральный закон от 22.07.2008 №123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности»
3. Приказ МЧС России от 09.01.2013 года №3 «Об утверждении Правил проведения личным составом федеральной противопожарной службы Государственной противопожарной службы аварийно-спасательных работ при тушении пожаров с использованием средств индивидуальной защиты органов дыхания и зрения в непригодной для дыхания среде»
4. Приказ МЧС России от 31.03.2011 г. №156 «Об утверждении Порядка тушения пожаров подразделениями пожарной охраны»
5. Журнал «Спецтехника и связь». №1/2012, Жуков И.Ю., Михайлов Д.М., Стариков А.В.
6. Научная статья «Современные системы идентификации (RFID)»– 01.03.2012 г. – Лифшиц А.Б., Ефимов И.В.

УДК 519.217.16

*М. А. Лобанов, Г. В. Чекап, А. Л. Алыкова*

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

#### **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА «DoRI\_CL» В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ**

В настоящее время существует множество коммерческих программных продуктов для оценки надежности. Многие из них сложны в освоении, поэтому для использования в учебном процессе был разработан авторский программный комплекс «DoRI\_CL», использующий как теорию Марковских процессов, так и топологический метод; и позволяющий более эффективно преподавать дисциплины, связанные с теорией надежности.

**Ключевые слова:** программный комплекс, Марковский процесс, надежность, учебный процесс.

*M. A. Lobanov, G. V. Chekan, A. L. Alykova*

## THE PROGRAM COMPLEX «DoRI\_CL» IN EDUCATIONAL PROCESS

Now, there are many commercial software products to estimate the reliability. Most of them are difficult to master. Therefore the program complex “DoRI\_CL” was developed. DORI\_CL uses the theory of Markov processes and topology method. It is used in education process and allows to teach the disciplines related to the reliability theory more effectively.

**Keywords:** program complex, Markov process, reliability, educational process.

Проблема надежности становится одним из главных аспектов при проектировании и эксплуатации сложных технических объектов. Недостаточный уровень надежности может привести не только к производственным авариям, но и к техногенным катастрофам. В промышленном масштабе в настоящее время исследования надежности проводятся с помощью программных комплексов (ПК) автоматизированного моделирования и расчета показателей надежности и безопасности.

Наиболее распространены в России и за рубежом следующие технологии моделирования [1]:

1. Технология деревьев отказов и деревьев событий (ПК RISK SPECTRUM, Швеция; ПК SAPHIRE, США).
2. Технология деревьев успеха (ПК WINDCHILL FTA (ранее RELEX FT/ET), США).
3. Технология моделирования работоспособности (безотказности) исследуемой технической системы с помощью специальной блок-схемы (ПК WINDCHILL RBD (ранее RELEX RBD), США).
4. Технология автоматизированного структурно-логического моделирования (АСМ), основанная на общем логико-вероятностном методе (ПК АРБИТР (АСМ СЗМА), Россия [1]).

Несмотря на достаточное количество специализированных программных комплексов, поиск новых решений проблемы оценки надежности сложных технических систем остается актуальным [2]. В частности, предлагается в качестве математического аппарата для расчета показателей надежности использовать топологический метод совместно с теорией Марковских процессов [3]. Топологический метод предполагает построение модели системы в виде графа переходов и состояний, позволяя проводить расчеты эффективнее существующих алгоритмов [2, 4]. Данная технология моделирования использована при разработке программного комплекса “DoRI\_CL” [5].

ПК “DoRI\_CL” (рис. 1) позволяет исследовать математические модели технических систем любой сложности при условии использования графа переходов и состояний в качестве расчетной модели для оценки надежности. Интерфейс программы обеспечивает возможность создавать и редактировать модели, сохранять и загружать не только сами графы, но и параметры протоколов отказов и восстановлений. Кроме этого, присутствует модуль оценки времени расчетов, осуществляемых как с помощью теории Марковских процессов, так и модифицированного топологического метода [4].

Подводя промежуточный итог, следует обратиться к аспекту подготовки студентов, осваивающих дисциплины, связанные с теорией надежности. Необходимо отметить, что высокая стоимость лицензии и сложный интерфейс коммерческих программных продуктов не позволяют эффективно внедрять их в учебный процесс. Для



этой области ключевыми характеристиками являются простота освоения и “некоммерческая” направленность программного комплекса.

Предложенный авторами программный комплекс “DoRI\_CL” не потребует от ВУЗа существенных финансовых вливаний и адаптирован для внедрения в учебный процесс по части пользовательского интерфейса, а информативная справочная система “DoRI\_CL–Help” [6] (рис. 2), существенно облегчит освоение.

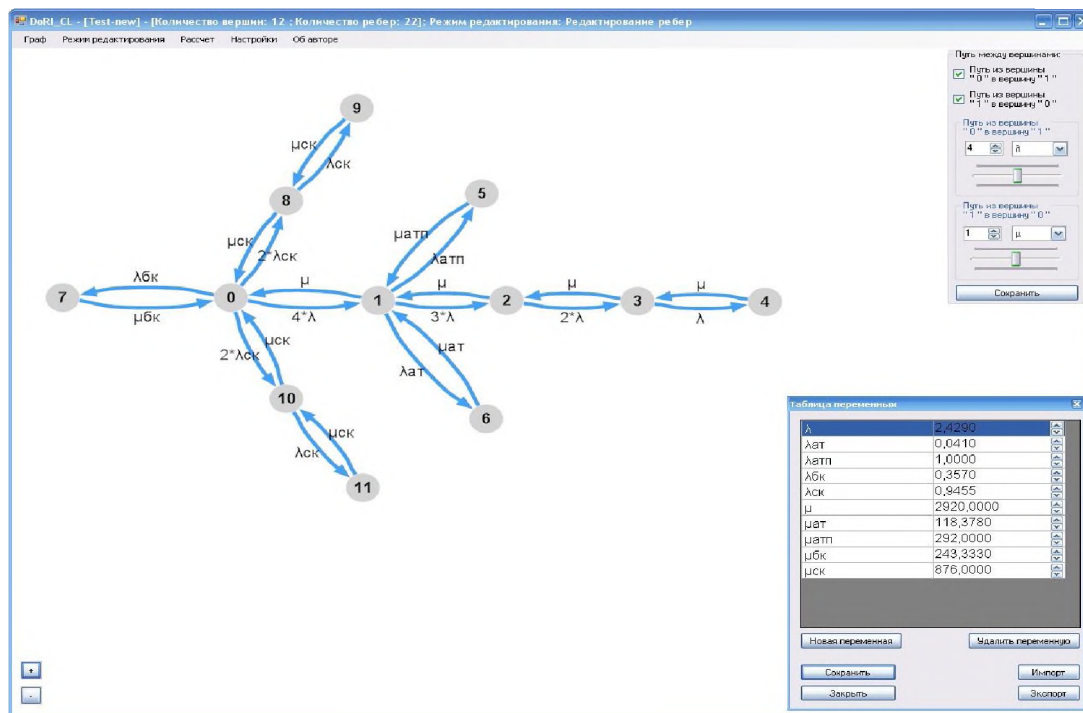


Рис. 1. Интерфейс программного комплекса “DoRI\_CL”

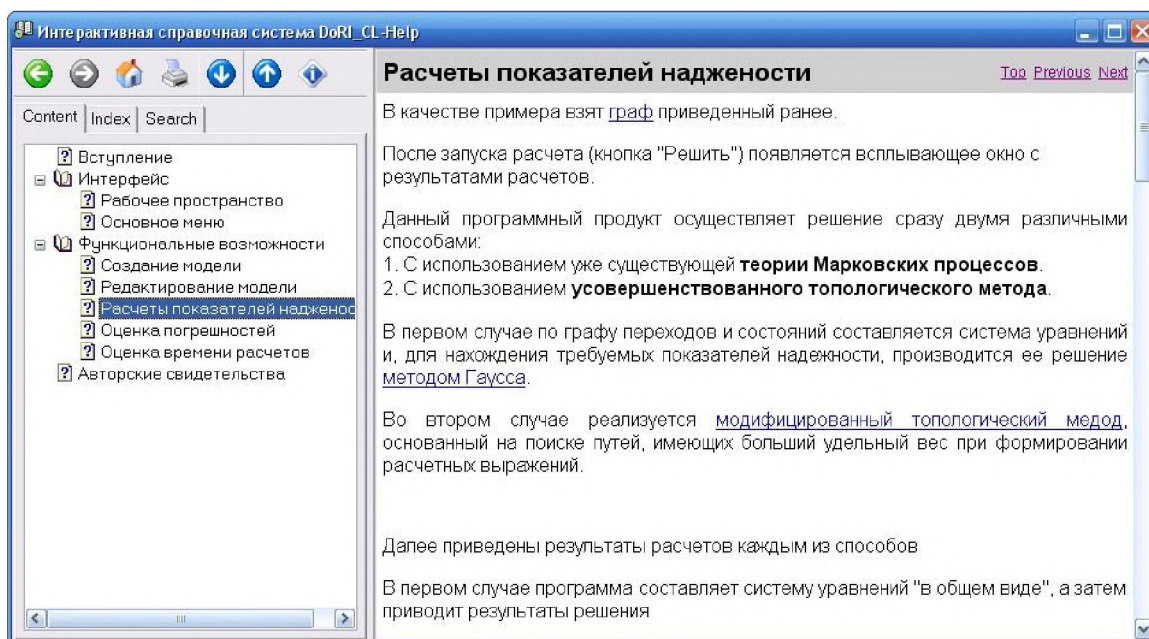


Рис. 2. Интерфейс справочной системы “DoRI\_CL–Help”

На предложенные программные продукты получены свидетельства о государственной регистрации [5-6], а особенно важным является факт их успешного внедрения в учебный процесс магистратуры электроэнергетического факультета Ивановского государственного энергетического университета имени В.И. Ленина для изучения дисциплин, связанных с теорией надежности.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Применение программного комплекса АРБИТР в задачах проектной оценки надежности структурно-сложных систем / Нозик А.А., Можаяев А.С., Струков А.В., Гладкова И.А. // Методические вопросы исследования надежности больших систем энергетики: Вып. 67. Актуальные проблемы надежности систем энергетики / Минск, 2015.
2. Оценка эффективности алгоритмов расчета показателей надежности технических систем / А.Л. Алыкова, Г.В. Чекан, М.А. Лобанов // Материалы Международной научно-технической конференции “Состояние и перспективы развития электро- и теплотехнологий” (XVIII Бенардосовские чтения), 27-29 мая. – Иваново: ФГБОУ ВПО Ивановский государственный энергетический университет, 2015. – Т.3. – С. 373-376.
3. Основы теории надежности / А.М. Половко, С.В. Гуров.– 2-е изд., перераб. и доп.– СПб.: БХВ-Петербург, 2006. – 704 с.
4. Чекан Г.В. Развитие топологического метода для комплексного подхода к определению показателей надежности технических систем // Вестник ИГЭУ / Ивановский государственный энергетический университет. – Иваново.–2014.–Вып. 5. –С. 51-57.
5. Чекан Г.В., Лобанов М.А. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ: «Расчет показателей надежности технических систем» (DoRI\_CL) №2015611559. Зарегистрировано в Реестре программ для ЭВМ 30 января 2015 г.
6. Чекан Г.В., Лобанов М.А. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ: «Интерактивная справочная система для программы расчета показателей надежности технических систем» (DoRI\_CL-Help) №2015613942. Зарегистрировано в Реестре программ для ЭВМ 31 марта 2015 г.

УДК 796

*В. Н. Матвейчев, Р. М. Шипилов, М. Ю. Легошин, Ю. А. Ведяскин, А. В. Кулагин*  
ФГБОУ ВО «Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России»

#### **К ВОПРОСУ О СОВЕРШЕНСТВОВАНИИ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ПОДГОТОВКИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ МЧС РОССИИ**

В данной статье рассматривается вопрос о применении специализированной полосы препятствий в процессе профессиональной подготовки обучающихся образовательных организаций высшего образования МЧС России.

**Ключевые слова:** Профессиональная подготовка обучающихся, полоса препятствий, курсанты вузов МЧС России.

*V. N. Matveichev, R. M. Shipilov, M. U. Legoshin, U. A. Vedyaskin, A. V. Kulagin*

## TO THE QUESTION OF IMPROVING THE PROFESSIONAL TRAINING OF EDUCATIONAL ORGANIZATIONS OF HIGHER EDUCATION EMERCOM OF RUSSIA

This article deals with the application of a specialized obstacle course in the process of vocational training of educational institutions of higher education of the Ministry of EMERCOM of Russia

**Keywords:** vocational training of students, obstacle course, cadets of the EMERCOM of Russia.

В настоящее время в постоянно меняющихся условиях экономической, политической деятельности, участившихся случаях геологической и террористической угрозы возрастают требования к уровню физической и психологической подготовленности пожарных и спасателей. Появляется потребность в высококвалифицированных специалистах пожарно-технического профиля. В свою очередь это приводит к увеличению роли подготовленности обучающихся в образовательных организациях высшего образования МЧС России. Возникает целесообразность использования в учебном процессе различных форм, методов и средств, создающих условия формирования профессионально важных компетенций обучающихся.

Профессия пожарного связана не только с риском для жизни и здоровья человека, но и с выполнением работ, требующих большого напряжения физических, психических и функциональных возможностей человеческого организма [3]. Эффективное выполнение служебных обязанностей сотрудников государственной противопожарной службы МЧС России зависит от таких факторов, как физическая подготовленность, психологическая устойчивость. Важным компонентом психологической и физической подготовленности является профессионально-прикладная физическая подготовка [2].

Под профессионально-прикладной физической подготовкой понимается педагогический процесс направленного использования форм, средств и методов физического воспитания, наилучшим образом обеспечивающий формирование необходимого арсенала двигательных умений и навыков, развитие и совершенствование физических и психических качеств, имеющих существенное значение для конкретной профессиональной деятельности [1].

Для совершенствования психофизической подготовленности обучающихся необходимо исключить элемент привыкания при выполнении физических упражнений различной направленности. Для решения этой задачи в учебном процессе могут быть использованы различные тренажеры и тренировочные устройства, искусственные и естественные препятствия. Одной из наиболее функциональных и эффективных форм подготовки пожарных и спасателей являются полосы препятствий.

Необходимость использования полосы препятствий в учебном процессе обусловлена изменяющимися требованиями к специалистам в области пожарной и техносферной безопасности. На базе Ивановской пожарно-спасательной академии ГПС МЧС России разрабатывается специализированная полоса препятствий пожарных и

спасателей с целью совершенствования профессиональной подготовки обучающихся Ивановской пожарно-спасательной академии ГПС МЧС России.

Для решения поставленной цели был разработан комплекс задач:

- разработать полосу препятствий;
- провести апробацию полосы препятствий;
- разработать методику проведения учебно-тренировочных занятий с использованием полосы препятствий;
- определить место использования полосы препятствий в учебном процессе.

Полоса препятствий представляет собой изделие, состоящее из набора сборных конструкций и элементов наружного благоустройства, монтируется на площадке под открытым небом, либо в помещении, укомплектовывается немонтируемым оборудованием. Длина полосы препятствий – 60 м, ширина – 10 м. Перед линией старта и после линии финиша выделяются свободные участки длиной 5 м (старт) и 5 м (финиш). Покров дорожки может быть любой (грунт, трава, беговая дорожка стадиона, резиновая дорожка в закрытом помещении). Полоса включает в себя 2 дорожки, на каждой из которых расположены препятствия в следующей последовательности:

1. Лабиринт с внешними основными габаритными размерами 6х2х1,1м (Д\*Ш\*В). Обучающиеся низкого роста преодолевают проходы лабиринта следующим образом: подбежав к правобортному входу, войти правой ногой в проход лабиринта и обхватить левой рукой хватом сбоку левую вертикальную стойку под сочленением с горизонтальной перекладиной. Подтягиваясь левой рукой к стойке, повернуться налево и сделать широкий шаг левой ногой вдоль прохода лабиринта; ступня ноги ставится у вертикальной стойки прохода во вторую секцию лабиринта с быстрым переходом с пятки на носок. В конце шага левой ноги обхватить правой рукой сбоку стойку прохода под сочленением ее с горизонтальной перекладиной. Подтягиваясь правой рукой к стойке, повернуться направо и сделать короткий шаг правой ногой в проход 2-й секции лабиринта. Движение вдоль 2-й секции начинается с широкого шага левой ноги.левой рукой в конце шага обхватить вертикальную стойку прохода в 3-ю секцию лабиринта. В такой последовательности продолжить преодолевать и остальные секции лабиринта. При выходе из лабиринта оттолкнуться руками от вертикальных стоек прохода и продолжить бег. Техника преодоления обучающимися высокого роста отличается лишь тем, что при передвижении в лабиринте они делают хват руками не за вертикальные стойки, а за горизонтальные перекладины сверху.

При прохождении лабиринта в работу вовлечены мышцы плечевого пояса, мышцы бедра и голени. Данное упражнение способствует совершенствованию ловкости и быстроты.

2. Рукоход с внешними основными габаритными размерами 6,48х0,8х2,6м (Д\*Ш\*В). Подтянувшись на первой перекладине, зависнуть на согнутой руке и перехватиться за другую (можно варьировать: делать короткие перехваты, длинные, передвигаться хватом сбоку). Таким образом продвигаться далее по рукоходу. На последней перекладине из виса выполнить соскок на две ноги. В работу вовлечены мышцы плечевого пояса, передняя зубчатая мышца, мышцы брюшного пресса, широчайшая мышца спины. Рукоход способствует развитию силовой выносливости.

3. Препятствие из покрышек, состоящее из уложенных на одном уровне автомобильных покрышек. Выполняя бег с высоким подниманием бедра, продвигаться

вперед через препятствие. Постановка ноги выполняется либо на автомобильную крышу, либо непосредственно в отверстие крыши. При этом в работу вовлечены мышцы бедра и голени, мышцы брюшного пресса. Занятия на данном препятствии способствуют развитию выносливости.

4. Силомер представляет собой перекладину с подвесным блоком, через который пропущена цепь и на конце закреплена автомобильная крышка. Взяв цепь в руки, обучающийся тянет ее до тех пор, пока закрепленная на другом конце крышка не коснется грифа переладины. После этого цепь аккуратно сдается вперед до момента возврата крышки в исходное положение. В работу вовлечены мышцы плечевого пояса, мышцы брюшного пресса, мышцы спины. Упражнение способствует развитию силовой выносливости.

5. Лаз сложный представляет собой каскад барьеров, установленных на разной высоте. Высокий модуль преодолевается перелезанием, низкий – пролезанием под препятствием. В работу вовлекаются значительные мышечные группы, это мышцы рук, ног и туловища, т.к. при выполнении перелезаний и пролезаний используются различные висы и упоры.

6. Силовое развертывание включает в себя пожарный рукав со стволом и закрепленной на конце автомобильной крышкой. Обучающийся взявшись за пожарный ствол и рукав, передвигает крышку, закрепленную на другом конце пожарного рукава, за собой до финишной линии. В работу вовлекаются мышцы плечевого пояса, мышцы ног и туловища. Упражнение способствует развитию силовой выносливости.

Полоса препятствий предназначена для обучения, закрепления и совершенствования навыков в преодолении различных препятствий, развития быстроты и скоростно-силовой выносливости, совершенствования навыков коллективных действий на фоне больших физических нагрузок, воспитания уверенности в своих силах, смелости и решительности.

При индивидуальном и групповом преодолении полосы препятствий формируются следующие компетенции:

общекультурные

– способность использовать средства и методы физической культуры для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности (ОК-8);

– профессиональные

– способность руководить оперативно-тактическими действиями подразделений пожарной охраны по тушению пожаров и осуществлению аварийно-спасательных работ (ПК-20);

– способность организовывать и управлять деятельностью пожарно-спасательных подразделений на уровне территориального гарнизона пожарной охраны (ПК-26).

На представленной полосе препятствий планируется проведение практических занятий в учебном центре Ивановской пожарно-спасательной академии ГПС МЧС России по факультативу «Пожаротушение» по таким дисциплинам как «Пожарная тактика», «Подготовка газодымозащитника» и «Физическая культура».

Возможность внедрения специализированной полосы препятствий пожарных и спасателей в учебный процесс позволит на наш взгляд совершенствовать психофизическую подготовленность обучающихся, обеспечит формирование необходимого ар-

сенала двигательных умений и навыков, развитие и совершенствование необходимых психических и физических качеств.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ашкинази С.М. Физическая культура, обучение и здоровье: основы самостоятельной тренировки студентов вузов / С.М. Ашкинази, М.М. Бобров, И.А. Воронов и др. СПб.: СПбГУП, 2008. – 156 с.

2. Ашкинази С.М., Шитлов Р.М., Кузнецов Б.В. К вопросу о совершенствовании процесса физической подготовки сотрудников образовательных учреждений государственной противопожарной службы МЧС России // Научно-теоретический журнал «Ученые записки университета им. П.Ф. Лесгафта». 2016. №1(131). С. 18-22.

3. Шитлов Р.М., Ишухина Е.В., Матвейчев В.Н., Кузнецов Б.В. К вопросу о совершенствовании процесса профессиональной подготовки курсантов вузов ГПС МЧС России при отработке способов эвакуации (спасения) и самоспасания // NovaInfo.ru / редкол.: Е.В. Майоров [и др.]. – Сетевое издание. 2016. №52-1. С. 262-269.

УДК 378.14

*Т. А. Мочалова*

ФГБОУ ВО «Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России»

#### ПРИМЕНЕНИЕ ЗАДАНИЙ ПО РАЗВИТИЮ МЫШЛЕНИЯ В ПРОЦЕССЕ ОБУЧЕНИЯ В ВУЗЕ

Представлены варианты задач по развитию мыслительных операций сравнения и абстрагирования в процессе преподавания технических дисциплин в вузе.

**Ключевые слова:** Развивающее обучение, развивающие задачи, развитие мышления, сопоставление, противопоставление, абстрагирование.

*Т. А. Mochalova*

#### JOB APPLICATION FOR THOUGHT DURING TRAINING IN HIGH SCHOOL

Presents options for the development of mental problems comparisons and abstraction in teaching technical subjects in high school.

**Keywords:** developing training, educational objectives, the development of thinking, comparing, contrasting, abstraction.

Эффективность процесса познания полностью зависит от познавательной активности самого обучающегося. Успешность этого процесса определяется не только содержанием обучения, но и методами, с помощью которых происходит освоение учебного материала. Одним из ведущих способов преподавания является развивающее обучение. В связи с этим перед преподавателем встает задача сформировать систему развивающих задач по дисциплинам. Применение развивающих задач, направленных на развитие интеллектуальных качеств личности, позволит повысить уровень

развития обучающихся и качество приобретаемых ими знаний. Ранее нами были предложены варианты заданий по дисциплине «Теория горения и взрыва», направленных на развитие понятийного аппарата обучающихся [1]. В данной работе остановимся на задачах на развитие мышления.

Задания на развитие мыслительной операции сравнения.

Сравнение основывается на умении противопоставлять (выделять противоположность) и сопоставлять (выделять существенные общие признаки) объекты.

Задание 1: «Энный лишний» (3-й лишний, 4-й лишний и т.д.). Данное задание позволяет развивать такие мыслительные операции, как сравнение, обобщение, анализ. Например, необходимо из перечня понятий убрать одно, отличающееся по существенным признакам от других:

1. Окислитель, горючее вещество, взрывчатое вещество, источник зажигания. Здесь лишне понятие – взрывчатое вещество, остальные – необходимые условия возникновения процесса горения.

2. Перекись водорода, кислород, перманганат калия, калий. Здесь лишнее слово – калий, так как остальные – окислители.

При этом 1 балл дается за правильный ответ с объяснением, 0,5 балла – без объяснения.

Например, из перечня факторов, влияющих на область воспламенения газоздушных смесей, убрать лишний:

– при введении в смесь горючего газа с воздухом негорючих примесей, область воспламенения сужается за счет уменьшения ВКПР;

– с повышением температуры увеличивается скорость химической реакции, и область воспламенения расширяется;

– при снижении давления область воспламенения сужается;

– при уменьшении объема и диаметра сосуда увеличивается поверхность теплоотдачи, приходящаяся на единицу объема смеси. Для каждой газовой системы существует минимальный объем и диаметр, ниже которых при любом составе смеси, зажигание и распространение пламени становятся невозможным.

Лишним является второй фактор, так как он приводит к расширению области воспламенения, а остальные – к сужению.

Задание 2: «Противоположности». Например, из перечня понятий составить пары, которые были бы противоположны по какому-то существенному признаку: гомогенное горение, полное горение, ламинарное горение, гетерогенное горение, неполное горение, турбулентное горение, диффузионное горение, детонационное горение.

Ответ необходимо обосновать.

Задание 3: «Сопоставление». Найти одинаковые по смыслу предложения:

а) минимальное содержание горючего вещества в однородной смеси с окислительной средой, при котором возможно распространение пламени по смеси на любое расстояние от источника зажигания;

б) верхний концентрационный предел распространения пламени;

в) область безопасных концентраций;

г) все смеси горючего с воздухом от нуля до НКПР не способны воспламеняться даже от мощного источника зажигания из-за недостатка горючего газа;

д) нижний концентрационный предел распространения пламени.

Ответ: а-д, в-г.

Задание 4: «Полное сравнение».

Например, в теме «Тепловой баланс процесса горения» определить сходство и различие высшей и низшей теплот сгорания. Сходство: теплотой сгорания называется тепловой эффект химической реакции взаимодействия горючего вещества с кислородом с образованием продуктов полного окисления. Различия: при расчёте низшей теплоты сгорания считают, что образующаяся в качестве продуктов горения вода выделяется из зоны реакции в парообразном состоянии. При расчёте высшей теплоты сгорания, учитывают теплоту фазового перехода пар – вода, т.е. считают, что образующаяся в качестве продуктов горения вода выделяется в виде жидкой воды. Таким образом, высшая теплота сгорания отличается от низшей на величину теплоты конденсации паров воды.

Подобного рода задания для наглядности удобно представлять в виде таблицы. Например, сравнить процесс самовоспламенения и зажигания, результаты занести в таблицу:

<b>Отличия самовоспламенения</b>	<b>Общие признаки</b>	<b>Отличия зажигания</b>
<p>1) Вся смесь разогревается равномерно и доводится постепенно до температуры самовоспламенения. В результате, реакции окисления возникают и ускоряются во всем объеме газовой смеси, и процесс горения может возникнуть равновероятно в любой точке рассматриваемого пространства или во всем объеме одновременно.</p> <p>2) Процесс самоускорения реакций горения нарастает сравнительно медленно, т. е. велик период индукции.</p>	<p>Самоускорение реакции взаимодействия горючего и окислителя наступает после повышения температуры системы выше определенного значения</p>	<p>1) Вся масса реакционноспособной горючей смеси может оставаться относительно холодной, до температуры воспламенения достаточно быстро нагревается только незначительная ее часть (прилегающая непосредственно к источнику зажигания).</p> <p>2) Процесс воспламенения происходит значительно быстрее, так как разогрев смеси от внешнего источника тепла производится локально, но значительно быстрее и до более высокой температуры. Поэтому индукционный период зажигания почти отсутствует или очень мал, а возникшее пламя распространяется из зоны его возникновения на всю остальную реакционноспособную смесь с определенной скоростью.</p>

В результате выполнения данных заданий обучающиеся развивают навыки неполного сравнения (противопоставления и сопоставления) и полного сравнения. Задания на развитие мыслительной операции абстрагирование направлены на развитие у обучающихся умения отвлекаться от несущественных признаков и мысленно выделять только главные. Например, в теме «Физико-химические основы горения и взрыва» записать характеристику горения, состоящую из самых существенных признаков.



Горение: 1. химическая реакция, 2. окислительно-восстановительная реакция, 3. пламя, 4. экзотермичность, 5. пожар, 6. самоускорение, 7. костер, 8. окислитель.

Здесь самые существенные признаки, которые совместно характеризуют именно процесс горения – 2, 3, 4, 6. Горение, по сути, химическая реакция, но не любая, а именно окислительно-восстановительного типа. На пожаре основным процессом является горение, но не всякое горение это пожар.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мочалова, Т.А. Формирование понятийного аппарата обучающихся в процессе обучения в вузе / Т.А. Мочалова. - Надежность и долговечность машин и механизмов: сборник материалов VII Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 50-летию со Дня образования учебного заведения и Году пожарной охраны России, Иваново, 14 апреля 2016 г. / под общ. Ред. В.В.Киселева. – Иваново: ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2016. - С.324-326.

УДК 378.147

*Т. А. Мочалова, О. Е. Сторонкина, Л. Н. Чеснокова*

ФГБОУ ВО «Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России»

#### **СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ОБУЧЕНИЯ И ОРГАНИЗАЦИИ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ В ВУЗАХ МЧС РОССИИ**

Статья посвящена современным методам обучения и организации практических занятий в ВУЗах МЧС России. Содержание практических занятий и методика их проведения должны обеспечивать развитие творческой активности личности, научного мышления и речи обучаемых.

**Ключевые слова:** практическое занятие, методика проведения, учебная задача, методы и приемы.

*Т. А. Mochalova, O. E. Storonkina, L. N. Chesnokova*

#### **MODERN METHODS OF TEACHING AND ORGANIZATION OF PRACTICAL TRAINING IN UNIVERSITIES OF EMERCOM OF RUSSIA**

The article is devoted to modern methods of teaching and organization of practical training in Universities of EMERCOM of Russia. The contents of practical training and the method of their conduct must ensure the development of creative activity of the individual, academic thought and speech of the students.

**Keywords:** practical training, methodology, learning task, methods and techniques.

В системе профессиональной подготовки практические занятия занимают большую часть аудиторного времени. Являясь продолжением и дополнением к лекционному курсу, они закладывают и формируют основы квалификации специалиста заданного профиля. Содержание этих занятий и методика их проведения должны обеспечивать развитие творческой активности личности. Практические занятия развивают научное мышление, речь обучаемых, позволяют проверить их знания. Прак-

тическое занятие должно быть организовано таким образом, чтобы курсанты (студенты) постоянно ощущали нарастание сложности выполняемых заданий, испытывали положительные эмоции от переживания собственного успеха в учении, были заняты напряженной творческой работой, поисками правильных и точных решений. Большое значение имеют индивидуальный подход и продуктивное педагогическое общение. Обучающиеся должны получить возможность раскрыть и проявить свои способности, свой личностный потенциал. Поэтому при разработке заданий и плана занятий преподаватель должен учитывать уровень подготовки и интересы каждого обучающегося группы, выступая в роли консультанта и не подавляя самостоятельности и инициативы курсантов (студентов).

Педагогический опыт показывает, что нельзя на практических занятиях ограничиваться выработкой только практических навыков и умений решения задач, построения графиков и т.п. Курсанты и студенты должны всегда видеть ведущую идею дисциплины и ее связь с будущей практической профессиональной деятельностью. Это придает учебной работе жизненный характер, утверждает необходимость овладения опытом профессиональной деятельности. В таких условиях обязанность преподавателя состоит в том, чтобы показывать курсантам, студентам и слушателям практическую значимость ведущих научных идей и принципиальных основополагающих научных концепций и положений.

Контроль знаний должен быть объективным, оперативным, выполнять обучающую, активизирующую и воспитательную функции. Контроль исходного уровня знаний осуществляется в письменной форме, что позволяет уменьшить субъективизм оценки. Для этого разработан банк тестовых заданий по всем темам. Тесты представляют собой специально подобранные задания для выявления уровня усвоения знаний. Тесты содержат задания и эталоны (ответы), из которых только один считается верным. Каждый обучающийся получает индивидуальный вариант тестовых заданий. Время выполнения задания дозировано 5-10 минутами.

Наличие в структуре практического занятия этапа по определению исходного уровня знаний не только способствует предупреждению и устранению пробелов в знаниях курсантов (студентов), но и формированию таких личностных качеств, как ответственность, дисциплинированность, правильное отношение к своему делу.

Важнейшим элементом практического занятия является учебная задача (проблема), предлагаемая для решения курсантам и слушателям. Преподаватель, подбирая примеры (задачи и логические задания) для практического занятия, должен всякий раз ясно представлять дидактическую цель: привитие навыков и умений каждой задаче, установить, каких усилий от курсантов и студентов она потребует, в чем должно проявиться их творчество при решении данной задачи.

Рекомендуется вначале давать курсантам и студентам легкие задачи (логические задания), которые рассчитаны на репродуктивную деятельность, требующую простого воспроизведения способов действий, данных на лекции для осмысления и закрепления в памяти. Такие задачи помогают контролировать правильность понимания обучаемыми отдельных вопросов изученного материала небольшого объема (как правило, в пределах одной лекции). В этом случае преобладает решение задач по образцу, предложенному на лекции. Затем содержание учебных задач усложняется. Предлагаются задачи, рассчитанные на репродуктивно-преобразовательную деятельность. При этом обучающемуся нужно не только воспроизвести известный ему способ действий, но и дать анализ целесообразности того или иного способа его выпол-

нения, высказать свои соображения, относящиеся к анализу условий задачи, выдвигаемых гипотез, полученных результатов. Этот тип задач по отдельным вопросам темы должен давать возможность развивать умения и навыки применения изученных методов и контролировать их наличие у курсантов, студентов и слушателей.

В дальнейшем содержание задач (логических заданий) снова усложняется с таким расчетом, чтобы их решение требовало в начале отдельных элементов продуктивной деятельности, а затем полностью продуктивной (творческой). Как правило, такие задачи в целом носят комплексный характер и предназначены для контроля глубины изучения материала темы или курса.

Выстраивая систему задач постепенно возрастающей сложности, преподаватель добивается усвоения обучаемыми наиболее важных методов и приемов, характерных для данной учебной дисциплины.

Практическое занятие может проводиться по разным схемам. В одном случае все обучаемые решают задачи самостоятельно, а преподаватель, проходя по рядам, контролирует их работу. В тех случаях, когда у курсантов, слушателей и студентов возникают затруднения, преподаватель может прервать самостоятельную работу и дать необходимые пояснения (частично-поисковый метод).

В других случаях задачу решает и комментирует свое решение обучаемый у доски под наблюдением преподавателя. Но и в этом случае задача педагога состоит в том, чтобы остальные курсанты и студенты не механически переносили решение в свои тетради, а проявляли максимум самостоятельности, вдумчиво и с пониманием существа дела относились к разъяснениям, которые делает их товарищ или преподаватель, соединяя общие действия с собственной поисковой деятельностью.

Во всех случаях важно не только решить задачу, получить правильный ответ, но и закрепить определенные знания теории вопроса, добиться приращения этих знаний, проявления элементов творчества. Обучающийся должен не механически и бездумно подставлять цифры в формулы, стараясь получить ответ, а превратить решение каждой задачи в глубокий мыслительный процесс.

Основной задачей любого педагога на каждом практическом занятии, наряду с обучением своей дисциплине, является научить человека думать. Именно здесь у преподавателя имеется много возможностей проявить свой педагогический талант.

Главной целью практических занятий является усвоение метода использования теории, приобретение профессиональных умений, а также практических умений, необходимых для изучения последующих дисциплин.

УДК 378.14

*Т. А. Мочалова*

ФГБОУ ВО «Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России»

## ПРИМЕНЕНИЕ АКТИВНЫХ МЕТОДОВ В ПРОЦЕССЕ ОБУЧЕНИЯ В ВУЗЕ

Представлены варианты задач на применении принципа «негативного опыта» в процессе обучения в вузе.

**Ключевые слова:** Активные методы обучения, анализ ошибок.

*T. A. Mochalova*

## APPLICATION OF ACTIVE METHODS IN THE PROCESS OF UNIVERSITY STUDIES

Presents options for tasks on the use of «negative experience» principle in the course of training in high school

**Keywords:** active learning methods, error analysis.

Успешность подготовки будущих специалистов в условиях вуза во многом определяется применением системы активных методов обучения. Активные методы обучения создают необходимые условия для развития самостоятельности мышления, умения ориентироваться в нестандартной ситуации и находить собственные подходы к решению профессиональных задач.

Одним из правил активизации процесса обучения является развитие у обучающихся самостоятельности мышления с помощью творческих заданий [1].

Среди принципов поддержания непрерывной познавательной активности обучающихся следует отметить новизну учебного материала и методов проведения занятий. Известно, что по мере усвоения знаний обостренность восприятия учебной информации снижается. Кроме того, обучающиеся привыкают к тем или иным методам преподавания, у них возникает ощущение обыденности, снижается интерес к предмету.

Поэтому для поддержания интереса у обучающихся преподавателю необходимо постоянно обновлять новыми элементами методику проведения занятия.

Например, на одном занятии использовать метод проектов [2], на другом комплексное применение интерактивных методов и т.п.

В данной работе остановимся на применении принципа «негативного опыта» в процессе обучения в вузе.

В любой профессиональной деятельности наряду с успехами неизбежны и ошибки, поэтому важно научить будущих специалистов их избегать. В связи с этим актуально внедрение в учебный процесс таких обучающих элементов как изучение, анализ и оценка ошибок, допущенных в конкретных профессиональных ситуациях, и обеспечение ошибки со стороны обучающегося в процессе освоения дисциплин.

Нами разработаны материалы для проведения практических занятий с использованием названных принципов по дисциплинам «Теория горения и взрыва» и «Физико-химические основы развития и тушения пожаров».

Например, при проведении контрольных работ по данным дисциплинам в билеты включены не только задачи по расчету каких-либо параметров, но и задание, в котором требуется отрецензировать правильность выполненного расчета. Для выполнения данного задания обучающиеся получают рекомендации по рецензированию и конкретные критерии оценки задания. Затем обучающиеся проверяют правильность решения задачи, отмечают и исправляют найденные ошибки.

Подобные задания включаются нами и в тестовый контроль знаний на занятиях. Обучающимся предлагается найти ошибки в тексте и исправить их.

Пример задания: найдите в тексте 2 ошибки и исправьте их:

Температура самовоспламенения является одним из основных показателей пожарной опасности веществ. Чем выше температура самовоспламенения, тем больше пожарная опасность вещества. По температуре самовоспламенения определяют рабочую температуру технологического процесса, которая не должна превышать 90% от температуры самовоспламенения.

Ответ:

Чем ниже температура самовоспламенения, тем больше пожарная опасность вещества. По температуре самовоспламенения определяют рабочую температуру технологического процесса, которая не должна превышать 80% от температуры самовоспламенения.

Для разработки заданий с заранее запланированными ошибками можно привлечь и самих обучающихся.

Следует отметить, что обучающиеся весьма охотно берутся за выполнение заданий подразумевающие поиск ошибки, так как в их сознании происходит психологическая подмена: они в данном случае выступают как бы в роли преподавателя или эксперта, проверяющего чью-то работу. При этом во время поиска ошибки происходит анализ учебного материала, применение собственных знаний.

Другим вариантом являются задачи, которые сформулированы таким образом, что при ее решении обучающийся неизбежно допускает ошибку, причиной которой является отсутствие у него необходимых знаний. Во время дальнейшего анализа действий обучающегося обнаруживается закономерность ошибки и разрабатывается правильный алгоритм решения. При этом обучающийся убеждается в необходимости получения новых знаний по данной теме, что побуждает его к более глубокому изучению учебного материала. При использовании подобных заданий повышается эмоциональный отклик обучающихся на процесс познания, возрастает мотивация на овладение новыми знаниями и умениями их применять на практике.

Систематическое и целенаправленное использование активных методов обучения на занятиях способствует развитию профессиональных компетенций обучающихся и позволяет повысить качество подготовки будущих специалистов.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Таратанов, Н.А.* Интерактивное обучение как современный подход технологии преподавания / Н.А. Таратанов, Т.А. Мочалова, О.Е. Сторонкина. - Надежность и долговечность машин и механизмов: сборник материалов VII Всероссийской научно-

практической конференции, посвященной 50-летию со Дня образования учебного заведения и Году пожарной охраны России, Иваново, 14 апреля 2016 г. / под общ. Ред. В.В.Киселева. – Иваново: ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2016. - С.342-345.

2. Мочалова Т.А. Применение интерактивных форм обучения на практических занятиях по дисциплине «Физико-химические основы развития и тушения пожаров» / Т.А. Мочалова. - Надежность и долговечность машин и механизмов: сборник материалов под ред. В.В.Киселева, С.А. Никитиной – Иваново: ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2015. - С.247-248.

УДК 796/07

*Е. А. Орлов, Е. В. Ишухина, Д. Н. Шалявин*

ФГБОУ «Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России»

### **МОДЕЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СИЛЬНЕЙШИХ СПОРТСМЕНОВ-ПРИКЛАДНИКОВ, НАПРАВЛЕННЫЕ НА РЕШЕНИЕ ПРОБЛЕМЫ СПОРТИВНОГО (ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО) ОТБОРА**

Модель сильнейшего спортсмена (МСС) должна определять не только наиболее существенные показатели (модельные характеристики), но и возможный порог отклонений от «идеала», а также предусматривать определенные изменения в связи с предполагаемым ростом спортивного мастерства.

**Ключевые слова:** модель, характеристика, отбор, спортивное мастерство, идеал.

*Е. А. Orlov, E. V. Ishuhina, D. N. Shaljavin*

### **MODEL FEATURES THE STRONGEST ATHLETES-APPLICATIONS AIMED AT SOLVING PROBLEMS OF SPORT SELECTION**

A model of the fittest athlete (MCC) should define not only the most essential indicators (model characteristics), but also the possible threshold deviations from the «ideal», but also include some changes in connection with the alleged growth of sportsmanship.

**Keywords:** model, feature selection, sportsmanship, ideal.

Разработка научно-методических основ отбора в различных видах спорта тесно связана с изучением модельных характеристик сильнейших спортсменов. Известно, что выдающийся спортсмен может служить своего рода эталоном для занимающихся данным видом спорта. Чтобы рационально производить спортивный отбор и эффективно осуществлять процесс спортивного совершенствования, необходимо выявить основные особенности, присущие спортсменам экстремального класса.

Уже давно начали разрабатываться представления о «модели будущего спортсмена», «формировании идеала», «модельных характеристиках сильнейших спортсменов». По мнению В. В. Кузнецова и А. А. Новикова, «обязательным условием эффективного управления является наличие в управляющей системе (т. е. у тренера)

модели объекта (т. е. спортсмена) в его текущем состоянии и модели того состояния, которого нужно достигнуть, а также модели программ тренировочных воздействий и тех изменений состояния объекта, которые должны совершаться под их влиянием».

Модель сильнейшего спортсмена (МСС) должна определять не только наиболее существенные показатели (модельные характеристики), но и возможный порог отклонений от «идеала», а также предусматривать определенные изменения в связи с предполагаемым ростом спортивного мастерства. Для осуществления эффективного отбора в спорте важно знать не только спортивный идеал, но и промежуточные модели, которые характеризуют спортсмена на отдельных этапах спортивного мастерства. В настоящее время ведутся исследования по определению модельных характеристик спортсменов на различных этапах многолетней подготовки. Имеются данные о том, что для спортсменов невысокого класса характерна большая вариативность модельных признаков, а факторов, ограничивающих спортивный результат, сравнительно много. С ростом спортивного мастерства вариативность уменьшается. Одновременно появляются новые признаки, которые определяют спортивное совершенствование.

Эффективное моделирование возможно только с позиций системного подхода. В соответствии с теорией функциональной системы организм в условиях спортивной деятельности следует рассматривать как функциональное объединение различно локализованных структур и процессов в интересах конечного приспособительного эффекта. Интегративным выражением этого может быть спортивный результат. Из множества подсистем и элементов, образующих функциональную систему, одни имеют соматический, другие — вегетативный характер. Динамичность системы в ходе взаимодействия с внешней и внутренней средой организма определяет сложность ее функционирования.

Согласно системному подходу, спортивное совершенствование представляется как поиск наиболее оптимального соотношения подсистем и элементов, наиболее рациональных путей перехода из одного состояния в другое. В этом случае управление какой-либо системой взаимодействующих факторов предполагает не только качественный, но и количественный учет связей, вносящих основной вклад в развитие того или иного состояния организма.

Системный подход применительно к проблемам моделирования предполагает использование следующих основных компонентов управления:

1) прогнозирование модельных характеристик исходного состояния подготовленности спортсмена и состояния, необходимого для достижения запланированного результата;

2) разработка программы-модели, раскрывающей содержание тренировочного процесса с учетом исходного уровня подготовки спортсмена;

3) организация системы контроля за выполнением запланированной программы и сравнение полученных результатов с промежуточными модельными характеристиками;

4) коррекция разработанной программы.

5) Различают три вида модельных характеристик:

1) общие для всех видов спорта (генеральные) модельные характеристики;

2) общие для группы видов спорта (обобщенные модельные характеристики);

3) модельные характеристики, специфичные для отдельного вида спорта.

Различают три уровня компонентов моделей сильнейших спортсменов. Первый уровень блок-схемы определяет модельные характеристики сильнейших спортсменов

на ответственных соревнованиях. На втором уровне находятся характеристики специальной физической, технической, тактической подготовленности спортсмена в период спортивной формы. Третий уровень характеризует функциональную, психологическую подготовку, особенности телосложения, а также основные временные этапы спортивного совершенствования (возраст начала занятий, спортивный стаж, время наивысших спортивных достижений и т. п.). Несомненно, подобная блок-схема носит условный характер и лишь ориентировочно отражает «модель сильнейшего спортсмена».

Специфика отдельных видов спорта, отличительные требования к спортсменам определяют большое разнообразие модельных характеристик соревновательной деятельности сильнейших спортсменов. В циклических видах спорта, к которым вне сомнения относится спасательный спорт, к обобщенным модельным характеристикам соревновательной деятельности относят: длину, частоту и количество шагов на дистанции, время пробегания отдельных отрезков дистанции и время преодоления специальных препятствий. У спасателей, так же как у спринтеров в качестве модельных характеристик используются время реакции на выстрел, параметры стартового разбега, уровень скоростной выносливости.

Несложный способ оценки взрывного усилия состоит в определении высоты прыжка вверх с места толчком двумя ногами. С этой целью используется простая методика: к поясу спортсмена прикрепляют одним концом сантиметровую ленту. Второй конец ленты продергивают через особый держатель, укрепленный на полу. При выпрыгивании вверх спортсмен вытягивает ленту и в сантиметрах измеряется высота прыжка. Исследования тяжелоатлетов показали, что существует четкая зависимость высоты прыжка от спортивной квалификации. С повышением квалификации высота прыжка вверх увеличивается.

Скоростные возможности мышц проявляются также в быстроте, как простых движений, так и сложных циклических и ациклических упражнений, в скорости двигательных реакций. В каждом виде спорта существует специфическая топография скорости отдельных мышц и их соотношений. Еще в работах А. В. Коробкова было показано, что в ходе индивидуального развития формируются различные соотносительные величины скрытого периода реакции для различных групп мышц. Это нашло отражение в темпах укорочения этого показателя. Так, в возрасте от 6-7 до 20 лет наибольшее снижение реакции наблюдалось при сгибании пальца кисти, предплечья, наименьшее - при разгибании и сгибании голени и бедра. Наименьший скрытый период реакции зарегистрирован при движениях дистальными частями конечностей и шеи, наибольший — при сгибании и разгибании туловища. К сожалению, топографических исследований быстроты отдельных мышц недостаточно чтобы дополнить ими модельную характеристику сильнейших спортсменов в различных видах спорта.

Достижения в спорте определяются взаимодействием двигательных качеств. Это следует учитывать при рассмотрении модельных характеристик. Например, своеобразные соотношения существуют между развитием силы мышц и гибкостью. Под гибкостью понимают способность человека производить движения с большей амплитудой. Гибкость определяется суммарной подвижностью в соединениях костей. В настоящее время разработаны нормативные таблицы подвижности в суставах для спортсменов высокого класса. Имеются данные о том, что сильное развитие мышц, окружающих сустав, тормозит развитие гибкости. Поэтому необходимо дифференцированно подходить к развитию гибкости и силы мышц.



Специфическая физическая подготовка может быть также определена посредством различных контрольных упражнений - тестов. Чаще всего в качестве контрольных упражнений используются двигательные акты сходные по внешней и внутренней структуре с основным упражнением. Так, в спасательном спорте контрольным упражнением могут служить бег на 30 и 60 м с низкого старта и с ходу, прыжки с места, а также выполнение отдельных частей 100м полосы с препятствиями. В соответствии с блок-схемой важной частью модели сильнейших спортсменов являются показатели технического мастерства. Нередко для характеристики технического мастерства оценивают эффективность технических действий. С этой целью В. М. Дьячков предлагает определять взаимосвязь спортивного результата с так называемым двигательным потенциалом (уровнем развития двигательных качеств). Чем полнее используется двигательный потенциал, тем эффективней спортивная техника.

Существенным аспектом технического мастерства являются пространственные и временные характеристики спортивных движений. В этом случае рекомендуют сначала определять ведущие элементы движений, а затем эффективность их взаимосвязи с общей структурой движений.

Составной частью модели сильнейшего спортсмена является функциональная подготовка. В ряде видов спорта результат в значительной мере определяется эффективностью энергетического обмена, функциональным состоянием дыхательной, сердечнососудистой, выделительной систем, нервно-мышечного аппарата, сенсорных систем. В настоящее время функциональная подготовка спортсмена приобретает исключительное значение в связи с интенсификацией тренировочных и соревновательных нагрузок. В связи с этим в настоящее время много внимания уделяется биоэнергетическим вопросам функциональной подготовки. Способность экономно производить движения также характеризует функциональную подготовку спортсменов экстра-класса. Чтобы выявить уровень развития этой способности, рассчитывают энергетическую стоимость упражнений, тренировочных нагрузок. Таким образом, в процессе спортивного совершенствования уменьшаются энергозатраты на единицу выполненной работы, повышается коэффициент полезного действия мышечных усилий.

Экономизацию в основном рассматривают в двух направлениях. Первое заключается в совершенствовании технического мастерства спортсменов. Ищут экономически выгодные варианты спортивной техники, при которых в активную деятельность вовлекается наименьшее число мышц, движения производятся свободно, раскрепощено. Этому способствуют расслабление мышц, наиболее рациональное использование сил инерции и т. п. Считают, что систематическая работа над техникой спортивных движений является залогом успеха не только для спортсменов-новичков, но и для мастеров.

Второе направление — функциональная экономизация — основывается на оценке соотношения аэробных и анаэробных источников энергообеспечения. Как уже указывалось, аэробный механизм образования энергии наиболее выгоден. Следовательно, увеличение доли участия в работе аэробных процессов обеспечивает более рациональный режим энергообеспечения. Поэтому повышение в процессе тренировки МПК, способности поддерживать на всем протяжении работы высокий уровень ( $\dot{V}O_2$ -потребления) обуславливают более экономное образование энергии. Известно, что основным звеном, ограничивающим максимально возможный уровень  $O_2$ -потребления, является сердечнососудистая система. Чем полнее сердце обеспечивает снабжение

работающих мышц кровью, тем эффективнее осуществляется восстановление источников энергии (АТФ).

К числу важных показателей модели сильнейших спортсменов следует отнести морфологические признаки.

Каждый вид спорта предъявляет специфические требования к телосложению спортсмена. Даже внутри отдельных спортивных специализаций наблюдаются различия в строении тела: у игроков — в зависимости от их амплуа (защитник, нападающий и пр.), у бегунов — в зависимости от длины дистанции, у пловцов — от стиля плавания и т. п. Правда, нередко признанных успехов добиваются спортсмены, различающиеся по телосложению. Так, в спринте выдающиеся результаты показывали и высокорослые спортсмены, такие, как Д. Зима, В. Рудольф, В. Борзов (длина их тела соответственно 189; 186,5; 182 см), и низкорослые — А. Мэрчисон, В. Крепкина, А. Корнелюк (163, 158, 165 см).

Успешное выступление на соревнованиях, достижение рекордных результатов во многом зависят от психологических свойств личности спортсмена. Поэтому при характеристике модели спортсмена необходимо учитывать психологические особенности личности, уровень психологической подготовленности.

Выделяют следующие психологические компоненты личности спортсмена: направленность личности (интерес, стремление к совершенствованию), волевые качества (смелость, стойкость, решительность и т. п.), эмоциональная устойчивость (надежность при воздействии экстремальных факторов), психические качества (внимание, скорость и точность сенсомоторных реакций, оперативная память).

Психологические черты личности зависят от развития основных свойств нервной системы: силы, подвижности, уравновешенности нервных процессов, которые также характеризуют модель сильнейшего спортсмена.

Материалы, представленные в данном разделе, позволяют сделать следующие выводы.

Модельные характеристики сильнейших спортсменов отражают требования, предъявляемые видом спорта, и могут служить надежным ориентиром в подготовке юных спортсменов.

Важным компонентом модели сильнейших спортсменов являются параметры, характеризующие специфику спортивной деятельности, временные, силовые и пространственные показатели спортивных движений.

Сильнейшие спортсмены в каждом виде спорта характеризуются специфической топографией отдельных групп мышц. В ряде видов спорта существует зависимость между спортивным результатом и силой некоторых групп мышц. Составной частью модели сильнейших спортсменов является функциональная подготовка. Критерии аэробной и анаэробной производительности, показатели вегетативных функций характеризуют уровень функциональной подготовки сильнейших спортсменов и могут быть использованы при отборе юных спортсменов.

Отдельные виды спорта предъявляют специфические требования к строению тела спортсменов. В каждом виде спорта выделяют ведущие (наиболее информативные) морфологические признаки, которые необходимо учитывать при спортивном отборе. Психологические особенности личности являются важной характеристикой модели сильнейшего спортсмена. Моральные черты, направленность личности, психомоторные качества, особенности нервной высшей деятельности в значительной мере определяют эффективность спортивного совершенствования.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Озолин Н.Г.* Молодому коллеге – М.: Физкультура и спорт
2. *В.М. Волков, В.П. Филин* Спортивный отбор – М.: Физкультура и спорт
3. *И.В. Стрельникова, Е.А. Орлов, В.Н. Ожегов* Планирование спортивной тренировки в пожарно-прикладном спорте – Киров: Методические рекомендации.

УДК 721.87

*Н. В. Осипова, М. В. Гомонай*

ФГБВОУ ВО «Академия гражданской защиты МЧС России»

### **СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОЦЕССА УТИЛИЗАЦИИ СНЕГА С ДОРОЖНЫХ ПОКРЫТИЙ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ В УСЛОВИЯХ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ**

В статье рассматривается задача повышения эффективности уборки снежной массы в зимний период как один из факторов улучшения экологической ситуации в населенном пункте за счет использования тепловой энергии выхлопных газов базовой машины.

**Ключевые слова:** уборка снега, экология, чрезвычайная ситуация, снегоплавильные пункты, выхлопные газы, экспериментальные исследования таяние снега, брикеты.

*N. V. Osipova, M. V. Gomonay*

### **IMPROVING THE PROCESS OF DISPOSING OF SNOW FROM PAVEMENT SETTLEMENTS IN EMERGENCIES**

The article considers the problem of improving the efficiency of cleaning the snow masses in winter as one of the factors to improve the environmental situation in the settlement through the use of thermal energy of the exhaust gases of the basic machine.

**Keywords:** snow removal, ecology, emergency, snow-melting points, exhaust gases, experimental study of melting of snow.

Уборка снега с территорий в населенных пунктах и на дорогах имеет важное значение, особенно, в условиях чрезвычайных ситуаций, когда срочно требуется оказать помощь пострадавшим, локализовать пожар в здании или сооружении. Аварийно-спасательная и пожарная техника, а также спецтехника должна в кратчайшее время добраться до объекта, где необходимо локализовать пожар или выполнить эвакуационные работы. Основной задачей зимней уборки улиц является такое состояние дорог, при котором достигается беспрепятственность работы городского транспорта и безопасное движение пешеходов и транспортных средств. Важнейшим условием качественного выполнения работ является их своевременность.

В Москве уборка магистралей города и вывоз загрязненного снега в места его утилизации обходится в сотни миллионов рублей за зимний период. Увеличение плеча перевозки снега на 10 километров по стоимости сравнимо с затратами на топливо, требующимися для плавления такого же количества снега [1-2].

Кроме того, перевозка снега автотранспортом приводит к дополнительной экологической нагрузке на воздушную среду города за счет загрязнения ее выхлопными газами. Эффективность вывозки снега автотранспортом в настоящее время достаточно низкая. Одной из причин является недогруженность кузова автосамосвала как по объему так и по весу [3,5].

Основным принципом стратегии комплексного улучшения экологической ситуации в городе в зимний период является системное решение проблемы уборки снежной массы на различных участках дорожной сети города, вывоза и утилизации снега. Требуется также определение оптимальных маршрутов вывоза снега на снегоплавильные пункты города и на свалки с подготовкой площадки для разгрузки снега автосамосвалами (площадка должна быть ровной и не должны быть в зоне выгрузки воздушные инженерные коммуникации).

Существующие технологии утилизации снега сложные и затратные. Сбор, погрузка, транспортировка и вывоз на снегоплавильные пункты или на свалку осуществляется, например, в Москве на расстояние до 40 км и более. Ежегодно для транспортировки 34 млн. кубометров снега требуется 15-17 тысяч снегоуборочной техники. Вывозка снега на снегоплавильные заводы или свалки производится, в основном, самосвалами типа Камаз, при этом сам Камаз полностью не загружен. Как показывает практика при грузоподъемности Камаза 20 тонн, он вывозит всего от 4 до 6 тонн снега. Одним из перспективных направлений является преобразование снега в воду по месту его скопления. В качестве теплоносителя для таяния снега может применяться теплая вода или теплый воздух, в частности температура выхлопных газов автомобиля. Другим перспективным направлением может быть прессование снежной массы в брикеты.

Для изучения процесса таяния снега были проведены экспериментальные исследования. При проведении экспериментов была определена плотность снега, которая в районе г. Химок, составила:  $185-186 \text{ кг/м}^3$ . Первая серия опытов была проведена с применением теплой воды для таяния снега. Температура воздуха при исследованиях находилась в пределах 2-3 градусов мороза. Объем снега в каждом опыте составлял 700 мл. Таяние снега проходило в емкости с теплой водой заданной температуры при естественном погружении снега в воду и при перемешивании снега в воде в процессе таяния. Температура измерялась жидкостным термометром СП-2 (класс точности -2), время таяния фиксировалось электронным секундомером. Испытания проводились с 14 по 21 января 2017г. Полученные результаты представлены в табл.1.

Вторая серия опытов была проведена с применением теплого воздуха для таяния снега. Верхний предел температуры теплого воздуха был определен исходя из величины температуры выхлопных газов автомобиля [3].

С этой целью были проведены измерения температуры выхлопных газов дорожной машины типа Камаз. Температура измерялась на расстоянии от кромки выходного отверстия трубы выхлопных газов машины в диапазоне: 0 (у кромки трубы); 10; 20; 30; 40 см. Температура измерялась жидким керосиновым термометром марки

СП-2. Расстояние фиксировалось мерной линейкой. Результаты измерений представлены в табл. 2.

Таблица 1. Зависимость времени таяния снега от температуры (носитель тепла- вода)

Температура воды в емкости в начале испытаний, °С	Время таяния снега, мин.	Температура воды в емкости в конце испытаний, °С	Примечание
20	72	18	Без размешивания снега в воде.
40	45	25	
60	20	41	
20	14	20	Размешивание снега, с частотой в 10 об/мин.
40	7	38	
60	4	57	

Таблица 2. Изменение температуры выхлопных газов в зависимости от расстояния

Расстояние, см	Температура, градус °С	
	ВАЗ Priora Лада	Камаз 4310
0 (у кромки выхлопной трубы)	26	60
10 (от кромки отверстия выхлопной трубы)	18	44
20(от кромки отверстия выхлопной трубы)	16	38
30(от кромки отверстия выхлопной трубы)	12	32
40(от кромки отверстия выхлопной трубы)	10	18-20

Примечания: измерения температуры выхлопных газов проводились в зимнее время при температуре воздуха минус 5 – 7°С. Для сравнения температуры выхлопных газов грузового автомобиля были проведены измерения температуры выхлопных газов и легкового автомобиля типа ВАЗ Priora –Лада.

Вторая серия опытов проводилась в период с 28 января по 2 февраля 2017г. Температура окружающей среды равнялась в среднем минус 2°С. Теплый воздух необходимой температуры создавался с помощью тепловентилятора. Результаты измерений представлены в табл.3.

Таблица 3. Зависимость времени таяния снега от температуры (носитель тепла- воздух)

Температура воздуха, действующая на снег, °С	Расстояние от источника тепла до снега, см	Время таяния снега, мин.	Температура образовавшейся воды в емкости в конце испытаний, °С	Примечание
23	43	11	11	Без размешивания снега в воде
41	20	4	11	
62	4	2	11	
23	43	6	13	Размешивание снега с частотой в 10 об/мин.
41	20	2	13	
62	4	1	13	

Вывод: в связи со спецификой функционирования дорожной сети мегаполиса, необходимостью соблюдения оптимальных плеч перевозки снежно-ледяных масс автотранспортом, перспективным является применение снеготаялок работающих на теплом воздухе, в частности использование температуры выхлопных газов автомобиля. При этом используется энергия, которая не требует затрат и ранее не использовалась. Для повышения эффективности процесса таяния снега как показали экспериментальные данные целесообразно производить перемешивание снега.

В следующей серии опытов была проверена идея брикетирования снежно-ледяной массы. В период испытаний плотность снега составляла  $578,6 \text{ кг/м}^3$ , удельное давления при прессовании равнялось  $0,78 \text{ кг/см}^2$ . Плотность полученных брикетов находилась в пределах:  $894,7 - 875,15 \text{ кг/см}^2$ .

Размеры брикетов составили: диаметр  $45 \text{ мм}$ , высота  $48 \text{ мм}$  и диаметр  $95 \text{ мм}$  и высота  $65 \text{ мм}$ . Также были получены брикеты конусообразной формы с диаметром большого основания  $23 \text{ мм}$  и длиной  $125 \text{ мм}$ . Коэффициент уплотнения снега при этом составлял  $1,466 - 1,546$ . На рис. 1 показаны брикеты из снежной массы разной конфигурации и размеров.

Вывод: грузоподъемность автомобиля можно значительно увеличить при вывозке снега, если снег уплотнять давлением не менее  $0,78 \text{ кг/см}^2$ .

Конструкции новых машин для утилизации снежно-ледяных масс разрабатываются авторами на кафедре эксплуатации транспортно-технологических машин и комплексов в Академии гражданской защиты МЧС России. На основе результатов экспериментальных исследований разработана конструкция многофункциональной дорожной машины для строительства и содержания временных зимних дорог и площадок для малой авиации, новизна разработки защищена патентом на изобретение № 2593669.



Рис. 1. Образцы брикетов из снежной массы

Также разработана новая технология и устройство для прессования снежной массы, что позволит в несколько раз повысить эффективность работы автотранспорта на вывозке снега с дорог и территорий населенных пунктов.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Пупырев Е.И., Корецкий В.Е.* Утилизация снега в Москве. Экология и промышленность России. М.: 2001. 0,5 п.л.
2. *Пупырев, Е.И.* Анализ новых технологий утилизации городского снега [Текст] / Е.И. Пупырев, В.Е. Корецкий // Доркомстрой. 2006. № 1. С. 54-57.
3. *Гомонай М.В., Карамышева Е. А.* Повышение эффективности работы автосамосвалов в зимнее время на вывозке сыпучих материалов.// Строительные и дорожные машины. №9, 2015г., С.48-51.
4. *Гомонай М.В., Дегтярев И.С.* Исследование процесса таяния снега под воздействием выхлопных газов автомобиля. Сб. материалов VI Всероссийской научно-практической конференции «Надежность и долговечность машин и механизмов» Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 16 апреля 2015г. С. 19-21.
5. *Егоров А.Л., Шаруха А.В., Мадьяров Т.М.* Определение рациональности использования грузоподъемности автосамосвалов при вывозе снега с городских дорог // Современные проблемы науки и образования. – 2012. – № 6.

УДК 347.779

*Н. Л. Павлюкова, А. С. Орлов*

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

### **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНТЕРНЕТА ПРИ ПРЕПОДАВАНИИ ДИСЦИПЛИН «ЗАЩИТА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ» И «ОСНОВЫ ПАТЕНТОВЕДЕНИЯ»**

Разработана методика проведения практических занятий и самостоятельной работы студентов при патентных исследованиях с помощью интернета.

**Ключевые слова:** интернет, интеллектуальная собственность, патентование, патентные исследования, патент, практическая работа, самостоятельная работа.

*N. L. Pavlyukova, A.S. Orlov*

### **USING THE INTERNET WHEN TEACHING «INTELLECTUAL PROPERTY PROTECTION» AND «THE BASICS OF PATENTING» DISCIPLINES**

The methodology for practical studies and independent work of students when patenting research using the Internet has been developed.

**Keywords:** Internet, intellectual property, Patenting, Patent research, Patent, practice.

Один из важнейших разделов дисциплин «Защита интеллектуальной собственности» и «Основы патентования» - патентные исследования. Методика патентных исследований регламентируется ГОСТ Р 15.001-96 «Патентные исследования. Содержание и порядок проведения». Он устанавливает единые требования к содержа-

нию патентных исследований, порядке их проведения, а также о построении, изложении и оформлении отчета о патентных исследованиях.

Для грамотного и полного проведения патентных исследований необходимо познакомить студентов с источниками информации о патентах. За время существования патентной системы образовался огромный массив патентной информации, отражающий технический прогресс человечества. Прежде всего это бюллетени различных стран, реферативные журналы и отраслевые технические журналы. Сейчас практически вся эта информация доступна в виде баз данных через интернет, что значительно облегчает ее поиск. На практических занятиях и при самостоятельной работе необходимо познакомить студентов с основными российскими и иностранными патентными базами данных, показать их структуру и возможности при патентном поиске информации.

Для проведения практических занятий по дисциплинам «Защита интеллектуальной собственности» и «Основам патентования» требуется компьютерный класс с выходом в интернет. Студенты сначала знакомятся с ГОСТ Р 15.001-96 «Патентные исследования. Содержание и порядок проведения», затем преподаватель знакомит с сайтами, содержащие базы данных патентов, их структурой, методикой поиска на них. Самостоятельная работа студентов заключается в патентном поиске по индивидуальному заданию и оформлению отчета. Отчет содержит экспертное заключение на патентные исследования по упрощенной в учебных целях форме.

Полнотекстовую и реферативную информацию об изобретениях содержит база данных Российских патентных документов Роспатента, расположенных на сайте Федерального института промышленной собственности (ФИПС) (<http://www.fips.ru/russite>). В разделе сайта «Информационно-поисковая система» (рис. 1) открыт платный и бесплатный доступ к базам данным. На учебных занятиях и при выполнении самостоятельного поиска удобно работать с бесплатным поиском, позволяющим получить доступ к рефератам российских патентных документов на русском и английском языках, рефератов полезных моделей, программ ЭВМ, зарегистрированных баз данных и технологии интегральных микросхем и т.д. [2].

Патентный поиск в базе данных Espacenet открывает доступ в крупнейшую в мире коллекцию документов, в том числе США и европейских стран. В ней можно найти патенты начиная с 1836 года и по текущий год. Поиск в Espacenet осуществляется по библиографическим данным и рефератам, причем найденные документы могут быть сохранены целиком (не для всех стран). Наличие русифицированного российского сегмента <http://ru.espacenet.com> и интеллектуального поиска на нем (рис. 2) значительно облегчает работу по поиску патентной информации [1].

Интересная задача для студентов – поиск патентной информации в системе патентного поиска США, расположенного по адресу [www.uspto.gov](http://www.uspto.gov). На сайте можно познакомиться с законодательством США в области интеллектуальной собственности и найти патенты, зарегистрированные на территории США с 1790 года.





Рис. 1. Информационные ресурсы ФИПС и вход в информационно-поисковую систему

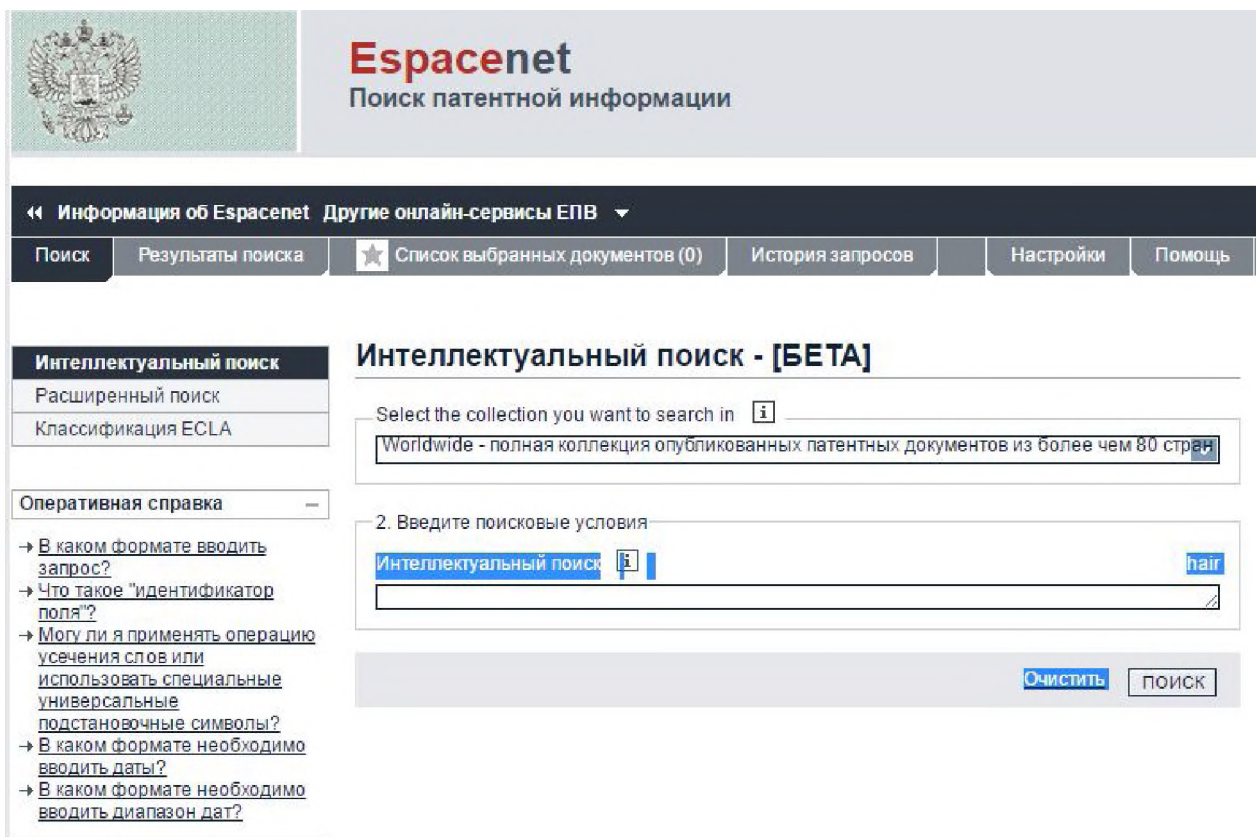


Рис. 2. Поиск патентной информации в базе данных Espacenet

Для более сложных задач патентного поиска, например, при научно-исследовательской работе, рекомендуется использование коммерческих баз данных, например, российского платного контента на сайте Роспатента, поисковой системы Questel и др. Владея такими мощными инструментами поиска в Интернет легко провести поиск патентной информации на самом высоком уровне. Открытый доступ к этим базам позволяет использовать их в учебном процессе.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Интеллектуальный поиск: [Электронный ресурс] // Поиск патентной информации Espacenet. М., 2011-2017. Режим доступа: [https://worldwide.espacenet.com/singleLineSearch?AB=&AP=&CPC=&CY=ru&DB=EPODOC&FIRST=1&IC=&IN=&LG=ru&PA=&PD=&PN=&PR=&REF=yes&TI=simens&bcId=0&locale=ru\\_ru&query=title+%3D+simens&sf=a](https://worldwide.espacenet.com/singleLineSearch?AB=&AP=&CPC=&CY=ru&DB=EPODOC&FIRST=1&IC=&IN=&LG=ru&PA=&PD=&PN=&PR=&REF=yes&TI=simens&bcId=0&locale=ru_ru&query=title+%3D+simens&sf=a). (Дата обращения: 05.03.2017).

2. Информационные ресурсы: [Электронный ресурс] // ФГБУ Федеральный институт промышленной собственности. М., 2009 – 2017. - Режим доступа: [http://www1.fips.ru/wps/wcm/connect/content\\_ru/ru/inform\\_resources/](http://www1.fips.ru/wps/wcm/connect/content_ru/ru/inform_resources/). (Дата обращения: 05.03.2017).

УДК 656.13:377

*А. П. Паньчев, М. В. Шавнина, Д. Д. Зими́на*

ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет»

### **НЕПРЕРЫВНАЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ ПОДГОТОВКА СПЕЦИАЛИСТОВ АВТОМОБИЛЬНОГО ТРАНСПОРТА «ШКОЛА-УНИВЕРСИТЕТ- ПРОИЗВОДСТВО»**

Осуществление непрерывного профессионального обучения в тандеме с инженерной подготовкой существенно поднимает профессиональный уровень будущих специалистов, позволяет готовить специалистов более широкого профиля, что повышает их рейтинг и востребованность на рынке труда.

**Ключевые слова:** Дорожно-транспортное происшествие, специалисты автомобильного профиля, механический факультет, контролер, диспетчер, консультант, сервис и эксплуатация.

*A. P. Panychhev, M. V. Shavnina, D. D. Zimina*

### **CONTINUOUS PROFESSIONAL TRAINING OF SPECIALISTS IN ROAD TRANSPORT «SCHOOL-UNIVERSITY-PRODUCTION»**

The implementation of continuous vocational training in tandem with the engineering undercooking substantially raises the professional level of future specialists allows to prepare experts of wider profile, which increases their ranking and demand in the labour market.

**Keywords:** traffic accident specialists of the automobile profile, mechanical faculty, supervisor, manager, consultant, service and maintenance.

«Снижение смертности от ДТП – наша главная задача» (из выступления В.В. Путина на заседании президиума Государственного совета, посвящённого вопросам безопасности дорожного движения в РФ, Ярославль, 2016г.) [1,2].

В Уральском государственном лесотехническом университете (УГЛТУ) [3] начиная с 1936 г. ведётся подготовка специалистов автомобильного профиля, а с 1995 г. добавилась переподготовка и повышение квалификации работников автомобильного транспорта, в том числе водителей транспортных средств. С целью повышения профессионального уровня специалистов, связанных с транспортом, в УГЛТУ в настоящее время реализуется программа непрерывной профессиональной подготовки «Школа-Университет-Производство». Работа начинается со школьниками 10-11 классов, которые поступают в Малую лесную академию (МЛА) УГЛТУ. Обучаясь в МЛА два года, школьники знакомятся с устройством и эксплуатацией транспортных и технологических машин, изучают правила дорожного движения, осваивают культуру общения с участниками дорожного движения. После окончания МЛА школьники выполняют и защищают дипломные работы и поступают в УГЛТУ. Малая Лесная Академия механического факультета – это первый шаг школьника к культуре общения с участниками дорожного движения, строгого исполнения Правил дорожного движения, освоения правил грамотной эксплуатации автомобиля. Обучаясь в вузе, студенты имеют возможность получить дополнительное образование по следующим программам: «Специалист, ответственный за обеспечение безопасности дорожного движения», «Контролер технического состояния автотранспортных средств», «Диспетчер автомобильного и городского наземного электрического транспорта», «Консультант по вопросам безопасности перевозки опасных грузов». Они также активно участвуют в работе научного студенческого бюро технического диагностирования автомобилей «СБТД-авто» (рис. 1), созданного при кафедре «Сервиса и эксплуатации транспортных и технологических машин» (СЭТТМ), в автомобильных форумах и соревнованиях (рис. 2).

После окончания ВУЗа на протяжении всей своей трудовой деятельности, связанной с автомобильным транспортом, выпущенный специалист раз в пять лет повышает свою квалификацию в Уральском центре повышения квалификации работников автомобильного транспорта (УЦПКРАТ), созданном в 2014 г. в УГЛТУ при поддержке Уральского управления государственного автодорожного надзора (УУГАДН), ГИБДД ГУ МВД России по Свердловской области, филиала Ассоциации международных автомобильных перевозок (АСМАП) по УрФО, филиала Росавтотрас по УрФО. В настоящее время УЦПКРАТ проводит подготовку, переподготовку и повышение квалификации специалистов, участвующих в российских и международных перевозках, по 16 программам, в том числе повышение квалификации водителей. На сегодняшний день УГЛТУ является единственным образовательным учреждением в Свердловской области, готовящим на протяжении более 15 лет технических экспертов для пунктов технического осмотра.

Из выступления зам. министра внутренних дел Д.Ю. Миронова на заседании президиума Государственного совета – «Важно сформировать систему, которая обеспечила бы допуск к перевозкам пассажиров и грузов только водителей, обладающих соответствующей квалификацией. Фактически речь идет о создании нормативной основы и учебных центров, обеспечивающих подготовку, переподготовку и подтверждение профессиональной пригодности этой категории водителей».

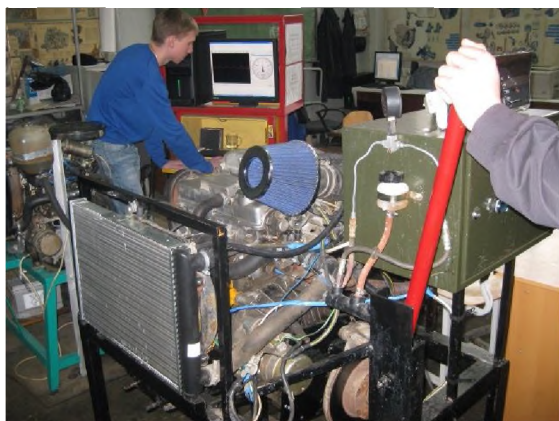


Рис. 1. СБТД-авто – это студенты, смотрящие в будущее



Рис. 2. Участие студентов УГЛТУ в соревнованиях внедорожников «Урал-Трофи» и конкурсе мастерства водителей магистральных автопоездов «АСМАП-ПРОФИ»

Все элементы дополнительного профессионального образования неразрывно и поэтапно увязаны с основным учебным процессом и построены по принципу возрастания квалификационных требований к специалисту более высокой квалификации.

Осуществление непрерывного профессионального обучения в тандеме с инженерной подготовкой существенно поднимает профессиональный уровень будущих специалистов, позволяет готовить специалистов более широкого профиля, что повышает их рейтинг и востребованность на рынке труда.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Выступление В.В. Путина в Государственной Думе с отчетом о деятельности Правительства Российской Федерации за 2011 год.
2. Федеральный закон от 10 декабря 1995 года № 196-ФЗ.
3. Usfeu.ru [Электронный ресурс].

УДК 378.147:811.111

*А. А. Прохорова*

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

## **МУЛЬТИЛИНГВАЛЬНАЯ КОМПЕТЕНЦИЯ КАК НЕОБХОДИМАЯ СОСТАВЛЯЮЩАЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ КОМПЕТЕНТНОСТИ**

В статье обосновывается необходимость внедрения в педагогическую практику неязыкового вуза новой по своему содержанию компетенции, названной мультилингвальной (многоязыковой), которая является важной составляющей профессиональной компетентности будущего специалиста противопожарной службы.

**Ключевые слова:** профессиональная компетентность, мультилингвальное обучение, мультикультурность.

*А. А. Prokhorova*

## **MULTILINGUAL COMPETENCE AS AN ESSENTIAL COMPONENT OF THE PROFESSIONAL EDUCATION**

The article substantiates the necessity of introducing the new component of the professional competence of the future fire safety specialist called multilingual (multilanguage) one into the pedagogical practices of the non-linguistic university.

**Keywords:** professional competence, multilingual education, multiculturalism.

Как известно, профессиональная компетентность специалиста определяется не только профессиональными базовыми знаниями и умениями, но и ценностными ориентациями, мотивами его деятельности, пониманием себя и окружающего мира, стилем взаимоотношений с людьми, его общей культурой, способностью к развитию своего творческого потенциала.

Работники МЧС, как и другие категории специалистов, понимают профессиональную компетентность как многофакторное явление, как свойство личност, характеризующее его стремление и способность (готовность) реализовать свой потенциал (знания, умения, опыт, личностные качества и др.) для успешной деятельности в области противопожарной безопасности и ликвидации катастроф.

Профессиональную компетентность можно рассматривать как совокупность следующих компонентов (компетенций) [6]:

Компетенции в общенаучной сфере:

– понимание значения общенаучного теоретического базиса для успешной творческой деятельности, возможности современных методов познания природы, стремление к обеспечению научного фундамента своих профессиональных действий;

– овладение целостным представлением о процессах и явлениях в неживой и живой природе, взаимодействии физических, химических и биологических процессов, об экологических принципах охраны и природы;

- знание методов математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования в физике, химии, экологии; владение современными информационными технологиями;

- способность раскрыть естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, проводить их качественно-количественный анализ; способность самостоятельно оценить достаточность своих общенаучных знаний и пополнять их.

## 2. Компетенции в сфере выполнения своих социальных функций:

- осознание значения своих социальных функций как гражданина своей страны, члена общества с позитивным отношением к своим общественным обязанностям;

- владение научным представлением о социальных явлениях, основных закономерностях и формах регуляции социального поведения, осведомленность о правах и свободах человека и гражданина, умение реализовывать их в различных жизненных ситуациях; владение способами приобретения, хранения и передачи социального опыта;

- умение обосновывать и выражать свою позицию по вопросам ценностного отношения к реалиям социальной и политической жизни; готовность к диалогу, сотрудничеству при выполнении своих социальных функций; способность к критическому переосмыслению своего социального опыта, освоению культуры социальных отношений.

Содержание вышеуказанной компетенции может быть значительно расширено, если отнести к сфере полномочий специалиста все вопросы социального взаимодействия (взаимоотношения с друзьями, семьей), а также то, что принято называть коммуникативными качествами: знание родного языка, речевого и поведенческого этикета, иностранного языка и т.д. Однако возможно выделение специальных полномочий в сфере общения, т.е. формирования отдельной коммуникативной компетенции, куда войдут знания родного и иностранного языков, деловой переписки, умение составить отчет, выступить с речью, владение современными средствами общения и т. п.

Среди ключевых компетенций специалиста особо выделяют иноязычную профессиональную компетенцию, зародившуюся в педагогической науке еще в прошлом столетии, которая является «системообразующей и стержневой для всех предметов и дисциплин, так как органично интегрирует в собственном развитии формирование всех остальных компетенций, являясь не только целью, но и средством эффективного развития личности в процессе иноязычного образования» [1].

В этой связи вводится новое понятие «многоязычная компетенция», которое определяется как владение системой лингвистических знаний, понимание механизмов функционирования языка и алгоритмов речевых действий, владение метакогнитивными стратегиями и развитой познавательной способностью [4].

Исследуя социальную функцию современного специалиста противопожарной службы, становится очевидно, что подготовка в вузе должна ориентировать будущих работников МЧС «на творческий характер предстоящей деятельности, умение свободно ориентироваться в информационном пространстве, владение методологией познания, саморазвития и эффективного общения, в том числе на международном уровне» [3].

Интересен опыт описания базовых компетенций, предпринятый методистами и тестерами Совета Европы, которые выделили следующие пять, необходимых любым специалистам компетенций [7]:

1. Политические и социальные компетенции, связанные со способностью брать на себя ответственность и участвовать в принятии решений.

2. Компетенции, касающиеся жизни в поликультурном обществе, призванные препятствовать возникновению ксенофобии, распространению климата нетерпимости, способствующие как пониманию различий, так и готовности жить с людьми других культур, национальностей, политических систем, религий и т.д.

3. Компетенции, обеспечивающие реализацию устного и письменного общения. К данной группе относится мультилингвальная компетенция (владение несколькими иностранными языками), как необходимая составляющая осуществления личных и профессиональных международных контактов и кросс-культурной кооперации.

4. Компетенции, связанные с возникновением общества информации. Владение новыми технологиями, понимание связанных с их использованием преимуществ и недостатков, способность критического отношения к распространяемым по каналам СМИ, а также в Интернете информации и рекламы.

5. Компетенции, реализующие способность и желание учиться всю жизнь, не только в профессиональном плане, но и в личной, а также в общественной жизни.

Опираясь на данные положения, можно сделать вывод о том, что выпускник вуза профессионально компетентен, если он владеет не только сугубо профессиональными компетенциями, но и формулами коммуникации как на родном, так и на иностранном языках, а также обладает рядом социокультурных компетенций.

Важным аспектом в осмыслении сущности мультилингвальной коммуникативной компетенции, а также ее места в общей профессиональной компетентности специалиста становится рассмотрение ее в качестве коммуникативной основы толерантного поведения, понимание ценностей как своей, так и иноязычной культуры, толерантного взаимодействия в различных жизненных ситуациях. Указанная компетенция представляет собой определенный уровень владения языковыми, речевыми и социокультурными знаниями, навыками и умениями, позволяющими обучаемому коммуникативно приемлемо и целесообразно варьировать свое речевое поведение в зависимости от функциональных факторов одноязычного или двуязычного общения, создающий основу для коммуникативного многокультурного развития [5].

Таким образом, подводя итог вышесказанному, необходимо отметить некоторые принципиально важные позиции.

Во-первых, мультилингвальная коммуникативная компетенция видится одной из ключевых компетенций, необходимых современному человеку независимо от рода деятельности.

Во-вторых, мультилингвальная коммуникативная компетенция может быть осмыслена как самостоятельный блок в структуре общей профессиональной компетентности: она позволяет специалисту использовать один иностранный язык (билингвизм) или несколько иностранных языков (мультилингвизм) как средство информационной деятельности, систематического пополнения своих профессиональных знаний, профессионального общения и профессиональной культуры в целом.

В-третьих, профессиональный билингвизм/мультилингвизм подразумевает реализацию принципов толерантного поведения во взаимодействии с представителями других стран, ориентацию на принятие многообразия культур мира, что способствует

сотрудничеству людей и достижению взаимопонимания между иноязычными коммуникантами при решении профессиональных задач.

Мультилингвальная коммуникативная компетенция связана с процессом формирования и воспитания поликультурных многоязычных кадров в пределах российских вузов, что также подтверждается в изысканиях Российской Московской школы управления «СКОЛКОВО» и Агентства стратегических инициатив, которые провели масштабное исследование «Форсайт Компетенций 2030» [2]. Свыше 2500 российских и международных экспертов приняли участие в выявлении востребованных профессии в 19 отраслях экономики. Эксперты обсуждали технологические изменения, социальные и экономические процессы, влияющие на структуру рабочих задач, и строили отраслевые «карты будущего», при помощи которых выявляли спрос на новые компетенции и выстраивали образ новых профессий. Результаты исследования были собраны в «Атлас новых профессий» (2014).

Среди надпрофессиональных навыков и умений, которые являются универсальными и важны для специалистов самых разных отраслей, овладение которыми позволяет работнику повысить эффективность профессиональной деятельности в своей отрасли, а также дает возможность переходить между отраслями, сохраняя свою востребованность, отмечаются, согласно «Атласу» [2], следующие:

Системное мышление (умение определять сложные системы и работать с ними. В том числе системная инженерия).

Навыки межотраслевой коммуникации (понимание технологий, процессов и рыночной ситуации в разных смежных и несмежных отраслях).

Умение управлять проектами и процессами.

Программирование ИТ-решений / Управление сложными автоматизированными комплексами / Работа с искусственным интеллектом.

Клиентоориентированность, умение работать с запросами потребителя.

Мультиязычность и мультикультурность (свободное владение английским и знание второго языка, понимание национального и культурного контекста стран-партнеров, понимание специфики работы в отраслях в других странах).

Умение работать с коллективами, группами и отдельными людьми. Работа в режиме высокой неопределенности и быстрой смены условий задач (умение быстро принимать решения, реагировать на изменение условий работы, умение распределять ресурсы и управлять своим временем).

Способность к художественному творчеству, наличие развитого эстетического вкуса.

Бережливое производство.

Также в «Атласе» представлен рекомендательный раздел по каждой отрасли, разъясняющий: какие вузы России дают базовую подготовку позволяющую через несколько лет оказаться в первом составе специалистов будущего; какие крупнейшие работодатели присутствуют на российском рынке в рассматриваемых отраслях, готовятся к внедрению новых технологий и, значит, уже сейчас определяют спрос на специалистов будущего; комментарии о рынке труда в отраслях.

Например, Ивановский государственный энергетический университет им. В.И. Ленина (ИГЭУ) вошёл в список вузов, дающих базовую подготовку в сфере «Электрогенерации и накопления энергии» по таким профессиям будущего как: менеджер по модернизации систем энергогенерации, разработчик систем микрогенерации, дизайнер носимых энергоустройств, метеоэнергетик, проектировщик энергонакопите-



лей, проектант систем рекуперации и других, и, следовательно, согласно «Атласу новых профессий» должен обеспечить формирование и развитие указанных в «Атласе» надпрофильных компетенций, в том числе «мультиязычную и мультикультурную».

Таким образом, мультилингвальная (мультиязычная) компетенция уже сегодня должна рассматриваться как ключевая компетенция, обеспечивающая успешную профессиональную деятельность будущего специалиста, и может быть внесена в современную классификацию профессиональных компетенций.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Аитов В.Ф.* Проблемно-проектный подход к формированию иноязычной профессиональной компетентности студентов (на примере неязыковых факультетов педагогических вузов: автореф. дис. ... д-ра пед. наук: 13.00.02 / В.Ф. Аитов. – Санкт Петербург, 2007. – С. 14-15.
2. Атлас новых профессий. Агентство стратегических инициатив, Московская школа управления «Сколково». – Москва, 2014. – 168 с. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.skolkovo.ru/public/media/documents/research/sedec/SKOLKOVO\\_SEDeC\\_Atlas.pdf](http://www.skolkovo.ru/public/media/documents/research/sedec/SKOLKOVO_SEDeC_Atlas.pdf).
3. Евдокимова М.Г. Система обучения иностранным языкам на основе информационно-коммуникационной технологии (технический вуз, английский язык): автореф. дис. ... д-ра пед. наук: 13.00.02 / М.Г. Евдокимова. – Москва, 2007. – 49 с.
4. Евдокимова Н.В. Концепция формирования многоязычной компетенции студентов неязыковых специальностей: диссертация ... доктора педагогических наук: 13.00.02 / Н.В. Евдокимова. – Ставрополь, 2009. – 504 с.
5. Сафонова В.В. Изучение языков международного общения в контексте диалога культуры и цивилизации / В.В. Сафонова. – Воронеж: Истоки, 1996. – 237 с.
6. Татур Ю.Г. Компетентность в структуре модели качества подготовки специалиста / Ю. Г. Татур // Высшее образование сегодня. – 2004. – №3. – С. 20-26.
7. A Common European Framework of Reference for Languages Learning, Teaching, Assessment. Language Policy Unit, Strasbourg, 2001. – Access mode: [http://www.coe.int/t/DG4/linguistic/Source/CECR\\_EN.pdf](http://www.coe.int/t/DG4/linguistic/Source/CECR_EN.pdf).

УДК 378.147

*А. А. Рыженко, Д. Аманкешулы, С. Е. Губенку*  
ФГБОУ ВО «Академия ГПС МЧС России»

#### **НОВАТОРСКИЕ ПРИНЦИПЫ ПОДГОТОВКИ АНАЛИТИКОВ ВЕДОМСТВЕННОЙ ОРГАНИЗАЦИИ**

Показатели многолетней статистики уровня подготовки обучаемых специалистов ведомственных организаций все чаще отклоняются в сторону обиходно-деловой формы общения, что существенно мешает в профессиональной деятельности. В исследованиях предлагается практико-ориентированный подход, основанный на классических способах подготовки логистов-аналитиков.

**Ключевые слова:** эксперты-аналитики, проблемы подготовки, новые методы, целевые деревья, кубические системы, неадаптивные системы, обратная связь.

*A. A. Ryzhenko, D. Amankeshula, S. E. Gubenku*

## INNOVATIVE PRINCIPLES TRAINING ANALYSTS OF DEPARTMENTAL ORGANIZATION

Indicators of long-term statistics level training of trained specialists of departmental organizations even more often deviate towards an everyday and business form communication that significantly disturbs in professional activity. In researches the practice-oriented approach based on classical methods training of logistics analysts is offered.

**Keywords:** experts-analysts, preparation problems, new methods, target trees, cubic systems, non-adaptive systems, feedback.

В настоящее время, в связи с множественными внешними и внутренними факторами складывается обстановка, когда подготовленных специалистов с достаточным опытом работы с каждым новым годом становится меньше, а подрастающее поколение еще не готово принимать сложные решения. Данный факт отмечен в тексте Указа Президента РФ № 643 от 01.12.2016 г. Также особо остро данная тенденция ощущается и в ведомственных организациях, где опыт является одним из наиважнейших факторов.

Дальнейший анализ выявил, что аналогичная ситуация наблюдается и в соседних республиках. Например, в Республике Молдова на текущий момент отсутствуют специализированные образовательные учреждения в области пожаротушения и/или гражданской защиты, что приводит к вынужденному отступлению от норм закона в части зачисления на службу. Согласно ст. 17 ФЗ-93 от 05.04.2007 г. на службу зачисляются на добровольной основе граждане Республики Молдова, достигшие 18-летнего возраста, годные по состоянию здоровья и имеющие необходимое для исполнения служебных обязанностей образование.

В системе подготовки кадров по аналогичному профилю Республики Казахстан имеется только первый шаг – уровень специалиста. Дальнейшую учебу, а также повышение квалификации необходимо проходить во внешних организациях.

В качестве выхода из данной ситуации в ведомственной системе пожарного профиля республик предложено готовить специалистов в образовательной среде РФ, таких как АГЗ МЧС России, АГПС МЧС России и т.д. На текущий момент заключено множество соглашений и договоров об организации совместной деятельности.

Тем не менее, существующая проблема разной профильности обучаемых, персонализации подготовки, а также различия в нормах и стандартах республик, накладывает ряд ограничений на образовательный процесс. В приведенных исследованиях предпринята попытка объединения, агрегирования и систематизации некоторых важных факторов, способствующих планомерной унификации процесса подготовки экспертов-аналитиков. На основе анализа существующих методик определены следующие принципы [1]:

- обратные задачи целевых деревьев;
- неадаптивные крупноблочные системы;
- кубическая система оценки обстановки;

– двусторонний анализ ситуаций.

Первый из представленных принципов основан на параллельном построении прямых и обратных целевых деревьев сценариев возможных решений поставленных проблемных задач (рис. 1). Особенностью построения является естественное формирование точек пересечений на стыке узлов деревьев в разные промежутки времени. Конструирование сценария решения проблемы на основе полученных точек позволяет построить логическую цепочку рассуждений, основываясь не только на итоговой цели, но и на фактических действиях.

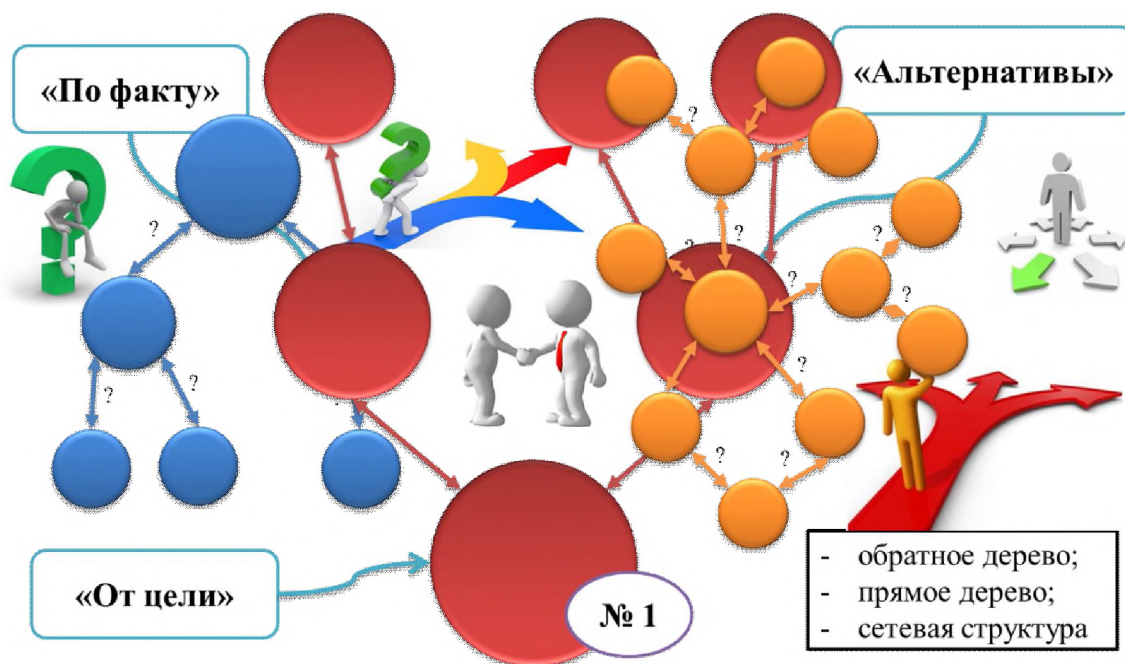


Рис. 1. Обратные задачи целевых деревьев

Данный принцип заложен в систему ФГОС четвертого поколения, основанный на гибкой системе компетенций, а также в основе методики построения сквозных деревьев проектов [2].

Второй из приведенных принципов основан на формировании неадаптивного ядра, позволяющего формировать вокруг себя пирамидальную адаптивную систему, способную изменяться произвольным образом под действием внешних и внутренних факторов (рис. 2). Особенностью принципа является концепция неразрушимого стержня, не позволяющего формировать новые конфигурации процесса обучения без учета заложенных основных [3].

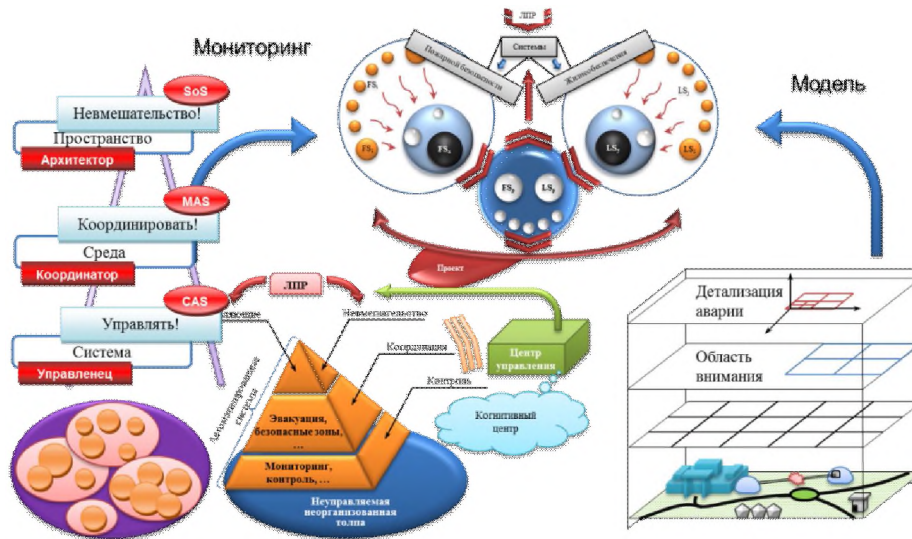


Рис. 2. Неадаптивные крупноблочные системы

Третий принцип позволяет производить мгновенную всестороннюю оценку обстановки без прямого влияния (рис. 3). Аналогичные системы используются на тактическом и стратегическом уровне при планировании [4].



Рис. 3. Кубические системы оценки обстановки

Четвертый принцип позволяет учесть возможную альтернативу обратной (негативной) стороны принимаемых решений. Используя принцип реверсивной когнитивной карты, обучаемый аналитик может оценить, как положительные, так и негативные результирующие стороны. Примером может служить идеология цифровых технологий, где пользователь видит только лицевую сторону в виде интерфейса, обратная сторона – программный код, предоставлена только ПК и программисту (рис. 4) [5].



Рис. 4. Двусторонний анализ ситуаций

Итоги последующего анализа выпуска предыдущего года показали, что обученные специалисты с учетом приведенных выше принципов лучше адаптируются к постоянно изменяющейся обстановке, получают больше информации более оперативно, умеют ставить цели и задачи, и решать их как в режиме ЧС, так и в мирное время. Дальнейшее развитие, а также объединение принципов в виде единой методики позволят лучше оценивать обучаемых в процессе подготовки необходимых компетенций, что способствует процессу подготовки и переквалификации в ведомственных организациях.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Рыженко А.А., Аманкешулы Д., Губенку С.Е. Моделирование системы этапной подготовки экспертов-аналитиков техносферной безопасности / Технологии техносферной безопасности: интернет-журнал. – 2016. - Выпуск № 6 (70). – 8 с. - Режим доступа: <http://ipb.mos.ru/ttb>
2. Рыженко А.А., Рыженко Н.Ю., Хабибуллин Р.Ш., Матвеев Н.А. Метод дифференцируемого сквозного проекта в системе обучения и подготовки кадров Академии ГПС МЧС России / Новые информационные технологии в образовании: материалы VII междунар. науч.-практ. конф., Екатеринбург, 11-14 марта 2014 г. / ФГАОУ ВПО «Рос. гос. проф.-пед. ун-т». Екатеринбург, 2014. – С. 268-270
3. Рыженко А.А. Неадаптивные системы поддержки управления корпоративной информационной средой МЧС России / Информатика, управление и системный анализ: Труды IV Всероссийской научной конференции молодых ученых с международным участием. – Т. II. – Тверь: Тверской государственный технический университет, 2016. – с. 161-169
4. Яковлев С.Ю., Рыженко А.А., Исакевич Н.В. Элементы И<sup>3</sup>-технологии оценки риска чрезвычайных ситуаций на опасных производственных объектах / Труды КНЦ РАН. 3/2010 (3). Информационные технологии. Выпуск I. Апатиты, 2010. – С.102-104.
5. Рыженко А.А., Рыженко Н.Ю. Моделирование инструментов системы координации информирования населения с использованием сообщений лент блогосферы / Сборник

материалов XXV Международной научно-практической конференции «Предупреждение. Спасение. Помощь», 19 марта 2015 года. – Химки: ФГБОУ ВПО АГЗ МЧС России. – Секция № 13. «Технологии информационной поддержки РСЧС и ГО» – 2015. – с. 17-23.

УДК 378.147

*Д. С. Салионов*

ФГБОУ ВО «Академия ГПС МЧС России»

## **РОЛЬ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ ДОЗНАВАТЕЛЕЙ НА РАБОЧЕМ МЕСТЕ**

Показана актуальность применения дистанционного обучения в подразделениях МЧС России, занимающихся расследованием пожара и удаленных от мест нахождения экспертных центров.

**Ключевые слова:** дистанционное обучение, расследование пожаров.

*D. S. Salionov*

## **ROLE OF DISTANCE EDUCATION INVESTIGATORS WORKPLACE**

Relevance application of distance learning in divisions of EMERCOM of Russia involved in investigation of fire remote from the locations of centers expertise.

**Keywords:** distance education, investigation of fires.

В настоящее время, ввиду реформ системы МЧС, происходит быстрая смена трудовых ресурсов. Специалисты, имеющие колоссальный опыт, доработав до пенсионного возраста, обязаны оставить свое рабочее место и уйти на заслуженный отдых. Тем временем как учебные заведения каждый год готовят огромное количество молодых специалистов, часть которых приступают к исполнению обязанностей на должностях, требующих багаж дополнительных знаний и опыта работы. Этим нарушается процесс воспитания и передачи опыта от сотрудников старшего поколения, что может негативно отразиться на обстановке с пожарами в нашей стране. К одним из таких относится должность специалиста по расследованию пожаров – дознаватель.

Расследование пожаров – одна из самых сложных и кропотливых работ по расследованию. Пожар может уничтожить все следы, как развития, так и следы возможного преступления, улики. Во время проведения дознания возникает огромное количество вопросов, на которые не всегда специалист может найти ответ самостоятельно на месте пожара, не имея нужного инструментария: как технического плана, так и интеллектуального. Значительную поддержку в этой области дознавателю может оказать специалист экспертной организации, который имеет достаточный опыт и в расследовании пожара и в экспертизе. Эксперт понимает хронологию и возможный ход развития пожара, что невозможно без определенного багажа знаний. Также он технически более подготовлен и имеет опыт в работе с приборами различной сложности.

Динамика пожаров на территории России показывает, что количество пожаров снижается на протяжении пяти лет: с 2011 г. по 2015 г. (рис. 1) [2].

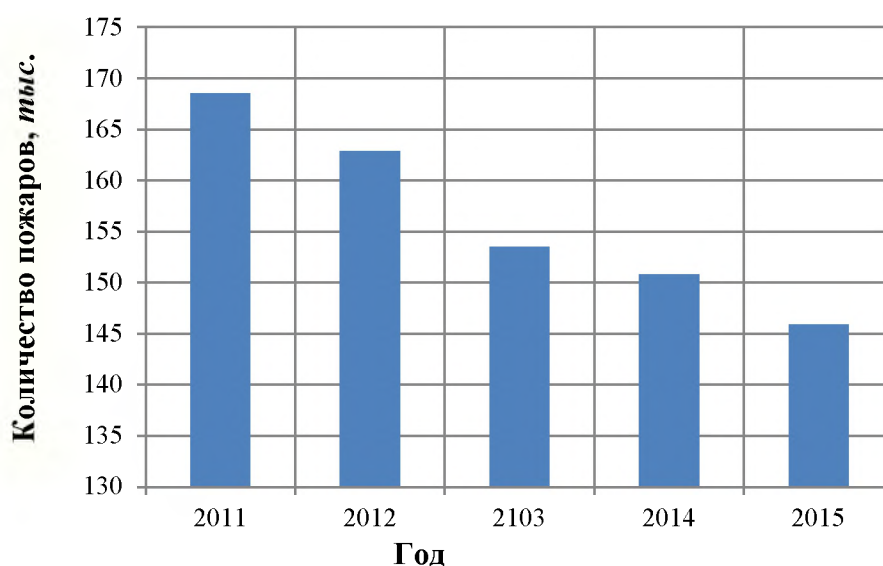


Рис. 1. Динамика пожаров 2011-2015 гг

На первый взгляд, пожарная ситуация имеет стабильную положительную тенденцию. Но если обратить внимание на ущерб в результате пожаров, то наблюдается обратное: с 2011 г. по 2013 г. наблюдается его снижение, в период с 2013 по 2015 год – снова увеличение, а в 2015 г. ущерб превысил цифру 2013 г. более чем на 3 млн руб. (с учетом инфляции) (рис. 2) [2].

Количество поджогов, нанесенного при этом материального ущерба и гибели людей в результате пожаров остаются практически неизменными: в 2011-2014 гг. ситуация только ухудшалась и в 2015 году значение приблизилось к показателям 2012 года. Данные по размеру ущерба колеблются из года в год, но значения остаются высокими, подобная ситуация складывается и с гибелью людей на пожарах, произошедших в результате поджогов (рис. 3) [2].

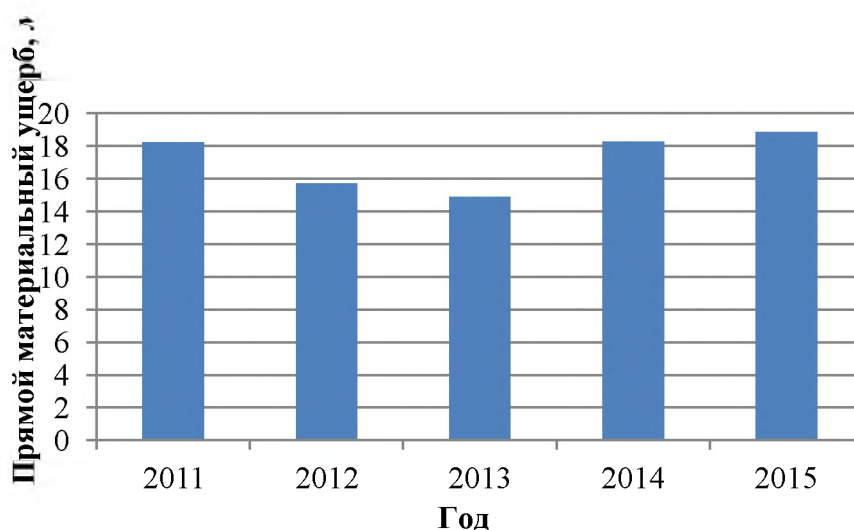


Рис. 2. Прямой материальный ущерб от пожаров, млн руб

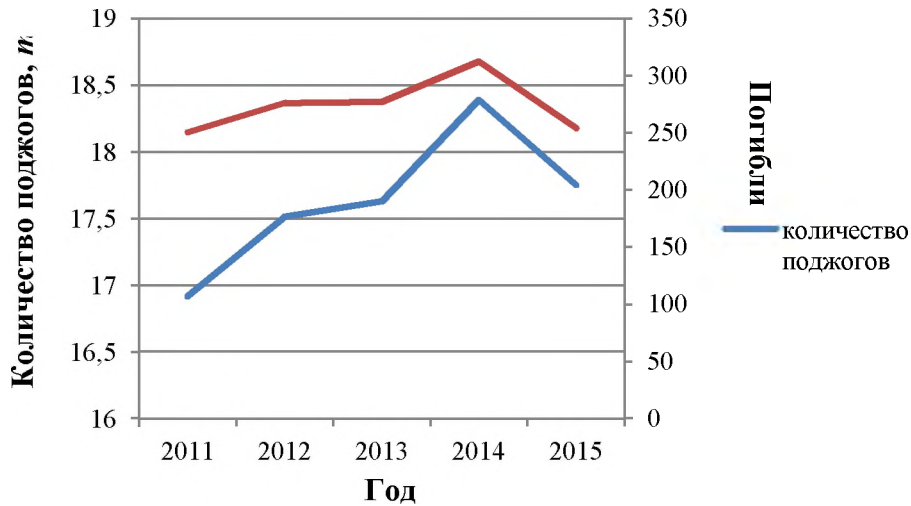


Рис. 3. Количество поджогов и погибших

Полученные данные позволяют сделать вывод о том, что положительная динамика в области расследования пожаров не прослеживается и требует дополнительного внимания и внедрения новых алгоритмов взаимодействия между специалистами.

Не для кого не секрет, что на сегодняшний день присутствует вид такого обучения как дистанционное. В данном случае это наиболее актуально с целью улучшения профессиональной подготовленности сотрудников. Особенно в дистанционном обучении и консультациях нуждаются дознаватели удаленных районов. Во всех региональных управлениях существуют сборы специалистов. Где-то проходят ежемесячно, а где-то еженедельно, но это крайне неудобно для районов, которые находятся на больших расстояниях. Обучение, которое длится два часа занимает в итоге целый рабочий день. То есть дознаватель должен оставить дела и рабочее место, а также район выезда без «прикрытия» и убыть к месту проведения занятий. Такие занятия необходимы, но целесообразно было бы проводить дистанционно, если специфика не требует личного присутствия, что позволит дознавателю получить необходимую информацию, а также на рабочем месте получить консультацию по интересующим вопросам. И, что немаловажно, при произошедшем пожаре, занятие можно будет приостановить или отложить на необходимое время.

Таким образом, можно утверждать, что все острее ощущается потребность в создании и внедрении методов и алгоритмов информационно-управленческой системы дистанционной поддержки при расследовании пожаров, без этого практически невозможно существенно повысить эффективность работы в целом.



УДК 378.14

*Д. Б. Самойлов, В. А. Комельков, Е. П. Коноваленко, Е. В. Карасев, Т. А. Мочалова, А. Х. Салихова, С. Н. Животягина, А. К. Кокурин*

ФГБОУ ВО «Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России»

**РАЗРАБОТКА ПОДХОДОВ К ОЦЕНКЕ СФОРМИРОВАННОСТИ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ КОМПЕТЕНЦИЙ В ОБЛАСТИ НАДЗОРНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРИ РЕАЛИЗАЦИИ ОСНОВНОЙ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ПО СПЕЦИАЛЬНОСТИ 20.05.01 «ПОЖАРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ»**

Определена актуальность, научная новизна и сформулированы этапы реализации работы по разработке инструмента оценки сформированности профессиональных компетенций в области надзорной деятельности при реализации основной профессиональной образовательной программы по специальности 20.05.01 «Пожарная безопасность» и созданию модульной структуры образовательного процесса, ориентированной на практическую деятельность осуществления функций государственного надзора, путем деления на блоки в зависимости от вида формируемых компетенций.

**Ключевые слова:** компетентностный подход, результаты образования, модульная структура образовательного процесса, надзорная деятельность, компетенции.

*D. B. Samoilov, V. A. Komelkov, E. P. Konovalenko, E. V. Karasev, T. A. Mochalova, A. H. Salikhova, S. N. Jivotjagina, A. N. Kokurin*

**THE DEVELOPMENT OF APPROACHES TO EVALUATION OF DEVELOPMENT OF PROFESSIONAL COMPETENCES IN THE FIELD OF OVERSIGHT ACTIVITIES IN THE IMPLEMENTATION OF THE BASIC PROFESSIONAL EDUCATIONAL PROGRAM IN THE SPECIALTY 20.05.01 «FIRE SAFETY»**

Defined the relevance, scientific novelty and articulated the stages of work on the development of a tool for assessing the development of professional competences in the field of oversight activities in the implementation of the basic professional educational program in the specialty 20.05.01 «Fire safety» and creation of the modular structure of educational process, oriented on practical activities to carry out the functions of state supervision, by dividing into blocks depending on the form of the formed competencies.

**Keywords:** competence approach, educational outcomes, modular structure of the educational process, oversight, competences.

Законодательство Российской Федерации о многоуровневых стандартах высшего образования [1] вводит новые для высшей школы результаты образования – компетенции, которые понимаются как «способность применять знания, умения и личностные качества для успешной деятельности в определенной области». Современные программы высшего образования наряду с традиционно серьезной фундамен-

тальной подготовкой должны быть нацелены на приобретение выпускником вуза профессиональных компетенций, способствующих более быстрому развитию профессионального мышления.

Введение новых стандартов в практику требует создания такого измерительного инструмента, который позволял бы оценить уровень сформированности компетенций обучающихся. Средства, используемые сегодня в рамках процедур оценки качества подготовки выпускников, позволяют измерять только знания и, в лучшем случае, академические умения, которые в новых документах рассматриваются не как конечные результаты образования, а лишь как средства формирования компетенций (промежуточные образовательные результаты).

Однако, по-прежнему остаются неясными методы и процедуры оценки компетенций, их привязка к дисциплинам учебного плана. Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования (далее – ФГОС ВО) затрагивает эти вопросы косвенно и не предлагает какого-либо конкретного инструмента. К сожалению, процесс внедрения компетентного подхода во многих образовательных программах зачастую сводится к привязке компетенций к дисциплинам, иногда без всякого логического обоснования.

Таким образом, одним из актуальных вопросов, связанных с введением в практику высшей школы ФГОС ВО нового поколения, представляется разработка подходов к оценке компетентных результатов образования, определенных стандартом: от общей концепции до конкретных измерительных инструментов, создание такого измерительного инструмента, который позволял бы оценить уровень сформированности компетенций обучающихся и выпускников [2].

В течение нескольких лет нами будет разработан инструмент оценки сформированности профессиональных компетенций в области надзорной деятельности при реализации основной профессиональной образовательной программы по специальности 20.05.01 «Пожарная безопасность» и создана модульная структура образовательного процесса, ориентированная на практическую деятельность осуществления функций государственного надзора, путем деления на блоки в зависимости от вида формируемых компетенций.

С этой целью предстоит:

- разработать бланк анкеты для опроса комплектующих органов о необходимых знаниях, умениях и навыках выпускника для формирования профессиональных компетенций при реализации образовательной программы и создания функциональной карты выпускника;
- по результатам анкетирования определить профессиональные функции и профессиональные модули для различных должностей органов надзорной деятельности;
- разработать функциональную карту выпускника в области надзорной деятельности, а также компетентностную карту выпускника;
- сформировать модули образовательного процесса и их содержание по специальности 20.05.01 «Пожарная безопасность».

Внедрение концептуальных основ формирования профессиональных компетенций выпускников в области надзорной деятельности позволит в интересах работодателя обеспечить выпускникам не только объем знаний, которые будущий сотрудник государственного пожарного надзора может транслировать, пересказывать, продемонстрировав при этом глубокое понимание теории, но и в первую очередь – его способность применить эти знания на практике. Исходя из вышеизложенного, акту-

альной задачей является также организация образовательного процесса с возможностью обучающимся получить опыт работы во время обучения в вузе и, тем самым, сформировать профессиональную компетентность. Модульная структура образовательного процесса, направленная на определенный вид профессиональной деятельности, позволит рациональному планированию образовательного процесса, таким образом, чтобы практическая часть стала основой приобретения профессиональных способностей и профессионального мышления. Это и будет способствовать достижению консенсуса между вузом и работодателем (комплектующим органом).

Под профессиональными способностями и профессиональным мышлением будущих специалистов государственного надзора в области пожарной безопасности нужно понимать: совокупность профессионально и личностно значимых качеств, технологическую грамотность, высокую степень адаптации к меняющимся условиям трудовой деятельности, правовая грамотность применения законодательства в сфере пожарной безопасности, законодательной и нормативной базы в сфере лицензирования деятельности противопожарного назначения, опыт использования государственных строительных норм в части, касающейся требований безопасности и защиты объектов, знания:

- конструктивных особенностей зданий и сооружений различного назначения;
- правил по охране труда;
- характеристик пожароопасных веществ, материалов, технологий производств;
- пожарного снаряжения и специального оборудования, которым оснащен пожарно-спасательные подразделения;
- технологий ликвидации пожаров в соответствии с их характеристиками и классификации;
- требования к установкам пенного, порошкового и других способов тушения пожаров;
- средств противопожарного водоснабжения [3].

Из этого следует, что для раскрытия качественных составляющих базовых компетенций и обладания ими обучающимся предлагается известная группа индикаторов: *знания, навыки, умения*. Каждый из индикаторов может оцениваться по нескольким уровням, например, пороговый, базовый, повышенный. Процесс оценки компетенций – это способ описания поведения человека по принципу «делает – не делает». Такой способ позволяет избежать субъективных оценок и догадок. Также, исходя из предположения, что способ мышления человека проявляется в его действиях, можно оценить, как думает человек, и предсказать, что он будет делать в различных ситуациях [2].

Оценка компетенций вне непосредственного процесса рабочей деятельности – пока новая задача. Возможность обучающимся получить опыт работы во время обучения в вузе и тем самым сформировать профессиональную компетентность очень ограничена. Следовательно, практическая часть учебного процесса, учебно-производственная практика становятся основой приобретения профессиональных способностей и профессионального мышления. Поэтому разрабатываемая нами модульная система образовательного процесса должна в конечном итоге сформировать блоки дисциплин таким образом, чтобы каждый этап был «закрит» практической деятельностью для оценки освоения компетенций.

Разработка концептуальных основ формирования профессиональных компетенций выпускника в области надзорной деятельности позволит повысить качество подготовки будущих специалистов подразделений территориальных органов МЧС России, осуществляющих федеральный государственный надзор за выполнением требований пожарной безопасности, надзор в области защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, в области гражданской обороны путем организации профессионально-направленного образовательного процесса. В ходе работы будут разработаны инструменты оценивания освоения профессиональных компетенций, составленные с учетом требований работодателей.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Приказ Министерства образования и науки РФ от 17 августа 2015 г. № 851 «Об утверждении федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по специальности 20.05.01 Пожарная безопасность (уровень специалитета)».
2. Грызлов В.С. Избранные труды. Научное издание. – Череповец: ЧГУ, 2013. – 350 с.
3. Приказ МЧС России от 30.11.2016 № 644 «Об утверждении Административного регламента МЧС России исполнения государственной функции по надзору за выполнением требований пожарной безопасности».

УДК 351.862.1

*Д. Б. Самойлов, С. Н. Коричев, А. О. Семенов*

ФГБОУ ВО «Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России»

### **МЕТОДИКА ОЦЕНКИ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ПОДГОТОВКИ РУКОВОДИТЕЛЕЙ ТЕРРИТОРИАЛЬНЫХ ПОЖАРНО-СПАСАТЕЛЬНЫХ ГАРНИЗОНОВ**

Все субъекты Российской Федерации обладают своими особенностями: климатическими, территориальными, социальными, экономическими и т.п. в связи с чем системы управления имея одни нормативные требования на практике существенно различаются. Так как количественный и качественный показатель сил и средств пожарно-спасательных гарнизонов напрямую связан с экономическим положением субъекта РФ, следовательно начальник территориального пожарно-спасательного гарнизона должен иметь возможность объективно оценивать систему управления подразделениями. В этих условиях возникает необходимость разработки методики оценки (создания) системы управления пожарно-спасательным гарнизоном. Применение данной методики позволит избежать неоправданных финансовых затрат в процессе функционирования и развития системы управления.

**Ключевые слова:** система управления, пожарно-спасательный гарнизон, методика оценки.

*D. B. Samoylov, S. N. Korichev, A. O. Semyonov*

## **METHODS OF EVALUATION OF A CONTROL SYSTEM OF TERRITORIAL FIRE AND RESCUE GARRISON**

All subjects of the Russian Federation have their own peculiarities: climatic, territorial, social, economic, etc. and therefore the control system with some regulatory requirements in practice vary considerably. Since the quantitative and qualitative indicators of forces and means of fire and rescue garrisons are directly linked to the economic situation of the subject of the Russian Federation, therefore the chief of the territorial fire-rescue garrison must be able to objectively evaluate the management system. In these circumstances, it is necessary to develop an assessment methodology a control system of fire-rescue garrison. Application of this method to avoid unnecessary financial costs in the operation and development of control systems.

**Keywords:** control system, fire and rescue, the garrison method of valuation.

На данный момент законодательством выстроена система управления силами и средствами тушения пожаров и проведения АСР на территории субъектов РФ, фундаментом которой являются пожарно-спасательные гарнизоны.

Одной из основных задач гарнизона является создание единой системы управления силами и средствами пожарно-спасательного гарнизона [2].

В условиях совершенствующегося законодательства на сегодняшний день эта задача получила более обширное значение:

– в связи с тем что, «при тушении пожаров и проведении аварийно-спасательных работ силами подразделений пожарной охраны, привлеченными силами и средствами единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций проводятся необходимые действия для обеспечения безопасности людей, спасения имущества» [1], система управления должна включать в себя и управление силами и средствами РСЧС которые в пожарно-спасательный гарнизон не входят;

– «информационное обеспечение деятельности пожарно-спасательных гарнизонов осуществляют соответствующие центры управления в кризисных ситуациях» [1], что ставит вопрос о порядке работы с местными пожарно-спасательными гарнизонами, и в том числе несколькими местными пожарно-спасательными гарнизонами одновременно;

– система управления непосредственно зависит от количества звеньев в цепи прохождения команд, но существующие условия не дают чётких требований создания местных пожарно-спасательных гарнизонов.

– управление силами и средствами на пожаре при работе нескольких караулов разных подразделений, также возложено на старшее должностное лицо местного (территориального) пожарно-спасательного гарнизона [3], одной из обязанностей руководителя тушения пожара (РТП) является организация связи в зоне пожара с участниками тушения пожара и привлеченными к тушению пожара и проведению аварийно-спасательных работ силами [1], что говорит о неразрывной связи технической стороны вопроса и единой системы управления в целом.

Все субъекты РФ обладают своими особенностями: климатическими, территориальными, социальными, экономическими и т.п. в связи с чем системы управления имея одни нормативные требования на практике существенно различаются. Так как

количественный и качественный показатель сил и средств пожарно-спасательных гарнизонов напрямую связан с экономическим положением субъекта РФ, то начальник территориального пожарно-спасательного гарнизона должен иметь возможность объективно оценивать систему управления подразделениями.

В этих условиях возникает необходимость разработки методики оценки (создания) системы управления пожарно-спасательным гарнизоном. Методика, являясь научным аргументом, должна оказать помощь начальнику территориального пожарно-спасательного гарнизона правильно расставить приоритеты руководства субъекта РФ с учётом всех особенностей территории.

Предмет исследования системы управления территориального пожарно-спасательного гарнизона составляют закономерности и принципы управления, системы, организационные формы и методы управления.

Эффективность управления силами и средствами зависит, прежде всего, от того, насколько структура системы управления силами и средствами на пожаре, организация и методы управленческой деятельности РТП соответствуют закономерностям, объективно действующим в сфере управления и определяющим его функционирование и развитие.

Познание закономерностей управления силами и средствами на пожаре является основой систематизации знаний об управлении, развития теории в этой области и выработки рекомендаций для практики тушения пожаров. На основе закономерностей вырабатывается методология исследования процессов управления, формулируются принципы управления, которые в виде правил и рекомендаций отражают отдельные стороны и требования этих законов [4,5,6,7].

В целях систематизации и унификации требований к организации управления пожарно-спасательными гарнизонами необходимо сформировать единую методику исследования оптимальной соотносительности всех элементов системы управления.

Исследование системы управления необходимо начинать с изучения территориального пожарно-спасательного гарнизона в целях построения структурной схемы его управления. Хотя элементы схемы и являются фактически стандартными для всех пожарно-спасательных гарнизонов, но характеристика их штатов, технических возможностей, территориального расположения являются особенными. Механизмы действия закономерностей, формы их проявления и практическое использование являются индивидуальными для субъектов ввиду их различий. В ходе составления структурной схемы управления гарнизоном, производится распределение всех управляющих элементов соответственно существующей иерархической структуре, и указываются все возможные варианты их взаимодействия. Соответственно объективное исследование гарнизона должно содержать все элементы системы, как управляющие, так и управляемые. Где главным звеном управления является начальник территориального пожарно-спасательного гарнизона, а конечным (управляемым) звеном – пожарный.

После составления структурной схемы системы управления территориальным пожарно-спасательным гарнизоном можно приступать к её оценке.

Оценка системы управления территориальным пожарно-спасательным гарнизоном заключается в установке его соответствия критериям эффективности.

Каждый критерий эффективности должен соответствовать цели и задачам, быть чувствительным к изменению исходных данных, достаточно простым (иметь явный физический смысл) и поддаваться численному выражению и расчету.

Единство и соподчиненность критериев эффективности находит выражение в стандартизации оперативных нормативов, т.е. тех численных значений критериев эффективности, которые требуется получить, чтобы поставленную цель считать достигнутой.

Таким образом, соблюдение требований единства и соподчиненности критериев эффективности (стандартизации оперативных нормативов) является в современных условиях одним из важнейших условий обеспечения высокого научного уровня управления силами и средствами на пожаре, а также при профессиональной подготовке руководителей гарнизонов [6,7,8].

Предлагаемые критерии оценки эффективности территориального пожарно-спасательного гарнизона:

- соблюдение принципа единоначалия;
- наличие всех управляющих элементов в исследуемой системе;
- оптимальное количество местных пожарно-спасательных гарнизонов;
- временные параметры прохождения команд и времени обратной реакции;
- временные параметры прибытия руководителей тушения пожара, оперативных групп гарнизонов всех уровней управления;
- автоматизация выезда подразделений;
- наличие различных видов связи, их состояние и практические возможности применения непосредственно на территории;
- организация контроля выполнения управляющих команд;
- устойчивость системы на всех уровнях;
- поддержка принятия решения (в т.ч. её автоматизация);
- возможность обработки определённого объёма информации;
- совместимость технических средств и управления силами и средствами на пожаре;
- соблюдение «нормы управляемости» т.е. наличие подсистем включающих в себя несколько элементов управления.

В целях определения численных значений критериев эффективности гарнизона необходимо провести исследование всех вышеуказанных критериев и на основании: статистических данных, исследований и практических опытов установить значения для каждого критерия.

Для достижения требуемой точности числового показателя критерия эффективности необходимо установить поправочные коэффициенты зависимости от значительности уровня системы (как пример: временные параметры прибытия руководителей тушения пожара).

Также следует определить для каждого критерия эффективности значения числовых показателей при управлении в состоянии покоя и в состоянии оперативных действий.

Оценка элементов управления в системе является составляющей оценки эффективности системы управления в целом, поэтому к ним также должен применяться числовой показатель эффективности, который должен учитывать уровень управления и характеристики подразделения как элемента управления.

Следующим этапом необходимо определить систему оценки (числовые интервалы) характеризующие критерий эффективности и элементы системы (удовлетворительно/неудовлетворительно).

Для систематизации и удобства работы необходимо составить оценочные таблицы с числовыми данными и поправочными коэффициентами. А также разработать оптимальные варианты (эталонные системы) организации элементов системы различных уровней.

В предлагаемой методике оценки (создания) системы управления территориальным пожарно-спасательным гарнизоном не рассматриваются вопросы: творческого процесса управления, организационных форм работы, методических приемов непосредственного решения задач управления, а также субъективных качеств должностных лиц органов управления, так как данные факторы обладают высоким уровнем непостоянства и влияют на систему не значительно.

Чем качественнее методический подход и выше научная обоснованность организации системы управления, тем эффективнее управление. Наличие методики позволит использовать её как инструмент анализа и поддержки принятия решения по совершенствованию системы, а также при организации и проведении служебной подготовки со средним и старшим начальствующим составом пожарно-спасательных подразделений.

Используя рассмотренные принципы системного и числового подхода можно создать программные продукты (компьютерные программы для ЭВМ) для повышения качества подготовки должностных лиц путем моделирования действий пожарно-спасательных подразделений при тушении пожаров и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций.

В заключение можно сказать, что качественно проведённые исследования по критериям эффективности систем управления позволят упростить работу по оценке этих систем, и как следствие создать эталонную систему управления.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Федеральный закон от 21 декабря 1994 г. N 69-ФЗ «О пожарной безопасности».
2. Приказ МЧС России от 05.05.2008 N 240 (ред. от 29.07.2014) «Об утверждении Порядка привлечения сил и средств подразделений пожарной охраны, гарнизонов пожарной охраны для тушения пожаров и проведения аварийно-спасательных работ».
3. Приказ МЧС России от 31 марта 2011 г. N 156 «Об утверждении порядка тушения пожаров подразделениями пожарной охраны».
4. Малый И.А., Потемкина О.В., Ермилов А.В. Методы развития профессионально значимых качеств у курсантов вуза МЧС России с применением программного обеспечения Современные наукоемкие технологии. Региональное приложение. 2016. № 1. С. 144-149.
5. Семенов А.О., Костылев Д.Н. Методика привлечения сил и средств на чрезвычайные ситуации, происходящие на химически опасных объектах. - Современные наукоемкие технологии. Вып. 4 (40). – 2014 г. С.128- 130.
6. Терещнев В.В., Богданов А.Е., Семенов А.О., Тараканов Д.В. Принятие решений при управлении силами и средствами на пожаре. – Екатеринбург: ООО «Издательство «Калан», 2012. – 100 с.
7. Терещнев В.В., Семенов А.О., Тараканов Д.В. Теоретические основы принятия решений при управлении силами и средствами на пожаре. – Пожаровзрывобезопасность. 2012. Т.21. №10. С.14-17.
8. Терещнев В.В., Семенов А.О., Смирнов В.А., Тараканов Д.В. Анализ и поддержка решений при тушении крупных пожаров. – Пожаровзрывобезопасность. 2010. Т. 19. №9. С.51-57.



УДК 378.147:331.101.1

*А. А. Сидоров*

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

## **АКТУАЛЬНОСТЬ ФОРМИРОВАНИЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ КОМПЕТЕНЦИЙ СТУДЕНТОВ**

В статье рассматриваются подходы к формированию профессиональных компетенций студентов, дается краткий обзор понятия компетенция.

**Ключевые слова:** профессиональные компетенции, инновационные технологии.

*A. A. Sidorov*

## **ACTUALITY OF FORMATION OF PROFESSIONAL COMPETENCIES OF STUDENTS**

The given article describes ways for developing professional competencies of students and short review of a competence are presented.

**Keywords:** professional competencies, innovation in education.

Современные тенденции модернизации системы высшего профессионального образования, направленные на совершенствование качества обучения будущих специалистов, обуславливают новое понимание содержания и результатов подготовки к эффективной производственной деятельности по созданию и реализации прогрессивных технологий.

Профессиональная подготовка в высших учебных заведениях – сложный и трудоемкий процесс. В период обучения студенты изучают специальные дисциплины, содержание которых направлено на достижение достаточного уровня подготовленности будущих специалистов к профессиональной деятельности.

Несмотря на то, что педагогической наукой накоплен обширный материал по совершенствованию качества профессионального обучения в высших учебных заведениях, названная проблема является малоисследованной.

Одним из эффективных методов повышения качества образования является моделирование.

На основании проработанных научных исследований скажем, что моделирование позволяет представить идеализированные, обобщенные характеристики личности студента, компетенций, профессиональной деятельности специалиста, процесса его формирования.

Рассматривая процесс моделирования профессиональных компетенций студентов, подчеркнем, что в настоящее время приоритетным направлением профессиональной подготовки в высшем учебном заведении является формирование компетентного, конкурентоспособного специалиста, реализующего себя в проектной, конструкторской, исследовательской, производственной деятельности.

Решение профессиональных задач может быть продуктивным только при сформированных профессиональных компетенциях. Они характеризуются совокупностью специальных знаний и умений, профессионально важных качеств личности специалиста.

В связи с этим роль профессиональных компетенций в деятельности будущих специалистов становится приоритетной.

Как известно, компетентность является одной из основополагающих целей современного образования, которая включает профессионализм, коммуникативные способности, самостоятельность, право и ответственность за принятие решений, владение навыками быстрой адаптации, профессиональной мобильности. Основные изменения в содержании профессионального образования следует направить на обеспечение готовности выпускников к самостоятельному и качественному решению профессиональных задач.

В обобщенном виде компетенции представляются как знания, умения, навыки, готовность, ценности, мотивированные способности, позволяющие выполнить конкретную профессиональную деятельность на высоком уровне. Следует заметить, что недостаток профессиональных компетенций проявляется на разных уровнях профессиональной деятельности.

В современной практике термин «профессиональная компетенция» чаще всего определяет способность субъекта профессиональной деятельности выполнять задачи с заданными стандартами.

Компетенция – это не только овладение знаниями и умениями, но и показатель имеющихся знаний личности и практического овладения этими знаниями в типичных и нестандартных ситуациях.

В связи с этим весьма актуальным становится применение инновационных технологий в процессе образования, развивающих у студента навыки разрешения профессиональных задач, природные способности и умения, переводя их в профессиональные компетенции.

Инновационные технологии в вузе, как отмечается в многочисленных исследованиях, это, прежде всего, условие повышения качества образования, а следовательно, возможность повысить конкурентоспособность конкретного вуза на рынке образовательных услуг.

На основании проработанных научных трудов отметим, что в отличие от традиционного обучения, которое занимается трансляцией принятых норм мышления и знания, применение инновационных технологий в процессе обучения направлено на формирование у студента таких качеств и умений, которые позволят ему создавать новые концептуальные проекты в любой области знаний.

Средствами повышения качества обучения в системе профессионального образования являются новые технологии и новые формы оценивания результатов, что приводит к подготовке качественного компетентного специалиста, полностью удовлетворяющего многоаспектные запросы общества, работодателя и возрастающие потребности самих людей.

Данная статья не исчерпывает всех вопросов, связанных с моделированием профессиональных компетенций студентов и требует дальнейшего совершенствования.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Приходько, В.* Центр инноваций в инженерном образовании. Высшее образование в России. – 2002. – №6. – С. 143-147.
2. *Чистикова, В.М.* Интегративно-модульная технология непрерывной профессиональной подготовки специалистов технического профиля. Инновации в образовании. – 2008. – №2. – С. 48-53.
3. *Якупова, А.Р.* Компетентностная модель специалиста технического профиля. Высшее образование сегодня. – 2009. – №6. – С. 36-39.

УДК 7967012.68

*Г. П. Соколов, А. А. Сорокин, Д. С. Белов*

ФГБОУ ВО «Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России»

### **РОЛЬ ФИЗИЧЕСКОЙ КУЛЬТУРЫ В ЖИЗНИ СТУДЕНТА ИПСА ГПС МЧС РОССИИ**

В данной статье описывается роль физической культуры в жизни студента. Показывается необходимость занятий физической культурой в свободное время.

**Ключевые слова:** Физическая культура, физическое воспитание, здоровье, физические качества, двигательная активность, ЗОЖ, спорт.

*G. P. Sokolov, A. A. Sorokin, D. S. Belov*

### **THE ROLE OF PHYSICAL CULTURE IN THE LIFE OF THE STUDENT OF IPSA The State Fire Service of the Ministry of Emergency Measures of Russia**

This article describes the role of physical culture in a student's life. The need for physical training in their spare time is shown.

**Keywords:** Physical culture, physical education, health, physical qualities, motor activity, HLS, sport.

Ивановская пожарно-спасательная Академия МЧС России готовит одних из самых выносливых работников в сфере МЧС России. Так же наш ВУЗ славится прекрасными спортивными командами по таким видам спорта, как: хоккей и пожарно-прикладной спорт.

Но все успехи человека зависят от него самого. Что нужно для того, чтобы быть здоровым и подтянутым? Конечно, нужно начинать с малого, то есть с утренней зарядки. Что же такая зарядка? Зарядка - одна из форм гигиенической гимнастики, применяемой с целью повышения жизнедеятельности организма.

Ну, а если говорить о более масштабных способах укрепления здоровья, то конечно это физическая культура.

Физическая культура — сфера социальной деятельности, направленная на сохранение и укрепление здоровья, развитие психофизических способностей человека в

процессе осознанной двигательной активности. Это часть культуры, представляющая собой совокупность ценностей и знаний, создаваемых и используемых обществом в целях физического и интеллектуального развития способностей человека, совершенствования его двигательной активности и формирования здорового образа жизни, социальной адаптации путём физического воспитания, физической подготовки и физического развития.

Физическая культура - это особый род деятельности, результаты которой полезны для общества и человек, так же это эффективный способ повышения работоспособности студента.

Но физическая культура и развитие спортивных навыков студентов не возможна без физического воспитания.

Физическое воспитание – это педагогический процесс, направленный на совершенствование формы и функций организма человека, формирования двигательных умений, навыков, связанных с ними знаний и развития физических качеств. Физическое воспитание – неотъемлемая часть учебно-воспитательного процесса. Главной целью физического воспитания – это укрепление здоровья, а уже потом достижение каких-либо высоких результатов.

Так же физическая культура очень тесно связана со здоровьем человека.

Здоровье – состояние любого живого организма, при котором он в целом и все его органы способны полностью выполнять свои функции, т.е. отсутствие каких-либо недугов.

В данный момент связь физической культуры и здоровья, работоспособности и производительности труда ощущается особенно ясно.

Главной задачей преподавателей физического воспитания является специфика труда. Объектом деятельности педагога служит личность студента.

В нашей академии каждый обучающийся должен систематически посещать учебные занятия в дни и часы, предусмотренные учебным расписанием.

Для более активного привлечения студентов в наш ВУЗ у нас существует полностью оборудованный манеж (который включает в себя стометровую полосу с препятствиями и учебную башню), борцовский зал, стадион и спортивный инвентарь(мячи, гантели, скакалки, маты).

Для успешной работы каждый педагог должен:

- знать материал преподаваемой дисциплины в объеме программных требований
- владеть методикой подготовки и проведения практических занятий
- четко, ясно и грамотно излагать мысли
- проводить консультации в пределах курса практических занятий
- с пониманием относиться к каждому студенту и особенностям его организма.

Для более успешного развития своих физических способностей студент должен включить все составляющие физкультуры в свой повседневный образ жизни. Это значит, что он должен регулярно делать утреннюю зарядку, посещать какие-либо спортивные секции или ходить в тренажерный зал, выходить на пробежку, постоянно следить за своим здоровьем, весом и питанием.

На мой взгляд физическая культура развивает не только физические, но и личные качества человека. Например, в каждом ВУЗЕ проводятся спортивные игры, которые способствует студентов слаженно работать в команде, но ведь всегда выигрывать невозможно, а это значит, что так же мы учимся достойно переносить проигры-

ши. Ну и еще ВУЗы могут организовывать какие-либо соревнования, например, в других городах это может научить студентов самостоятельности.

Ну и конечно занятия спортом очень хорошо влияют на весь наш организм:

**Сердечно-сосудистая система.** Частота сердечных сокращений у нетренированного взрослого человека в покое обычно составляет 72-84 в минуту, для сердца же тренированного спортсмена в покое характерна брадикардия, т.е. частота сокращений ниже 60 ударов в минуту (иногда до 36-38). Такой режим работы более выгоден для сердца, так как увеличивается время отдыха (диастола), во время которого оно получает обогащенную кислородом артериальную кровь.

**Система дыхания.** Физические нагрузки увеличивают число альвеол в легких, совершенствуя дыхательный аппарат и увеличивая его резервы. Установлено, что у спортсменов количество альвеол и альвеолярных ходов увеличено на 15-20 % по сравнению с таковыми у не занимающихся спортом. Это значительный анатомический и функциональный резерв.

**Мышцы.** В различных видах спорта нагрузка на мышцы различна как по интенсивности, так и по объему, в ней могут преобладать статистические или динамические элементы. Она может быть связана с медленными или быстрыми движениями. В связи с этим и изменения, происходящие в мышцах, будут неодинаковы.

Как известно, спортивная тренировка увеличивает силу мышц, эластичность, характер проявления силы и другие их функциональные качества. Чем лучше работают твои органы, тем дольше ты проживешь, так значит, что физическая культура способна продлить нам жизнь. Каждый может сам выбрать себе каким видом спорта заниматься, но не у всех есть возможность, так как это затраты и время. ВУЗы нам в этом помогают, либо это пары физической культуры, в некоторых ВУЗах существуют даже сборы для спортсменов, например, в нашем, я думаю, что это очень хорошая тенденция развития спортсменов. В заключении хотелось бы сказать, что физическая культура важна в жизни каждого человека, а не только студентов. Я думаю, что каждый человек обязан следить не только за своим здоровьем, но и за здоровьем своих детей и близких, стараться больше заниматься спортом, выходить на пробежки или хотя бы просто на прогулки. Меня радует, что сейчас очень пропагандируется здоровый образ жизни, что сейчас стало модным не пить, не курить, а заниматься спортом.

Всё большую популярность набирают какие-либо спортивные движения, думаю, что всё это начинается с малого. ВУЗ играет огромную роль в физическом воспитании молодых людей.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Беляничева, В.В.* «Формирование мотивации занятий физической культурой у студентов». / Физическая культура и спорт: интеграция науки и практики – Саратов, 2009.
2. *Ильинич, В.И.* «Профессионально-прикладная физическая подготовка». – Изд. Москва: Высшая школа. – 1978.
3. *Космолинский, Ф.П.* «Физическая культура и работоспособность» – М. 1983.
4. *Пономаренко, А.А.* Теоретические основы исследования учебной мотивации студентов / А. А. Пономаренко, В. А. Ченобытов // Молодой ученый. – 2013. – №1. – С. 356-358.
5. *Сорокин, А.А.* Мотивирование студентов Ивановской пожарно-спасательной академии к занятиям спортом / А. А. Сорокин, Г. П. Соколов, П. В. Чистов // Педагогический опыт: теория, методика, практика : материалы X Междунар. науч.-практ. конф. – Чебоксары: ЦНС «Интерактив плюс», 2017. – № 1 (10). – С. 283-285.

6. Сорокин, А.А. Цель, задачи и принципы спортивной тренировки / А.А. Сорокин, П.В. Чистов, Г.П. Соколов // Педагогический опыт: теория, методика, практика. – 2015. Т. 2. – № 3 (4). – 278 с. – С. 270-275.

УДК 7967012.68

*А. А. Сорокин, Е. В. Ишухина, А. Ю. Тютюкина*

ФГБОУ ВО «Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России»

## **СПОСОБЫ МОТИВАЦИИ СТУДЕНТОВ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ МЧС РОССИИ К СИСТЕМАТИЧЕСКИМ ЗАНЯТИЯМ ФИЗИЧЕСКОЙ КУЛЬТУРОЙ И СПОРТОМ**

В данной статье описываются различные мотивации и методы воздействия на обучающихся, для их занятий физической культурой и спортом в свободное время. Показывается необходимость индивидуального подхода к каждому занимающемуся, для достижения им более высоких осознанных результатов. Так же разбирается необходимый комплекс занятий, для тех, кто не может справиться с нормативами.

**Ключевые слова:** Методы воздействия, мотивы, мотивация, обучающиеся пожарно-технических профилей, укрепление здоровья, тренировки, улучшение показателей, занятия физической культурой и спортом.

*А. А. Sorokin , E. V. Ishuhina, A. Yu. Tyutyukina*

## **METHODS OF MOTIVATION OF STUDENTS OF EDUCATIONAL ORGANIZATIONS OF HIGHER EDUCATION OF RUSSIA EMERGENCY TO SYSTEMATIC ACTIVITIES WITH PHYSICAL CULTURE AND SPORTS**

This article describes various motivations and methods for influencing students, for their physical training and sports in their spare time. The need for an individual approach to each practitioner is shown, to achieve higher realized results. It also understands the necessary complex of activities for those who can not cope with the standards.

**Keywords:** Methods of influence, motives, motivation, trained fire-technical profiles, health promotion, training, improving performance, physical training and sports.

Для образовательных организаций МЧС России занятия физической культурой являются важнейшим средством развития физических качеств, воспитания в обучающихся основных ценностей и принципов здорового образа жизни, формирование культуры межличностных отношений и гармоничное развитие личности.

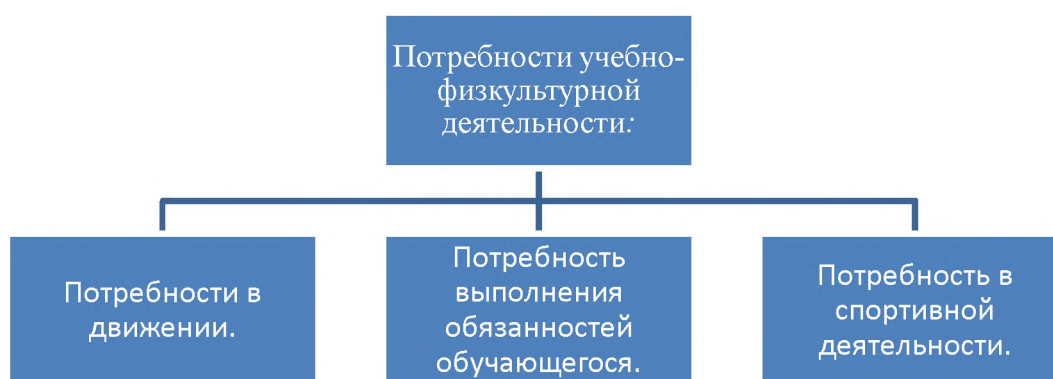
У всех людей потребность в движении выражена по-разному. Это зависит и от генетических, и от социальных факторов. Так, суточная активность разных обучающихся может отличаться в два-три раза в связи с генетически предопределенной потребностью в активности и зависит от привычек и образа жизни человека.

Для продуктивной деятельности и достижения результатов, необходима мотивация. Область мотивации деятельности человека включает в себя все виды побуждений – мотивы, потребности, идеалы, стремления, цели, установки и т.д.

Главное в обучении это следование принципу сознательности. Овладение системой знаний студентами, помогает им самостоятельно использовать средства физической культуры для собственного самосовершенствования в свободное время.

Мотивация – с одной стороны, это желание к определенной деятельности, с другой, потребность к осуществлению данного вида деятельности. Наличие этих двух составляющих может привести к формированию устойчивой мотивации, которая будет побуждать человека к дальнейшим действиям.

Мотивация человека к занятиям физической культуры содержит в себе ряд потребностей, такие как (рис. 1).



**Рис. 1.** Потребности учебно-физкультурной деятельности

Но стоит сказать, что большинство занимающихся физической культурой мотивированы на укрепление здоровья, получение удовольствия от занятий (приятное времяпрепровождение), приобретения красивого тела, повышение самооценки.

Способы мотивации весьма различны и имеют множество подходов. Все они вытекают из мотивов, которые отвечают на важный вопрос «Зачем студент вообще занимается спортом и физической культурой?»

Мотивы, которые сподвигают заниматься спортом людей:

1. Оздоровительные мотивы. Обещают при занятиях спортом укрепление здоровья и профилактика заболеваний.

2. Соревновательно-конкурентные мотивы. Данный вид мотивации основывается на стремлении человека улучшить собственные спортивные достижения и показать (доказать) свои способности окружающим.

3. Эстетические мотивы. Данная мотивация обещает улучшение физической формы, внешнего вида и впечатления, производимого на окружающих. У женщин и мужчин эти идеалы представлены по-разному.

4. Творческие мотивы. Занятия физической культурой и спортом дают возможности для развития и воспитания в обучающихся творческой личности.

5. Профессионально-ориентированные мотивы. В данной мотивации происходит представление и стремление к приобретению важных качеств необходимых в их дальнейшей профессиональной деятельности.

Эти мотивы должны быть в полной мере реализованы на занятиях физической культурой. Так как в период трудовой деятельности после окончания ВУЗа физическое воспитание становится самостоятельным, поэтому важно в процессе обучения получить все необходимые навыки и знания, как практические, так и теоретические.

В образовательных организациях МЧС России огромную роль играет быстрота, поэтому большая часть тренировок направлена на развитие быстроты и координации, в том числе и бег 2 и 3 тысячи метров. Многие обучающиеся выполняют этот норматив неудовлетворительно. Поэтому преподаватели заранее предупреждают о необходимости самостоятельных занятий к бегу и привести свой организм в форму. Это способствует тому, чтобы мышцы и дыхательная система постепенно адаптировалась к задаваемой нагрузке и, тем самым, обучающийся не испытывал утомление во время выполнения норматива. Если обучающийся не выполняет какой-либо норматив, он начинает посещать дополнительные занятия после своих основных пар. В это время он продолжает тренироваться для выполнения текущей программы. Преподаватель может увеличить или уменьшить время тренировки, если увидит улучшение показателей и продуктивности дополнительных занятий.

Не справляющиеся с программой студенты и курсанты остаются на дополнительные занятия. Их задача пробежать дистанцию не останавливаясь и не переходя на шаг. Важно, чтобы сначала организм привык пробегать такую дистанцию не зависимо от времени. В ходе тренировок легкие и мышцы занимающегося привыкают к нагрузке, постепенное и регулярные тренировки способствуют улучшению показателей.

Так же при мотивации студентов следует учитывать индивидуальные возможности и предпочтения в выборе вида деятельности. Поэтому следует разнообразить занятия, включая в них игровые и соревновательные методы.

Но все равно, основной задачей преподавателя, является донести важность оздоровительной мотивации, так как это ведет к заботе о собственном физическом состоянии и ведении здорового образа жизни.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Беляничева, В. В.* «Формирование мотивации занятий физической культурой у студентов» / Физическая культура и спорт: интеграция науки и практики – Саратов, 2009.
2. *Пономаренко, А. А.* Теоретические основы исследования учебной мотивации студентов / А. А. Пономаренко, В. А. Ченобытов // Молодой ученый. – 2013. – №1. – С. 356-358.
3. *Сорокин, А. А.* Мотивирование студентов Ивановской пожарно-спасательной академии к занятиям спортом / А. А. Сорокин, Г. П. Соколов, П. В. Чистов // Педагогический опыт: теория, методика, практика : материалы X Междунар. науч.-практ. конф. – Чебоксары: ЦНС «Интерактив плюс», 2017. – № 1 (10). – С. 283-285.
4. *Сорокин, А.А.* Цель, задачи и принципы спортивной тренировки / А.А. Сорокин, П.В. Чистов, Г.П. Соколов // Педагогический опыт: теория, методика, практика. – 2015. Т. 2. – № 3 (4). – 278 с. – С. 270-275.



УДК 37.01(075.8)

*Т. Ю. Степанова*

ФГБОУ ВО «Ивановский государственный химико-технологический университет»

## **РОЛЬ ИНТЕРАКТИВНОГО ОБУЧЕНИЯ ПРИ ИЗУЧЕНИИ КУРСА «ПРИКЛАДНАЯ МЕХАНИКА»**

Установлена эффективность интерактивной игры на процесс изучения прикладной механики. При активном обучении рейтинг по предмету у студентов второго курса увеличился на 30%.

**Ключевые слова:** интерактивная игра, игровая модель, учебная дискуссия, лекция.

*T. Yu. Stepanova*

## **THE ROLE OF INTERACTIVE TRAINING IN STUDYING THE COURSE «APPLIED MECHANICS»**

The effectiveness of an interactive game on the process of studying applied mechanics is established. With active training, the subject rating of second-year students increased by 30%.

**Keywords:** interactive game, game model, educational discussion, lecture.

Многолетняя практика показывает, что обучение с помощью традиционных методов не позволяет развить базовые компетентности по учебной дисциплине «Прикладная механика», поэтому нужна перестройка учебного процесса.

Программа курса «Прикладная механика» должна быть сбалансирована и разумно сочетать интерактивные технологии, активизирующие учебный процесс.

Интерактивные технологии можно применять для диагностики знаний перед началом учебного процесса, во время занятий для проверки усвоения теоретического материала и после курса – для отработки практических умений и навыков.

Интерактивные технологии способствуют:

- приобретению опыта межличностного и группового взаимодействия для коллективного принятия решения и осуществления сотрудничества;
- успешному применению знаний по прикладной механике;
- оказанию помощи студентам в закреплении и освоении базовых знаний по механике.

Установлено, что на лекциях студенты усваивают не более 20 % материала, при дискуссии – 75 %, а при игре – до 90 % [1, 2].

В настоящее время наиболее актуальными формами обучения являются две модели: учебная дискуссия и игровая модель. В основе их заложена организация деятельности студентов по поиску решений, организация проведения межгрупповых соревнований по прикладной механике.

При активном обучении студенты разбиваются на небольшие группы для работы над заданием, потом сравниваются результаты на межгрупповом пленуме.

В ходе диалога происходит обсуждение решений поставленных задач, и все студенты принимают активное участие в диалоге с преподавателем.

Именно в диалоге студенты взаимно общаются и с преподавателем и друг с другом. Партнерские взаимоотношения между обучаемыми и обучающего, открытость и реализация интересов поддерживаются в процессе интерактивной игры и требуют единого понимания проблемы и разговора на «одном языке».

Интерактивная игра позволяет не только повысить знания студентов по прикладной механике, но и осуществить «обратную связь» между преподавателем и обучающимися для взаимопонимания и коррекции учебного процесса.

На игре и при анализе решений задач знания не даются, а студенты побуждаются к самостоятельному поиску информации.

При интерактивном обучении меняется роль самого преподавателя. Он является организатором игры, создает условия для поиска решений конкретных задач по прикладной механике, устанавливает обратную связь со студентами. Такое обучение предполагает познавательную, внутригрупповую и межгрупповую активность.

Перед интерактивной игрой преподаватель проводит инструктаж к заданиям, объясняет обучаемым, что от членов групп требуется при выполнении заданий.

Перед решением задач участники игры получают теоретическую информацию относительно способов решения заданий по прикладной механике. Успех студентов определяется их способностью использовать в игре полученные знания. Для того чтобы в большей степени приблизить игру к соревнованию, добавляют элемент срочности, в задание включают факторы, требующие решения за определенное время.

Такая методика обучения состоит из трех этапов.

Первый этап. Коллектив студентов делится на группы, и каждая группа получает комплект заданий по прикладной механике. После инструктажа о целях и заданиях определяется регламент работы команд, то есть время выполнения заданий. Группа студентов сначала разбирается с заданиями, а затем распределяет их между исполнителями.

Второй этап. На основании информации, полученной от каждого члена группы, делаются выводы, и принимается ряд решений.

Третий этап. Обсуждение решений задания и принятие ответов.

В заключении проводится обсуждение решений задач, рассматриваются ошибки, допущенные при выполнении задания, определяются победители.

Данная технология обучения «Папка» направлена на эффективное изучение прикладной механики, позволяющая повысить рейтинг обучаемых на 30%.

Метод «Папка» имеет свои ограничения, так как предназначен для групповой работы. Преподавателю при выборе заданий по прикладной механике необходимо учитывать наличие у студентов знаний по разделам курса. Каждое задание должно быть связано с одной из частей изучаемой программы или с конкретной темой обучения.

Эффективность интерактивной технологии снижается из-за плохо подобранных в папку заданий. Интерес студентов к такой технологии снижается, когда им приходится решать задания повышенной сложности, к которым они не готовы.

Подготовить студентов к интерактивной игре поможет тестирование по разделам прикладной механики, которое покажет уровень подготовки студентов. Тогда и преподавателю легче будет формировать папку заданий, и соответственно теоретически подготовить обучаемых к интерактивной игре.

Однако не смотря на эффективность обучения интерактивные технологии еще не получили широкого распространения. Преподавателям необходимо овладеть интенсивными интерактивными технологиями обучения, потому что они развивают базовые компетентности студента, создают предпосылки для внедрения в реальную практику освоенные умения и навыки.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Панфилова, А. П.* Инновационные педагогические технологии: Активное обучение: учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / А.П.Панфилова. – М.: Издательский центр «Академия», 2009. – 192 с.
2. *Бурнард, Ф.* Тренинг межличностного взаимодействия: пер. с англ. - СПб., 2002. 160 с.
3. *Стивен, П. Роббинз.* Основы организационного поведения: пер. с англ. – 8-е изд. – М., 2006. – 80 с.
4. *Стимсон, Н.* Подготовка и представление тренинговых материалов: пер. с англ. – СПб., 2002. – 146 с.
5. *Томилов, В. В.* Культура предпринимательства: деловые игры, практикумы, ситуации. – СПб., 2001. – 180 с.
6. *Торн К., Маккей Д.* Полное руководство по тренингу: пер. с англ. - М., 2002. 202 с.
7. *Олегов, Ю.Г.* Управление персоналом. Практикум: ролевые и деловые игры / Ю. Г. Олегов, Т. В. Никонова, Д. К. Балаханова; под ред. М. Н. Кулапова. – М., 2003. – 144 с.
8. *Фи К.* Технологии обучения менеджеров. Где, когда и как использовать: пер. с англ. – М., 2006. – 98 с.
9. *Фопель К.* Психологические группы: рабочие материалы для ведущего: практическое пособие: пер. с нем. - 5-е изд. – М., 2004. – 186 с.

УДК 796/07

*А. А. Сухов, Д. Н. Шалявин, С. Г. Казанцев, М. Ю. Легошин*  
ФГБОУ ВО «Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России»

#### **СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДИКИ РАЗВИТИЯ СКОРОСТНЫХ И СКОРОСТНО–СИЛОВЫХ СПОСОБНОСТЕЙ СПОРТСМЕНОВ СБОРНОЙ КОМАНДЫ ФГБОУ ВО ИПСА ГПС МЧС РОССИИ ПО ПОЖАРНО-СПАСАТЕЛЬНОМУ СПОРТУ**

Предложена методика подготовки спортсменов пожарно-спасательного спорта средствами легкой атлетики.

**Ключевые слова:** развитие скорости, легкая атлетика, пожарно-спасательный спорт.

*A. A. Suhov, D. N. Shalyavin, S. G. Kazantsev, M.Y. Legoshin*

## **IMPROVING THE METHODS OF DEVELOPMENT OF HIGH-SPEED AND SPEED-STRENGTH ABILITIES OF THE ATHLETES OF THE NATIONAL TEAM OF THE IASA STATE FIRE SERVICE OF EMERCOM OF RUSSIA ON FIRE-RESCUE SPORT**

The technique of preparation of sportsmen of fire and rescue sport by means of athletics.

**Keywords:** development speed, athletics, fire and rescue sport.

Легкоатлетический спринт в подготовке спортсменов пожарных имеет одну из ключевых ролей. В процессе подготовки спортсменов сборной команды Ивановской пожарно-спасательной академии по пожарно-спасательному спорту повышению спринтерских результатов уделяется очень большое внимание. Динамика движения спортсмена по 100-метровой полосе с препятствиями находится в прямой зависимости от темпов набора и сохранения движения до пересечения линии финиша. Вместе с этим, при преодолении препятствий происходит снижение скорости движения. Это снижение удастся компенсировать только набором скорости на прямых участках движения. 100-метровая полоса с препятствиями требует от спортсмена очень высокой концентрации на отдельных элементах, сил и внимания. Ведь для того, чтобы успешно ее преодолевать, необходимо обладать скоростью спринтера и ловкостью гимнаста. Если мы проанализируем данную дистанцию по времени преодоления препятствий, то увидим, что 100-метровка проходит очень динамично: лучшие спортсмены показывают результаты выполнения упражнения ниже 16 секунд. Для примера, по этим показателям они достаточно близко приближаются к лучшим результатам в беге на 110 метров с барьерами в легкой атлетике.

В легкоатлетическом спринте и в пожарно-спасательной 100 метровке, существенное значение имеет старт и стартовый разгон так, как спортсмен должен набрать максимальную скорость в считанные секунды, после чего спортсмен в спринте выполняет просто бег по дистанции, а спортсмен-пожарный своеобразными техническими приёмами выполняет преодоление препятствий и старается поддерживать набранную скорость до финиша. Следует отметить, что старт начинается из низкого положения с использованием легкоатлетических, стартовых колодок, что дает возможность быстро набрать максимальную скорость бега. Таким образом, низкий старт и стартовый разгон в пожарно-спасательной стометровке и в легкоатлетическом спринте имеют много схожего в технике выполнения.

К спринтерским дистанциям в лёгкой атлетике относятся бег от 50 до 400 метров. В данной работе мы решили проанализировать, какая спринтерская дистанция 50, 60 или 100 метров лёгкой атлетики в большей степени взаимосвязана с результатом в беге на 100 метрах с препятствиями в пожарно-спасательном спорте.

Скоростная и скоростно-силовая подготовка является основой поддержания высокой физической работоспособности в пожарно-спасательном спорте, она обеспечивает рост результатов как в преодолении 100 метровой полосы с препятствиями, так и в подъеме по штурмовой лестнице. В системе подготовки спортсменов применяются практически все методы развития скоростных и скоростно-силовых способностей. Предлагаемая нами программа скоростной подготовки основана на еженедель-

ном использовании выполнения беговых работ (отрезков), разной длины, в интервальном режиме, выполняемых на соревновательных скоростях, с четко регламентированным активным (бег трусцой) периодом отдыха. Время отдыха и длина отрезков в течении реализации методики увеличивалось[2]. Другим важнейшим показателем контроля является показатель ЧСС, в данном случае использовался подход, когда начало выполнения очередного отрезка должно было начинаться при пульсе не менее 110-120 уд. мин. (до полного восстановления). Количественные показатели нагрузки представлены в таблице 1.

*Таблица 1. Показатели тренировочной нагрузки спортсменов при использовании повторного метода в течении периода реализации экспериментальной методики*

Период подготовки	Длина отрезков, м	Кол-во повторений, кол-во раз	Нормативное время на отрезках, сек.	Время отдыха между отрезками, мин
1 месяц	60	12	6,9-7,3	2, 30
	70	10	8,1- 8,5	3, 00
	80	9	9,4- 9,8	3, 30
2 месяц	90	8	10,5-10,9	4, 00
	100	7	11,6 – 12,0	4, 30

Предлагаемая методика скоростной подготовки предполагает использование в течение недели трех тренировочных занятий, не считая основной специальной подготовки по элементам пожарно-спасательного спорта. Занятия были направлены на улучшение показателей скоростной подготовки.

В исследовании приняло участие 10 спортсменов в возрасте 18-22 лет. Для эксперимента были образованы две исследуемые группы: контрольная и экспериментальная по 5 спортсменов.

База исследования: тестирование проводилось на легкоатлетическом стадионе и спортивном манеже.

Этапы педагогического эксперимента:

- изучение литературных источников по проблеме исследования, определение исходного уровня быстроты контрольной и экспериментальной групп, анализ и сравнение результатов педагогического тестирования.

- реализация комплекса учебно-тренировочных заданий в процессе учебно-тренировочного сбора (экспериментальная группа).

- анализ и сравнение уровня воспитания скорости спортсменов экспериментальной и контрольной групп.

В ноябре 2016 года было проведено первое тестирование в контрольной и экспериментальной группе. Результаты тестирования показали, что группы не имели существенных различий.

Учебные тренировочные занятия проводились 6 раз в неделю. Комплексы упражнений выполнялись на первом, третьем и пятом занятии в неделю. Занятия проводились в ходе учебно-тренировочного сбора.

На первом этапе эксперимента выявлен уровень подготовленности спортсменов, как контрольной, так и экспериментальной групп.

В проведенном нами начальном тестировании виден недостаточный уровень развития скоростных способностей. Данная проблемная ситуация, непосредственно способствует снижению эффективности выступлений спортсмена на соревнованиях, и обуславливает необходимость совершенствования учебно-тренировочных занятий, реализуемых преимущественно в подготовительный период, направленных на развитие скоростно-силовых способностей.

После исходного тестирования разница в проведении основной части тренировочного занятия в контрольной и экспериментальной группах заключалась в том, что в контрольной группе она проводилась по общепринятой методике, а в экспериментальной использовался специальный комплекс упражнений, основанный на легкоатлетической и силовой подготовке.

Данные комплексы занятий реализовывались в экспериментальной группе спортсменов, на протяжении всего этапа эксперимента. В разработку вошли недельные тренировочные планы (микроциклы).

На третьем этапе исследования, было проведено повторное тестирование спортсменов контрольной и экспериментальной групп, полученные результаты сравнивались и анализировались.

При анализе средних результатов между группами и между результатами начала и конца эксперимента нами было выявлено, что результаты экспериментальной группы по двум тестам были выше результатов контрольной группы (Рис. 1, 2).

Выводы:

Мониторинг физической подготовленности спортсменов по пожарно-спасательному спорту показал средний и высокий уровень быстроты и скоростно-силовой подготовки, что говорит о эффективности, как типовой программы тренировок, так и разработанной методики. Однако учебно-тренировочный процесс связан не только с выполнением скоростно-силовых и сложно-координационных движений, но и с выполнением их в боевой одежде пожарного. Это создаёт дополнительные трудности при выполнении поставленных задач, таких как преодоление 100-м полосы с препятствиями, подъём по штурмовой лестнице в окно 4-го этажа [4].

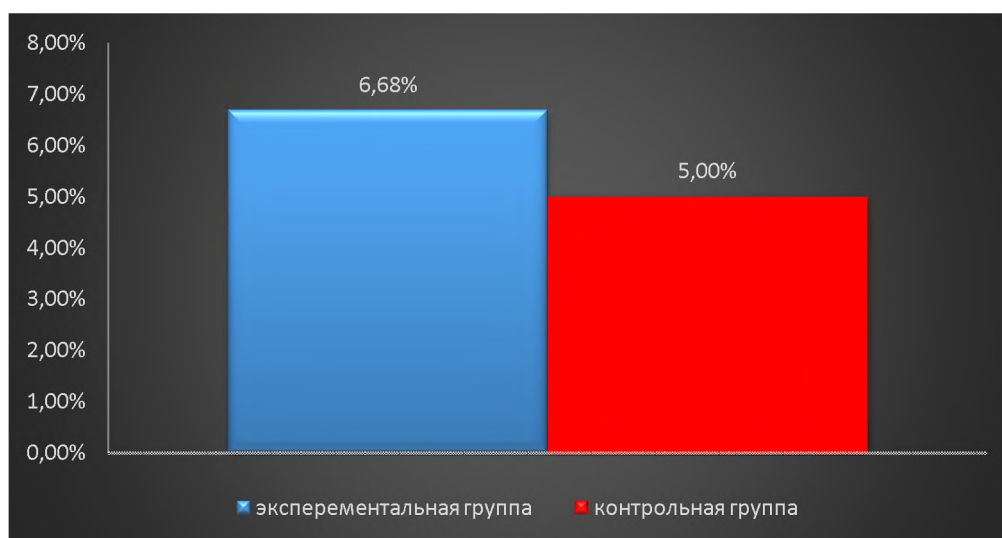
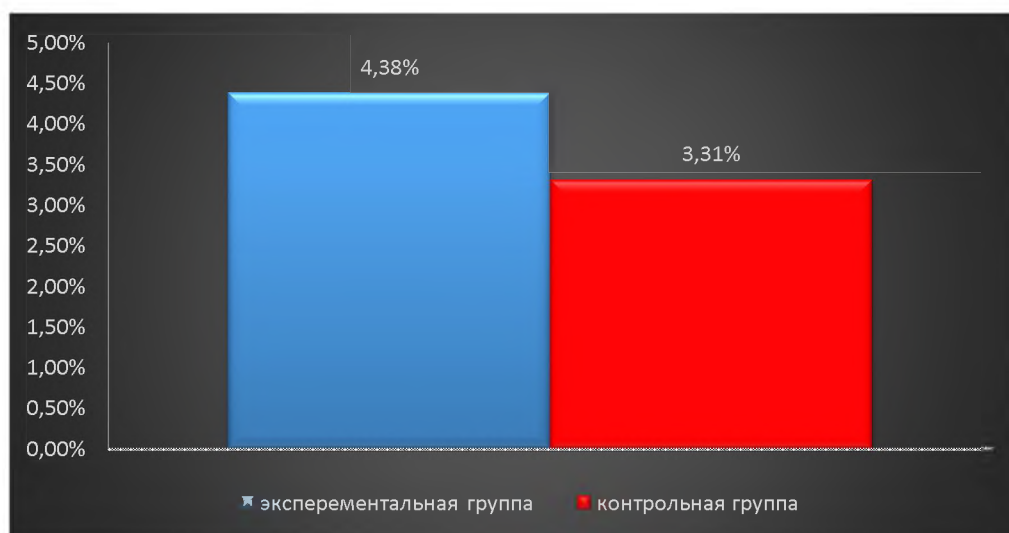


Рис. 1. Среднее арифметическое значение роста результатов «Преодоление 100 метровой полосы с препятствиями»



**Рис. 2.** Среднее арифметическое значение роста результатов теста «Подъем по штурмовой лестнице в окно 4-го этажа учебной башни»

Разработанная методика развития скоростных скоростно-силовых способностей, на основе применения интервального метода, по итогам проведенного нами эксперимента на спортсменах пожарно-спасательного спорта показала свою эффективность.

Результаты настоящего исследования могут быть использованы для ведения подготовки спортсменов по пожарно-спасательному спорту к соревнованиям различного уровня.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Алабин, В.Т.* 2000 упражнений для легкоатлетов: Учебное пособие для физкультурных учебных заведений. – Москва, 2006. – 497 с.
2. *Вайцеховский, С.М.* Книга тренера. – М.: Физкультура и спорт, 2009. – 312 с.
3. *Холодов, Ж.К.* Теория и методика физического воспитания и спорта: учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / Ж.К. Холодов, В.С. Кузнецов – 7-е изд., стер. – М.: «Академия», 2009. – 480 с.
4. *Шипилов, Р.М.* Особенности психофизиологической адаптации в аспекте воспитания силовой выносливости и скоростно-силовых качеств в профессионально-прикладной подготовке будущих специалистов пожарно-технического профиля / Р.М. Шипилов, И.Ю. Шарбанова, С.Г. Казанцев, Г.П. Соколов // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 1-1.

УДК 378

*Н. А. Таратанов, Е. В. Карасев*

ФГБОУ ВО «Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России»

## **ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВНЕДРЕНИЯ ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ ПРАКТИКИ**

В работе рассматривается необходимость дополнительной практики в подразделениях ГУ МЧС России по субъекту Российской Федерации для эффективного учебного процесса. В целях стабильного функционирования, качественного продвижения, а также развития высших учебных заведений по выпускаемым специальностям «Пожарная безопасность» и «Техносферная безопасность».

**Ключевые слова:** дополнительная практика, учебный процесс, компетенции, профессорско-преподавательский состав, обучающиеся.

*N. A. Taratanov, E. V. Karasev*

## **THE EFFECTIVENESS OF THE IMPLEMENTATION OF ADDITIONAL PRACTICES**

The paper discusses the need for additional practice in the divisions of EMERCOM of Russia on subjects of the Russian Federation for effective learning process. For the purpose of stable functioning, high-quality promotion and development higher educational institutions by specialties «Fire safety» and «Technosphere safety».

**Keywords:** additional practice, educational process, competence, faculty, and students.

Передовым направлением реформирования современного высшего образования, является подготовка современного выпускника, обладающего общекультурными, общепрофессиональными и профессиональными компетенциями, творческой личностью, способного самостоятельно осваивать интенсивно меняющуюся процедуру получения знаний.

Развитие высшего образования влечет за собой внедрение новых педагогических технологий в уже существующий процесс профессиональной подготовки специалиста. А система методического обеспечения профессиональной подготовки будущих специалистов, формы и методы обучения, систему контроля и оценки знаний - требует обновления [1]. Для стабильного функционирования, качественного продвижения и развития высших учебных заведений особенно необходимы в настоящее время дополнительная практика по выпускаемой специальности.

В ФГБОУ ВО Ивановской пожарно-спасательной академии ГПС МЧС России (ИПСА ГПС МЧС России) в настоящее время идет быстрым ходом модернизация системы обучения, в процессе которой большое внимание уделяется дополнительной практике курсантов и студентов. Дополнительная практика в различных должностях проводится в целях дальнейшего закрепления и углубления полученных обучающимися теоретических знаний, приобретения и совершенствования ими навыков профессиональной деятельности.



Дополнительная практика осуществляется в следующих должностях:

- 1) Дознаватель отдела надзорной деятельности;
- 2) Инженер судебно-экспертного учреждения «Испытательная пожарная лаборатория Федеральной противопожарной службы» субъекта Российской Федерации осуществляющего процессуальные функции специалиста на месте пожара;
- 3) Инспектор по исполнению административных процедур при предоставлении МЧС России государственной услуги по лицензированию деятельности в области пожарной безопасности;
- 4) Инспектор отдела государственного надзора в области гражданской обороны, защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций Управления надзорной деятельности и профилактической работы ГУ МЧС России по субъекту Российской Федерации, осуществляющего исполнение государственной функции по осуществлению государственного надзора в области гражданской обороны и защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций;
- 5) Инспектор отдела государственного пожарного надзора и профилактической работы Управления надзорной деятельности и профилактической работы ГУ МЧС России по субъекту Российской Федерации, осуществляющего исполнение государственной функции по осуществлению федерального государственного пожарного надзора.

Содержание дополнительной практики направлено на обеспечение взаимосвязи теоретической и практической составляющих образовательного (учебно-воспитательного) процесса, непрерывности и последовательности овладения обучающимися избранной специальностью в соответствии с требованиями к уровню подготовки дипломированных специалистов и с учетом специфики их дальнейшей службы в системе МЧС России.

В программе по реализуемой практике отчетливо обозначены цели и задачи дополнительной практики. Задачей дополнительной практики является уяснение обучающимися назначения, организационно-штатной структуры, функций, задач и основных направлений деятельности подразделений ГУ МЧС России по субъекту Российской Федерации исполняющих государственную функцию по осуществлению дознания, надзора, при предоставлении государственной услуги по лицензированию, экспертного обеспечения расследования пожаров, усвоение обучающимися нормативно-правовой базы, регламентирующей организацию и деятельность указанных подразделений, усвоение обучающимися нормативных требований, регламентирующих правовое положение и деятельность должностных лиц подразделений.

До убытия на места прохождения дополнительной практики обучающиеся обеспечивались методическими разработками, которые позволили преподавательскому составу осуществить управление познавательной деятельностью с достижением намеченного результата.

Процесс обучения в ИПСА ГПС МЧС России на настоящий момент приобрел особый смысл, с достижением профессиональных значимых компетенций в процессе приобретения новых теоретических знаний и опыта деятельности на местах подразделений ГУ МЧС России по субъекту Российской Федерации. Таким образом, дополнительная практика становится основополагающей в процессе обучения академии, укрепляя «фундамент» учебного процесса нашей академии.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Ильинский И.М.* Повышение качества образования в негосударственных вузах: опыт Московского гуманитарного университета // Информационный гуманитарный портал «Знание. Понимание. Умение» / 2008 / №11.

2. *Конай И.Г.* Производственная практика как условия организации учебного процесса при формировании компетентностной модели выпускника среднего профессионального образования (СПО) // [http://teoria-practica.ru/rus/files/arhiv\\_zhurnala/2012/7/pedagogika/koray.pdf](http://teoria-practica.ru/rus/files/arhiv_zhurnala/2012/7/pedagogika/koray.pdf)

355.588.2

*С. Б. Федотов*

ФГБВОУ ВО «Академия гражданской защиты МЧС России»

### **ДИСТАНЦИОННОЕ ОБУЧЕНИЕ КАК ИННОВАЦИОННАЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ОБУЧЕНИЯ В ОСОБЫХ УСЛОВИЯХ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ**

В особых условиях чрезвычайных ситуаций особенно проявляются достоинства дистанционного обучения. Организационные и другие вопросы проведения дистанционных занятий при чрезвычайных ситуациях могут и должны быть продуманы заранее. Особую роль играют выбор и подготовка проводящих обучение, информационное и техническое обеспечение дистанционного обучения. Виды дистанционных занятий могут использоваться в различных взаимосочетаниях.

**Ключевые слова:** особые условия, чрезвычайные ситуации, дистанционное обучение, технологии, преимущества, недостатки, занятия, категории обучаемых, контроль знаний.

*S. B. Fedotov*

### **DISTANCE LEARNING AS AN INNOVATIVE EDUCATIONAL TECHNOLOGY TRAINING IN SPECIAL EMERGENCIES**

In special emergency situations are particularly apparent advantages of distance learning. Organizational and other matters of remote sessions in emergency situations can and should be thought out in advance. A special role is played by selection and preparation conducting training, information and technical support for distance learning. Types of distance classes can be used in various *vzaimoraschety*.

**Keywords:** special conditions, emergency situations, remote learning, technology, advantages, disadvantages, classes, categories of students, control of knowledge.

Несмотря на разработанные методики ликвидации чрезвычайных ситуаций (далее – ЧС) и борьбы с пожарами [3, С. 135-220], любой спасатель и пожарный скажет: «Каждая ЧС неповторима, каждый пожар – особенный». Особенно справедливы такие утверждения в отношении крупномасштабных ЧС. Такими были спасательные работы при ликвидации последствий аварий на Чернобыльской АЭС и Саяно-Шушенской

ГЭС, Спитакского и Нефтегорского землетрясений [5, С. 10-11] и других катастрофах. В условиях ЧС может возникнуть ситуация, когда ранее сформированные компетенции специалистов окажутся недостаточными, и возникнет необходимость срочного получения новых знаний, что не будет позволять состав информационного банка, имеющегося непосредственно в зоне ЧС. Реальный выход, из такого «тупикового» положения, может дать дистанционное обучение, конечно, в тесной связи с другими формами формирования знаний, применимыми при ЧС.

Главные преимущества дистанционного обучения, проявляющиеся в обычных условиях повседневной жизни, еще больше проявятся в условиях ЧС. Это:

1) доступность обучения - возможность работать с обучающимися: а) удалено от места обучения, не покидая мест проведения ликвидации ЧС; б) не только в любое время суток, а в любое время по необходимости; в) различных физических способностей – маломобильными или находящимися на излечении; г) специалистами разной государственной принадлежности и др.;

2) широта обучения – возможность: а) одновременно привлекать к работе с обучающимися высокопрофессиональных специалистов различных специальностей из разных регионов страны и из разных организаций; б) обеспечение общения обучающихся между собой, не смотря на показатели удаленности мест нахождения; в) проведения обучения как специалистов (спасателей и пожарных), так и иных категорий (эвакуированных в безопасные районы, лиц, расположенных в лагерях пострадавших или в медицинских организациях и др.);

3) гибкость формирования состава обучающихся – от больших групп до индивидуального одиночного обучения, не зависимо от служебного положения;

4) размер затрат – значительно дешевле, чем расходуя средства на переезды и размещение преподавателей и обслуживающего персонала;

5) широта применения технических средств – во много не уступающая аудиторным занятиям, в отношении использования: а) двустороннего интерактивного видео; б) обычных видеотрансляций; в) видеокассет и аудио графики; г) Интернета и др.;

6) сохранение информации – на электронных носителях: для повторного обращения к изученному материалу;

7) обеспечение обратной связи с обучающимися: а) непосредственно в ходе занятий; б) при предварительной подготовке и направлению организаторам занятий сведений об имеющихся вопросах обучающихся; в) после применения в практической деятельности знаний, полученных во время занятий;

8) последовательной корректировки содержания занятий;

9) широта применения информационных баз – любых документов и учебных материалов, даже имеющихся в единичных экземплярах и др.

Среди недостатков можно отметить следующее: а) отсутствие очного общения между обучающимися и преподавателем, включая пониженную эмоциональность доведения знаний; б) зависимость от технической оснащенности занятий компьютерной техникой и доступа в Интернет; в) сложность обеспечения мотивации обучающихся неспециалистов, прямо не участвующих в ликвидации ЧС; г) сложность обеспечения проверки знаний, полученных обучающимися дистанционно в особых условиях; д) невозможность дистанционно обеспечить проведение практических занятий по изучаемой тематике и др.

Основными исходными данными для определения особенностей применения дистанционного обучения для профессиональной подготовки [1] специалистов в особых условиях ликвидации ЧС следует определить:

- 1) обязательные направления обучения;
- 2) категории обучаемых и их количественные и качественные характеристики;
- 3) временной потенциал обучения;
- 4) возможную к применению учебно-материальную базу;
- 5) кадровый потенциал обучающихся.

По указанным направлениям сформулированы следующие выводы об особенностях применения дистанционного обучения.

1. Обязательными направлениями дистанционного обучения [2, С. 42-54] являются формирование представлений, знаний, умений и владений:

1) по выполнению указанных в Федеральном законе от 22 августа 1995 г. № 151-ФЗ «Об аварийно-спасательных службах и статусе спасателей» видов аварийно-спасательных работ (поисково-спасательных, горноспасательных, газоспасательных, противофонтанных работ, а также аварийно-спасательных работ, связанных с тушением пожаров, работ по ликвидации медико-санитарных последствий ЧС и других), каждая из которых включает действия по спасению людей, материальных и культурных ценностей, защите природной среды в зоне ЧС, локализации ЧС и подавлению или доведению до минимально возможного уровня воздействия характерных для них опасных факторов, а также - неотложных работ при ликвидации ЧС (всестороннего обеспечения аварийно-спасательных работ, оказания населению, пострадавшему в ЧС, медицинской и других видов помощи, создания условий, минимально необходимых для сохранения жизни и здоровья людей, поддержания их работоспособности);

2) по выполнению новых задач, возникающих при ЧС, и способов применения новых образцов аварийно-спасательных средств, поступивших для проведения аварийно-спасательных работ.

2. Категории дистанционно обучаемых включают:

1) личный состав аварийно-спасательных формирований и спасательных служб, спасательных воинских формирований МЧС России, подразделений Государственной противопожарной службы, нештатных формирований: а) проводящий мероприятия ликвидации ЧС – имеющий практический опыт и составляющий основную часть контингента; б) добровольных спасателей (граждан, подготовленных и аттестованных на проведение аварийно-спасательных работ, но не имеющих практического опыта действий в крупномасштабных ЧС) - составляющих неосновную часть контингента;

2) личный состав отдельных специальностей – медицинских, психологических, кинологических, технических, юридических, разминирования и др.;

3) личный состав образовательных учреждений МЧС России и других ведомств, осуществляющих обучение по вопросам аварийно-спасательных работ, – осуществляющих ускоренную подготовку кадров [4] и др.

3. Основной временной потенциал дистанционного обучения составляет часть общего времени обучения:

- 1) для подготовки нового офицерского и начальствующего состава – до нескольких месяцев;
- 2) для отдельных специальностей – до нескольких недель;
- 3) для конкретных разовых мероприятий – до нескольких дней;
- 4) для изучения новой специальной техники – до нескольких часов;

5) для других категорий.

4. Учебно-материальная база дистанционного обучения [6]: в основном ограничена потенциалом, созданным до возникновения ЧС.

5. Кадровый состав дистанционно обучающихся ограничен численно:

1) в образовательных организациях – преподавателями, исследователями и практиками;

2) в местах решения задач ГО – специалисты-практики.

При организации дистанционного обучения в особых условиях ЧС могут быть применены различные известные виды дистанционных занятий [7]: 1) видеоконференции (обмен видеоизображением и звуком); 2) аудиоконференции (обмен звуковой информацией на цифровых и аналоговых средствах связи); 3) компьютерные телеконференции; 4) видеолекции; 5) занятия в чате; 6) веб-уроки и др.

Эти виды дистанционных занятий могут использоваться как по отдельности, так и при различных взаимосочетаниях. Это зависит от того, какие технические средства будут доступны в особой обстановке обучения. Успешное сочетание видов занятий позволит сделать процесс обучения в трудных условиях более понятным и интересным.

Независимо от того, какой вид дистанционного обучения будет выбран, особое внимание следует уделить вопросу контроля знаний учащихся. В основном, дистанционный контроль предполагает проверку знаний посредством тестов. Огромным плюсом дистанционного обучения следует признать наличие постоянного открытого доступа к различным электронным библиотекам, лекциям (видеолекциям), содержащим необходимые сведения, востребованность которых может возникнуть на любом этапе непосредственной ликвидации ЧС, но отсутствующих в распоряжении проводящих эту ликвидацию в районе ЧС.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Крушинская, Т.Ф. Значимость фундаментальных ценностей в личностном развитии военнослужащего [Текст] / Т.Ф.Крушинская // Научные и образовательные проблемы гражданской защиты. – Химки: АГЗ МЧС России. – 2016. – № 1 (28). – С. 110-114.

2. Малитиков, Е.М. Актуальные проблемы развития дистанционного образования в Российской Федерации и странах СНГ [Текст] / Е. М. Малитиков, М. П. Карпенко, В. П. Колмогоров // Право и образование. – 2000. – № 1(2). – 64 с.

3. Предупреждение и ликвидация чрезвычайных ситуаций: Учебное пособие для органов управления РСЧС. Под общей редакцией Ю.Л.Воробьева. – М.: Издательская фирма «КРУК», 2002. – 360 с.

4. Фомина, Н.В. Становление и развитие военного образования в Дальневосточном регионе Советского государства. Автореф. дисс. канд. ист. наук. / Н.В.Фомина. – Комсомольск-на-Амуре, 2007. – 29 с.

5. Чрезвычайная служба России. Под общей редакцией С.К.Шойгу. – М.: Изд-во «Контакт-Культура», 2000. – 192 с.

6. Шахмаев, Н.М. Технические средства дистанционного обучения [Текст] / Н.М. Шахмаев. – М.: Знание, 2000. – 276 с.

7. Щенников, С.А. Основы деятельности тьютора в системе дистанционного образования: Специализированный учебный курс [Текст] / С.А. Щенников, А.Г. Теслинов, А.Г. Чернявская. – 2-е изд. – М.: Дрофа, 2006. – 591 с.

УДК 621.314

*Г. А. Филатова, Е. А. Брызгалов, Н. В. Белкин*

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

## **ОРГАНИЗАЦИЯ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ ДЛЯ СТУДЕНТОВ МАГИСТРАТУРЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МИКРОПРОЦЕССОРНЫХ УСТРОЙСТВ РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ SIEMENS SIPROTEC**

Показано внедрение в учебный процесс магистрантов профиля «Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем» практических занятий с использованием микропроцессорных устройств релейной защиты серии Siemens Siprotec 4 на примере изучения терминала 7SA52.

**Ключевые слова:** микропроцессорная релейная защита, устройства Siprotec, образовательные технологии.

*G. A. Filatova, E. A. Bryzgalov, N. V. Belkin*

## **ORGANIZATION OF PRACTICAL TRAINING FOR MASTER'S STUDENTS USING SIEMENS SIPROTEC DIGITAL PROTECTION RELAYS**

Implementation of practical training based on digital protective relays Siemens Siprotec 4 to educational process of master's students studying "Relay protection and automation of electrical power grids" course is presented through the example of studying 7SA52 device.

**Keywords:** digital relay protection, Siprotec devices, educational technology.

Неотъемлемой частью подготовки магистров профиля «Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем» является приобретение студентами практических навыков работы с современными микропроцессорными устройствами релейной защиты, повсеместно внедряемыми в отечественной электроэнергетике в процессе строительства и реконструкции объектов. Знание архитектуры устройств релейной защиты, основных правил эксплуатации и принципов проектирования комплексов защит на их основе необходимо специалистам для работы в области релейной защиты и автоматики. На объектах электроэнергетики в России (особенно классом напряжения 110 кВ и выше) нередко применяются устройства, произведенные зарубежными компаниями, которые обладают своими отличительными особенностями. Знание особенностей работы с устройствами разных производителей повышает конкурентоспособность выпускников магистратуры на рынке труда.

Приобретение студентами вышеназванных компетенций предполагается в ходе изучения дисциплины «Микропроцессорные устройства релейной защиты и автоматики», предполагающей, в том числе, и проведение лабораторных практикумов. Лаборатория кафедры «Автоматическое управление электроэнергетическими системами» оснащена терминалами 7SA522, 7SD52 и 6MD66 серии Siprotec 4 производства фирмы Siemens в составе шкафов релейной защиты (основной и резервной) и автоматики линии

электропередачи [1]. Устройства защиты фирмы Siemens зарекомендовали себя как надежные устройства, обладающие всеми необходимыми функциями, реализующими преимущества использования микропроцессорной базы, такими как гибкая CFC логика, встроенные алгоритмы ОМП, осциллографирование (рис.1) и др. [2, 3].

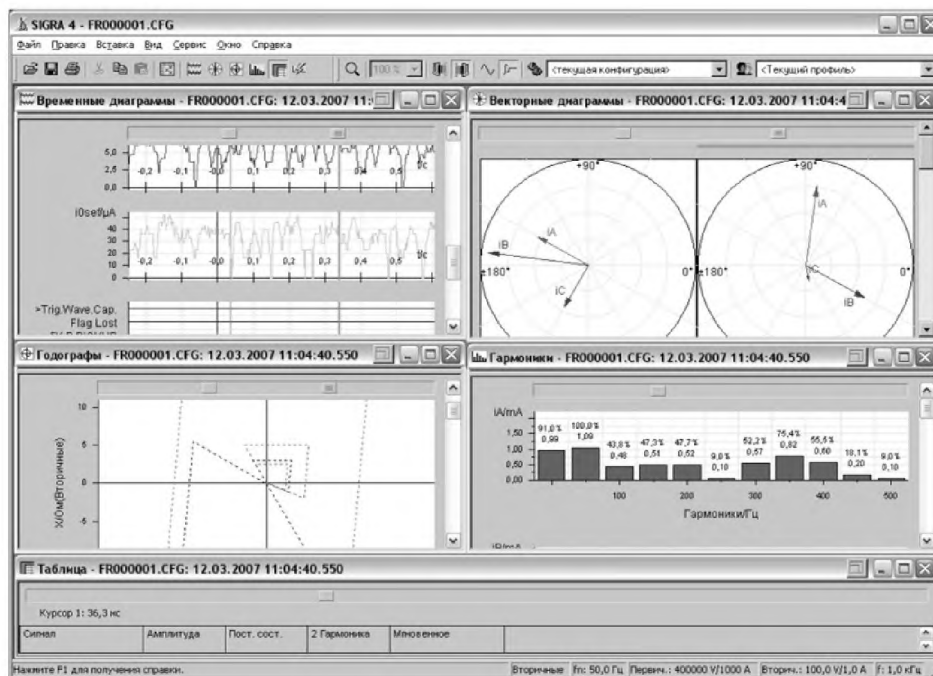


Рис. 1. – SIGRA 4, графический анализ повреждений, пример

Данная статья посвящена опыту применения данных устройств в процессе обучения магистров по профилю «Релейная защита и автоматизация ЭЭС» в курсе «Микропроцессорные устройства релейной защиты и автоматики».

Проведение практических занятий и их цели. Практические занятия по данной дисциплине проводятся в виде лабораторных работ продолжительностью до четырех академических часов. Для проведения занятий используется следующее оборудование: терминалы Siemens Siprotec в составе шкафов защиты и автоматики ЛЭП; испытательный комплекс «Ретом-51»; персональный компьютер с установленными программными комплексами DIGSI 4 и SIGRA; лабораторная модель трехфазного выключателя; источники постоянного и переменного напряжения; вспомогательное оборудование (клеммники, соединительные провода и др.)

С использованием данного оборудования предполагается проведение нескольких лабораторных практикумов:

1. Изучение функции дистанционной защиты терминала 7SA52 [1].
2. Изучение функции дифференциальной защиты линий (ДЗЛ) на базе терминала 7SD52.
3. Изучение дополнительных возможностей терминалов.

Во время лабораторной работы студентам предлагается изучить стандартные функции терминалов, правила техники безопасности при работе с шкафами защит и устройством проверки «Ретом-51». Затем студентам необходимо рассмотреть участок электрической сети и рассчитать параметры срабатывания дистанционной защиты одного из элементов сети, что является одним из необходимых навыков при проектировании ком-

плекса защит. Далее обучающимся предстоит организовать связь терминала защиты с персональным компьютером посредством интерфейса Ethernet. Данному шагу уделяется особое внимание, так как он является основой для дальнейшей работы с терминалом. Затем студентам необходимо познакомиться с программным комплексом DIGSI 4, являющимся основным средством взаимодействия с устройствами серии Siprotec, и произвести конфигурирование терминала на основе ранее рассчитанных параметров настройки.

После конфигурирования обучающимся предстоит познакомиться с процессом переключения групп уставок, а затем произвести проверку работы терминала и правильности заданных настроек с помощью испытательного комплекса «Ретом-51». Для этого студентам необходимо познакомиться с программой проверки микропроцессорных устройств релейной защиты и выделить особенности проверки устройств серии Siemens Siprotec 4. После проверки и построения экспериментальной характеристики срабатывания дистанционной защиты обучающимся необходимо сделать выводы о корректности работы устройства и занести полученные данные в отчет о ходе лабораторной работы.

Вышеперечисленные действия позволяют магистрантам получить навыки, необходимые для эксплуатации и пуско-наладки устройств релейной защиты и автоматики.

С целью знакомства студентов с дополнительными функциями терминала им предлагается познакомиться с процессом получения осциллограмм аварийных процессов, просмотром их на персональном компьютере, а также предлагается оценить точность работы встроенного в терминал алгоритма определения места повреждения (ОМП). Так же, в программу лабораторного практикума, посвященного знакомству с терминалом дистанционной защиты линий 7SA52, включено задание, связанное с разработкой с помощью гибкой CFC-логики функции, реализующей возможности терминала по представлению пользователю информации о событиях, например, функции, выводящей сообщение на дисплей терминала о срабатывании ступени дистанционной защиты от междуфазных замыканий.

Для успешного выполнения поставленных задач студентам предлагаются методические и справочные материалы.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Брызгалов, Е.А. Исследование дистанционной защиты на базе устройства 7SA52 / Е.А. Брызгалов, В.Д. Лебедев, Г.А. Филатова // Радиоэлектроника, электротехника и энергетика: XXIII Междунар. науч.-техн. конф. студентов и аспирантов: Тез. докл. В 3 т. Т. 3. – М.: Издательский дом МЭИ, 2017. – С. 402.
2. «DIGSI CFC Руководство по эксплуатации» // Siemens 2007 г. Версия 11.06.07 URL: <http://smart-grid.siemens.ru/files/91203.pdf>
3. «SIPROTEC 4 Системное описание» // Siemens 2007 г. Версия: 04.10.07. URL: <http://smart-grid.siemens.ru/files/91199.pdf>



УДК 614.8+519.2

*С. В. Фроленков, В. В. Теребнев, М. В. Черкинский*  
ФГБОУ ВО «Академия ГПС МЧС России»

## **АЛГОРИТМ ВЫБОРА СТАТИСТИЧЕСКОГО КРИТЕРИЯ ПРИ ИССЛЕДОВАНИЯХ ОПЕРАТИВНО-ТАКТИЧЕСКИХ ДЕЙСТВИЙ ПОЖАРНЫХ ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ И ЕГО ИСПОЛЬЗОВАНИЕ В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ**

Даны рекомендации по выбору способа анализа данных при исследованиях оперативно-тактических действий пожарных подразделений.

**Ключевые слова:** статистические критерии, методы математической статистики, тип данных, исследование оперативно-тактических действий пожарных подразделений.

*S. V. Frolenkov, V. V. Terebnev, M. V. Cherkinsky*

## **ALGORITHM OF SELECTING THE STATISTICAL CRITERIA IN THE STUDIES OF OPERATIONAL-TACTICAL ACTIONS OF FIRE DEPARTMENTS AND ITS USE IN THE TRAINING PROCESS**

Recommendations on the choice of the method of data analysis in studies of the tactical actions of fire units.

**Keywords:** statistical tests, statistical methods, data type, study the operational-tactical actions of fire units.

Математическая статистика играет ключевую роль в исследованиях оперативно-тактических действий пожарных подразделений. Ведь от того, насколько правильно будут обработаны результаты, зависит правильность всех дальнейших выводов, благодаря которым органы управления пожарными подразделениями получают всестороннюю характеристику состояния дел с пожаротушением в своих пожарно-спасательных гарнизонах.

Отсюда логически вытекает необходимость в научном подходе к обработке результатов наблюдений оперативно-тактических действий, а так же внедрение специальных образовательных программ в ВУЗах системы МЧС России для решения данных задач.

В данной публикации предлагается алгоритм выбора статистического критерия, применяющиеся в случаях, когда необходимо сравнение количественных данных параметров тушения пожаров для двух независимых групп.

Перед тем как выбрать тот или иной статистический критерий, необходимо ответить на вопрос о типе собранных данных. Номинальные данные следует представлять в виде долей или частот, а количественные – с помощью мер центральных тенденций и мер рассеяния, причем из них лучше применять, зависит от распределения данных и целей исследования. Так, если исследование направлено на оценку генерального среднего значения количественного признака, как в большинстве описа-

тельных исследований, а распределение признака в совокупности подчиняется нормальному закону распределения, то целесообразно представить результат в виде среднего арифметического и его доверительного интервала.

Когда оценка генерального среднего не является основной целью, как в большинстве аналитических исследований, то целесообразнее представлять нормально распределенные данные, с помощью среднего арифметического и стандартного отклонения.

В случае, если известно, что распределение количественного признака в генеральной совокупности распределено не по нормальному закону, то данные в виде среднего арифметического и стандартной ошибки среднего или среднеквадратического отклонения будет некорректным. Для признаков, распределение которых значительно отличается от нормального, в качестве меры центральной тенденции целесообразнее применить медиану, а в качестве мер рассеяния – нижний и верхний квартили, а также размах вариации, где это может быть необходимо.

Необходимо помнить, что важное значение имеет распределение признака именно в генеральной совокупности, а не в имеющейся выборке, поэтому при принятии решения о типе распределения исследуемого признака следует всегда обращаться к результатам предыдущих исследований и прочей доступной информации о распределении признака. Проверка нормальности распределения проводится по выборочным данным с помощью описательной статистики, квантильных диаграмм и гистограмм, а также с помощью критериев Колмогорова–Смирнова и Шапиро–Уилка.

Далее следует приступить к выбору статистического критерия для проверки гипотез. Для этого необходимо знать: данные какого типа будут использоваться для сравнений, сколько групп планируется сравнивать и являются ли сравниваемые группы независимыми. В связи с тем, что наиболее часто в исследованиях оперативно-тактических действий пожарных подразделений анализируются количественные признаки, уделим им основное внимание.

Для количественных признаков кроме того, что необходимо решить, сколько групп планируется сравнить и являются ли они независимыми, необходимо знать распределение изучаемого признака в генеральной совокупности, а при отсутствии такой информации проверить характер этого распределения. В случае если распределение признака можно считать нормальным, а сравнить предполагается одну группу с каким-либо известным значением, то следует использовать t-критерий Стьюдента для одной выборки.

Если необходимо сравнить две независимые выборки, данные в которых подчиняются закону нормального распределения, то необходимо применить t-критерий Стьюдента для непарных независимых выборок. При проведении множественных попарных сравнений с помощью t-критерия необходимо применять поправку Бонферрони, меняя тем самым критический уровень значимости. Например, если имеются 3 группы и проводятся все возможные сравнения (1–2, 2–3, 1–3), то статистически значимыми можно будет считать только те различия, для которых достигнутый уровень значимости будет менее 0,017, а не 0,05.

Для сравнения средних при наличии трех или более независимых групп целесообразно использовать не критерий Стьюдента, а дисперсионный анализ. При его применении для независимых групп следует помнить, что помимо нормальности распределения, так же необходимо еще соблюдение условия равенства дисперсий.

В тех случаях, когда сравниваемые группы не являются независимыми, как например, в исследованиях типа «до – после» или «случай – контроль» по методу подобранных пар, но распределение признака распределено нормально, следует использовать либо *t*-критерий Стьюдента для парных выборок, либо однофакторный дисперсионный анализ повторных наблюдений. Первый следует применять, если сравниваются только две группы, в то время как дисперсионный анализ повторных наблюдений можно использовать при наличии трех и более групп. Из дополнительных условий, которые должны выполняться, следует не забыть условие нормального распределения разности между значениями признака для парного критерия Стьюдента и условие сферичности для дисперсионного анализа повторных наблюдений.

Если известно, что распределение изучаемого количественного признака в генеральной совокупности отличается от нормального, или в отсутствие такой информации данные выборки четко на это указывают, то тогда необходимо применять непараметрические критерии, которые не предполагают подчинения данных какому-либо закону распределения, в том числе и нормальному.

При необходимости сравнить две независимые совокупности, данные в которых распределены не нормально, можно применить критерий Манна–Уитни, который иногда называется критерием Вилкоксона для непарных выборок. Если же сравниваемых групп больше, то можно, проводить попарные сравнения с помощью критерия Манна–Уитни, предварительно заменив традиционный критический уровень значимости на новый, который во столько раз меньше традиционного, сколько производится сравнений, хотя более логично воспользоваться критерием Краскела–Уоллиса.

Когда необходимо сравнить количественные признаки, не подчиняющиеся закону нормального распределения, в связанных группах, то при наличии двух групп следует воспользоваться критерием Вилкоксона, а в остальных случаях критерием Фридмана.

Общий алгоритм выбора статистического критерия для анализа количественных данных представлен на рис. 1 [2].

Широкое внедрение математических методов в изучении оперативно-тактические действия сдерживаются рядом причин. Так, например, лицо, хорошо владеющее необходимым математическим аппаратом, редко занимается (если занимается вообще) анализом оперативно-тактических действий пожарных подразделений, и, наоборот исследователи оперативно-тактических действий (специалисты пожарной охраны) редко обладают необходимым арсеналом математических средств, что не позволяет ему использовать весь методический аппарат наработанным математиками [1]. Данная проблема стоит на стыке дисциплин, обеспечивающих базовую и специальную подготовку обучаемых в ВУЗах системы МЧС России и должна способствовать развитию творческих способностей обучаемых, умению мышления при решении прикладных задач в своей профессиональной области.

Предлагаемый алгоритм позволяет представить материал специальных глав высшей математики максимально упрощенно, что несомненно должно благоприятно сказаться на научных исследованиях оперативно-тактических действий пожарных подразделений.

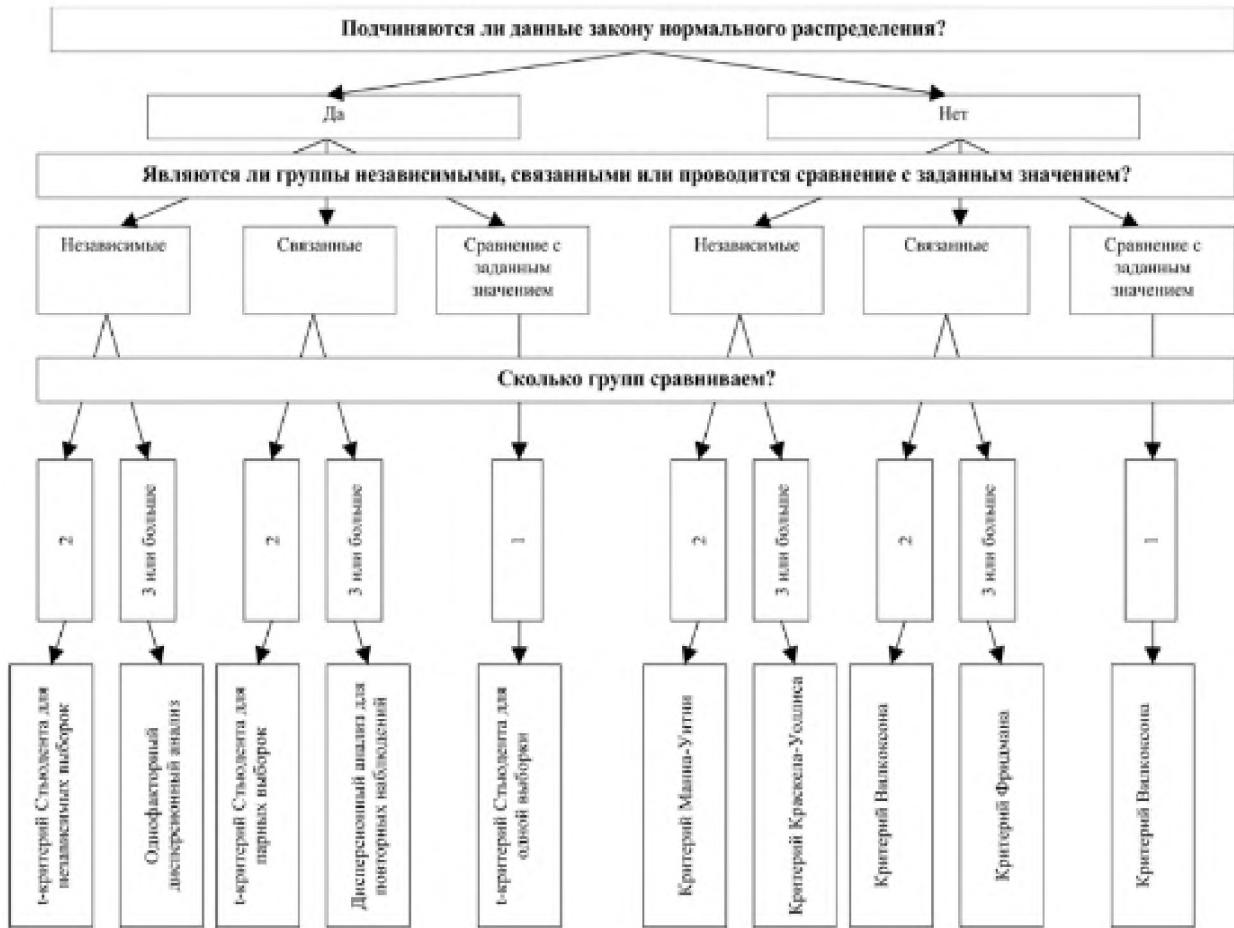


Рис. 1. Алгоритм выбора статистического критерия для анализа количественных данных

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Тербнев, В.В. Статистический анализ параметров пожаротушения / В.В. Тербнев, В.Н. Русев, А.В. Тербнев. – Екатеринбург.: ООО «Издательство «Калан», 2016. – 168 с.
2. Гржибовский, А.М. Выбор статистического критерия для проверки гипотез / А.М. Гржибовский // Экология человека. – 2008. – №11 – С. 48-57.
3. Гланц, С. Медико-биологическая статистика. Пер. с англ. – М.: Практика, 1998. – 459 с.

УДК 614.8

*М. В. Черкинский, С. В. Фроленков, В. В. Теребнев*  
ФГБОУ ВО «Академия ГПС МЧС России»

## **СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДОВ РАЗВЕРТЫВАНИЯ РАБОЧИХ РУКАВНЫХ ЛИНИЙ МАЛОГО ДИАМЕТРА ПРИ ТУШЕНИИ ПОЖАРОВ В ЖИЛЫХ МНОГОЭТАЖНЫХ ДОМАХ**

Представлены результаты эксперимента по определению эффективности применения различных методов разворачивания рабочих рукавных линий малого диаметра.

**Ключевые слова:** скатка «кольцо», двойная скатка, рукавная линия малого диаметра.

*M. V. Cherkinsky, S. V. Frolenkov, V. V. Terebnev*

## **IMPROVEMENT OF METHODS OF DEPLOYING WORKING HOSE LINES OF SMALL DIAMETER AT EXHAUSTING FIRE IN RESIDENTIAL HOUSES OF MULTI-STORAGE HOUSES**

The results of an experiment for determining the effectiveness of the application of various methods for deploying small-diameter working hose lines are presented.

**Keywords:** «ring» roll, double roll, small diameter sleeve line.

Тушение пожаров в жилых многоэтажных зданиях всегда представляет большую сложность для пожарно-спасательных подразделений как при транспортировке огнетушащих веществ в верхние этажи здания, так и при доставке туда личного состава с необходимым для проведения работ снаряжением и оборудованием. Сокращение численности расчетов за последние годы заставило пожарно-спасательные подразделения менять тактику, рассматривать новые приемы и способы проведения развёртывания, оптимизировать свою экипировку и оборудование.

Так для тушения пожаров на верхних этажах жилых многоквартирных домов пожарно-спасательные подразделения стали активно применять компактные автоматические стволы с регулируемым расходом воды, а также напорные рукава диаметром 38 мм. Использование рукавов малого диаметра позволило значительно облегчить работу пожарных при подъеме рукавной линии на высоту за счет малого веса одного рукава, а также облегчило работу при маневрировании с заполненной рукавной линией за счет малого объема рукава. Однако работа с рукавной линией диаметром 38 мм в свою очередь показала и ряд недостатков. Основной из них — малое сечение рукава, и как следствие падение напора на стволе при образовании заломов на рукавной линии. Практика показала неэффективность разворачивания маневрового участка рабочей рукавной линии из двойной скатки, так как на этаже здания в условиях ограниченного пространства избежать заломов и перегибов на ней практически невозможно, а устранение заломов линии требует больших временных и физических затрат.

Решением послужило использование рукавной скатки типа «кольцо». При подготовке такой скатки ствол подключается к рукавной линии, от ствола отмеряется

участок рукава длиной 1,5-2 метра и далее рукав складывается вдвое по направлению к стволу с последующим обматыванием ствола и отмеренного участка по спирали не меняя ребро рукава. Таким образом последовательно могут быть соединены несколько рукавов в одну уже готовую линию. Далее скатка обхватывается в двух-трех местах утягивающими манжетами. При подъеме пожарного на заданную отметку скатка укладывается на пол, манжеты снимаются, скатка расправляется в форме кольца, после чего подсоединяется к пожарному крану либо магистральной линии и заполняется водой.

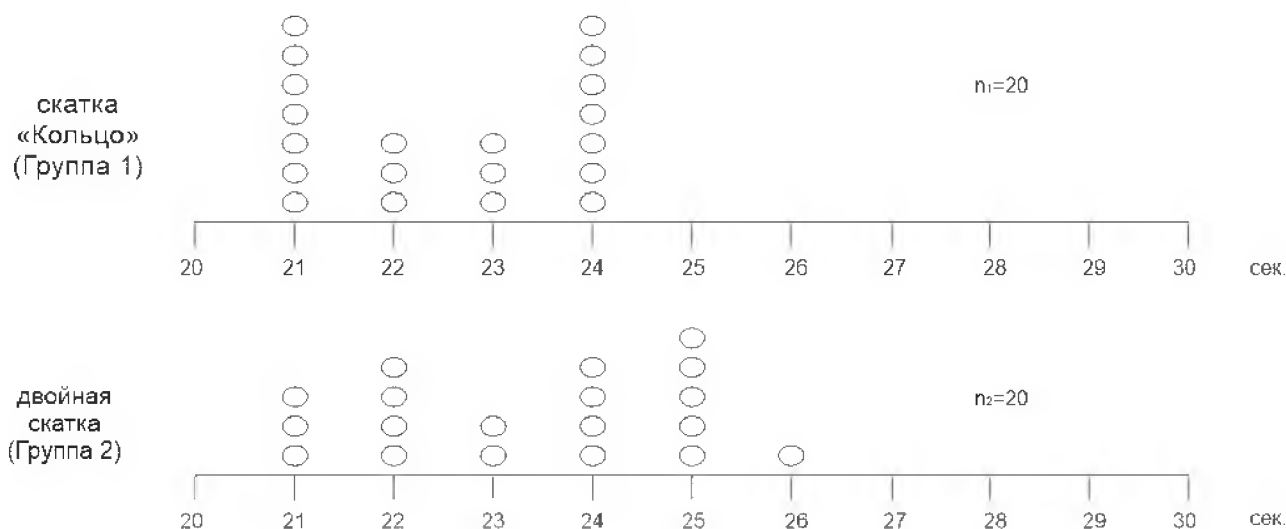
Преимущества такой скатки очевидны: рукавная линия при транспортировке перебрасывается через плечо, либо вешается на баллон ДАСВ, освобождая руки пожарного, давая ему возможность переносить дополнительное снаряжение либо ускорить подъем по лестничному маршу благодаря использованию перил, кроме того отпадает необходимость затрачивать время на соединение рукавов и ствола между собой. При заполнении огнетушащими веществами скатка расправляется без образования заломов. Рукавная линия из такой скатки может быть развернута на ограниченной площади.

На базе учебно-тренировочного комплекса 55 пожарно-спасательной части 28 ПСО ФПС по г. Москве был проведен эксперимент по определению эффективности использования рукавных скаток типа «кольцо». Целью эксперимента являлось проведение сравнительного анализа при подъеме пожарного на условную отметку, а также развертывание рукавной линии на ней. Для проведения эксперимента был отобран личный состав в количестве 4 человек, с примерно одинаковыми возрастными параметрами и интегральным показателем физической работоспособности PWC 170.

Задача № 1 заключалась в подъеме на отметку 11,5 метров 4-го этажа учебно-тренировочного комплекса, попеременно с рукавной линией из двух рукавов диаметром 38 мм убранный в двойную скатку и скатку «кольцо». Начало упражнения: исполнитель стоит на старте в одном метре от стола, установленного непосредственно перед входом в лестничную клетку учебно-тренировочного комплекса, на котором уложены рукава в соответствующей скатке. По команде «МАРШ» исполнитель берет рукавную скатку со стола и совершает подъем на лестничную площадку четвертого этажа, секундомер останавливается по моменту касания исполнителем лестничной площадки двумя ногами. Для освоения упражнения каждый исполнитель совершил 6 забегов, на основании которых, после определения уровня освоения элемента и исключения грубых ошибок измерений были получены две статистические выборки показателей времени выполнения данного упражнения (Рис. 1).

Сравнение полученных двух независимых совокупностей, данные в которых распределены не по нормальному закону, проводилось с применением критерия Манна-Уитни (табл. 1) [2].

В результате было установлено, что время подъема с рукавной скаткой типа «кольцо», превосходит временные показатели, полученные при подъеме с рукавами, уложенными в двойную скатку.



**Рис. 1.** Распределение показателей времени подъема на 4 этаж учебного комплекса при различных видах укладки рукавов

**Таблица 1.** Сравнение показателей времени подъема на 4 этаж учебного комплекса при различных видах укладки рукавов с применением критерия Манна-Уитни

Ранжирование данных				Таблица рангов			
№ п/п	Результат по порядку	Группа	Истинный ранг	Результаты группы 1 по порядку	Истинный ранг группы 1	Результаты группы 2 по порядку	Истинный ранг группы 2
1	21	1	5,5	21	5,5	21	5,5
2	21	1	5,5	21	5,5	21	5,5
3	21	1	5,5	21	5,5	21	5,5
4	21	1	5,5	21	5,5	22	14
5	21	1	5,5	21	5,5	22	14
6	21	1	5,5	21	5,5	22	14
7	21	1	5,5	21	5,5	22	14
8	21	2	5,5	22	14	23	20
9	21	2	5,5	22	14	23	20
10	21	2	5,5	22	14	24	28
11	22	1	14	23	20	24	28
12	22	1	14	23	20	24	28
13	22	1	14	23	20	24	28
14	22	2	14	24	28	25	36,5
15	22	2	14	24	28	25	36,5
16	22	2	14	24	28	25	36,5
17	22	2	14	24	28	25	36,5
18	23	1	20	24	28	25	36,5
19	23	1	20	24	28	25	36,5
20	23	1	20	24	28	26	40
21	23	2	20	Сумма	336,5	Сумма	483,5
22	23	2	20				

23	24	1	28
24	24	1	28
25	24	1	28
26	24	1	28
27	24	1	28
28	24	1	28
29	24	1	28
30	24	2	28
31	24	2	28
32	24	2	28
33	24	2	28
34	25	2	36,5
35	25	2	36,5
36	25	2	36,5
37	25	2	36,5
38	25	2	36,5
39	25	2	36,5
40	26	2	40

Эмпирическое значение критерия:  
 $U_{\text{эмп}} = n_1 n_2 + (n_x(n_x + 1)/2) - T_x =$   
 $= 20 \cdot 20 + (20(20 + 1)/2) - 483.5 = 126.5$

где  $T_x$  – наибольшая сумма рангов;  
 $n_x$  – наибольшая из объемов выборок  $n_1$  и  $n_2$ .

Гипотеза о незначительности различий принимается если  $U_{\text{кр}} < U_{\text{эмп}}$

По таблице критических значений для  $n_1=20$  и  $n_2=20$   
 $U_{\text{кр}}(0,05)=127$

т.к.  $U_{\text{кр}} > U_{\text{эмп}}$  – отвергаем нулевую гипотезу, различия в уровнях выборок можно считать существенными

Опрос исполнителей показал, что при подъеме с рукавной скаткой типа «кольцо», уложенной на плечо или баллон ДАСВ, значительно легче сохранять равновесие и оказывать себе помощь при подъеме свободными руками, удерживаясь за перила лестничного марша.

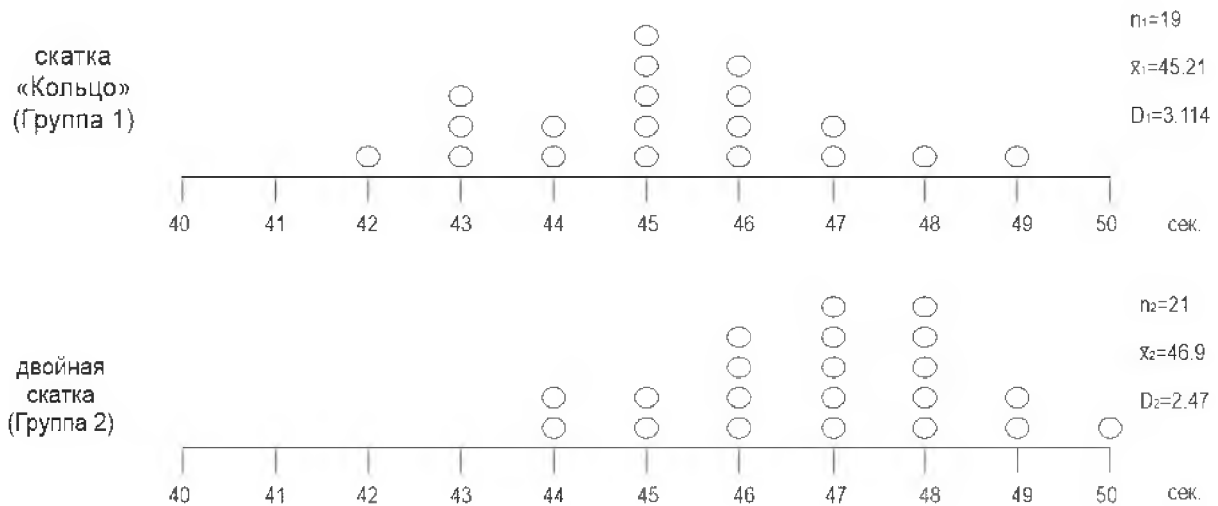


Рис. 2. Распределение показателей времени и основных статистических параметров разворачивания рукавной линии при различных видах укладки рукавов



Задача № 2 состояла в сравнительном анализе времени развёртывания рукавной линии из двух рукавов диаметром 38 мм, уложенных в скатку «кольцо» и двойную скатку. Условие выполнения, пожарный находится на этаже здания на котором установлено разветвление с водонаполненной магистральной рукавной линией, напор у разветвления замерялся по манометру и составил 60 м водяного столба.

По команде «МАРШ» пожарный укладывает рукавную скатку типа «кольцо» на пол, снимает стягивающие манжеты, расправляет скатку, подсоединяет рукавную линию к выходному патрубку разветвления и заполняет рукавную линию водой, после чего поднимается с ней на один лестничный марш вверх и открывает ствол, секундомер останавливается по моменту появления первых капель воды из ствола.

При развертывании рукавной линии из двойной скатки, пожарный по команде «МАРШ», разматывает два рукава вниз по лестничному маршу, соединяет рукава между собой, подсоединяет ствол, другой конец рукавной линии подсоединяет к выходному патрубку разветвления и заполняет рукавную линию водой, после полного заполнения рукавной линии пожарный поднимается на один марш вверх и открывает ствол, секундомер останавливается по моменту появления первых капель воды из ствола.

Каждым исполнителем было совершено 6 повторов, на основании которых так же, как и в первой задаче, после определения уровня освоения элемента и исключения грубых ошибок измерений, были получены две статистические выборки и найдены параметры, необходимые для проверки гипотезы о их равенстве (рис. 2).

Сравнение двух независимых совокупностей, данные в которых были распределены уже по нормальному закону, производилось с применением t-критерия Стьюдента. Экспериментальное значения критерия составило  $t_{\text{набл}}=3,131$ . Число степеней свободы:  $f=n_1+n_2-2=19+21-2=38$ , соответственно  $t_{\text{кр}}=2,021$  при  $\alpha=0,05$  [2]. Экспериментальное значение критерия  $t_{\text{набл}}$  попало в критическую область  $t_{\text{набл}} \geq t_{\text{кр}}$ , поэтому нулевую гипотезу следовало отклонить в пользу альтернативной: генеральные средние двух выработок не равны.

Исследование показало, что скатка «кольцо» значительно превосходит результаты, полученные при развертывании линии из двойной скатки.

Основная часть времени приходилась на время заполнения рукавной линии водой. Во всех случаях при развертывании рукавной линии, уложенной в двойную скатку из-за переломов вода заполняла рукава крайне медленно, и приходилось тратить время на расправление линии и устранение переломов, в случае развертывания линии уложенной в скатку типа «кольцо», она заполнялась быстро, образуя спиральные кольца, без заломов и перегибов.

Проведенные эксперименты показали, что применение рукавной линии диаметром 38 мм уложенной в скатку типа «кольцо» значительно облегчает работу пожарно-спасательных расчетов при подъеме на этажи зданий, а также сокращает время развертывания рабочей рукавной линии в условиях ограниченного пространства лестничных площадок и маршей. И в связи со своей актуальностью, приемы и способы работ со скаткой «кольцо» предлагается включить в наставление по пожарно-строевой подготовке, а так же разработать соответствующие нормативы пожарно-строевой и тактико-специальной подготовки для личного состава федеральной противопожарной службы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Теребнев, В.В.* Статистический анализ параметров пожаротушения / В.В. Теребнев, В.Н. Русев, А.В. Теребнев. – Екатеринбург: ООО «Издательство «Калан», 2016. – 168 с.
2. *Фроленков, С.В.* Использование методов математической статистики в исследованиях оперативно-тактических действий пожарных подразделений / В.В. Теребнев, С.В. Фроленков, М.В. Черкинский // Материалы двадцать пятой международной научно-технической конф. «Системы безопасности – 2016». М.: АГПС МЧС России, 2016. – С. 195-198.

УДК 378

*П. В. Чистов, Е. Е. Маринич, В. А. Литвинов*

ФГБОУ ВО «Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России»

**САМОСТОЯТЕЛЬНЫЕ ЗАНЯТИЯ ПО ФИЗИЧЕСКОЙ КУЛЬТУРЕ  
В ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ОРГАНИЗАЦИЯХ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
ГПС МЧС РОССИИ**

В данной статье рассматривается вопрос значения самостоятельных занятий по физической культуре в образовательных организациях высшего образования ГПС МЧС России. Раскрываются основные составляющие физической подготовленности обучающихся образовательных организаций высшего образования ГПС МЧС России.

**Ключевые слова:** физическая культура, самостоятельные занятия, пожарные спасатели, физическая подготовленность.

*V. P. Chistov, E. E. Marinich, V. A. Litvinov*

**INDEPENDENT PHYSICAL TRAINING IN EDUCATIONAL INSTITUTIONS OF  
HIGHER EDUCATION STATE FIRE SERVICE OF EMERCOM OF RUSSIA**

This article discusses the value of independent physical training in educational institutions of higher education state fire service of EMERCOM of Russia. Describes the main components of the physical preparedness students educational institutions of higher education state fire service of EMERCOM of Russia.

**Keywords:** physical education, independent study, fire rescue, physical fitness.

В наше время профессия пожарного и спасателя является одной из самых сложных и ответственных, поскольку они рискуют своей жизнью ради спасения чужих. В данной области производится выполнение множества видов аварийно-спасательных работ, тушение пожаров.

Для качественного выполнения своей работы пожарным и спасателям нужно обладать хорошей физической подготовленностью, чтобы иметь способность долгое время выполнять статическую работу и иметь достойную мышечную выносливость.

Физическая подготовленность характеризуется уровнем функциональных возможностей различных систем организма (сердечно-сосудистой, дыхательной, мышечной) и развития основных физических качеств (силы, выносливости, быстроты, ловкости, гибкости).

Её основные составляющие:

- 1) сознательность обучающихся относительно получения желаемого результата;
- 2) наглядность примеров физических упражнений;
- 3) доступность получаемой информации – как текстовой, так и практической;
- 4) систематичность занятий;
- 5) динамичность тренировок и выполняемых упражнений;
- 6) соблюдение правильного питания.

Но для всего требуется научное обоснование. Подходя к занятиям безграмотно, можно получить травму или попусту потраченное время. Проводя самостоятельные занятия нужно правильно распределять нагрузки, например, тренировать разные группы мышц в разные дни, а упражнения на статические нагрузки выполнять регулярно. Занимаясь спортом или физкультурой нужно всегда понимать, для чего ты выполняешь то или иное упражнение и какие мышцы при этом задействованы.

В соответствии с Приказом МЧС России от 30.03.2011 №153 (ред. от 26.07.2016) «Об утверждении Наставления по физической подготовке личного состава федеральной противопожарной службы», физическая подготовка организуется и проводится в следующих формах: учебные занятия, утренняя физическая зарядка, физическая тренировка в процессе служебной деятельности, спортивно-массовые мероприятия, самостоятельные занятия.

Специальная направленность физической подготовки обеспечивается на самостоятельных занятиях - отработкой, наряду с общеразвивающими упражнениями, специальных и имитационных упражнений, освоенных ранее на учебных занятиях.

Подводя итог вышесказанному, можно отметить, что достичь должного уровня физической подготовленности можно только при проведении самостоятельных тренировок по физической культуре, учебных занятий будет недостаточно.

Для безопасного проведения самостоятельных занятий рекомендуется соблюдать правила охраны труда, чтобы избежать случаев травматизма.

Предупреждение травматизма обеспечивается:

- тщательной подгонкой обмундирования, спортивной одежды и обуви;
- проверкой исправности и безопасности спортивных сооружений, мест выполнения упражнений, инвентаря и оборудования;
- правильной организацией и методикой проведения всех форм физической подготовки, поддержанием в процессе занятий и соревнований высокой дисциплины;
- строгим соблюдением правил проведения спортивных соревнований;
- заблаговременной подготовкой и применением средств страховки и оказанием помощи при выполнении упражнений (приемов), связанных с риском и опасностью;
- учетом состояния здоровья и физической подготовленности личного состава, особенно имеющего отклонения в состоянии здоровья или перенесшего заболевания;
- постоянным наблюдением за внешними признаками утомления личного состава;
- разъяснительной работой среди личного состава о мерах предупреждения травматизма;

– соблюдением мер, исключая возможность обморожений, теплового и солнечного ударов, других обморочных состояний.

Качественное занятие подразумевает не только выполнение упражнений, но и краткое или углубленное теоретическое введение в тренировку и обязательная заминка. То есть нельзя упустить факт того, что, проводя самостоятельное занятие, обучающийся имеет возможность прочитать определенную литературу из разных источников, чтобы иметь понятие о том, для чего он это делает.

Самостоятельные занятия проводятся с высокой плотностью и достаточной физической нагрузкой, которые достигаются:

- сокращением времени для сборов на проведение тренировки;
- увеличением времени выполнения упражнений;
- сокращением времени между выполняемыми упражнениями;
- проведение «суперсетов» и «дропсетов»;
- применение комплексных тренировок
- наиболее целесообразным использованием оборудования и инвентаря.

Основные идеи, направления и принципы проведения самостоятельных занятий, отражённые в концепции физкультурного образования обучающихся образовательных организаций высшего образования, предусматривают научное обоснование содержания самостоятельных занятий. Одним из путей решения проблемы повышения их эффективности является совершенствование организации и содержания самостоятельных занятий физическими упражнениями.

Формирование положительного отношения обучающихся к самостоятельным занятиям физическими упражнениями определяется единством полученных знаний в области теоретического и практического компонентов, включая знания и умения самостоятельно заниматься физическими упражнениями. Таким образом, формирование положительного отношения обучающихся к самостоятельным занятиям является одним из механизмов успешности обучения в области физкультурного образования.

Анализ научно-методической литературы и обобщение практической работы в вузах, свидетельствуют о противоречивости педагогических средств и технологий, направленных на формирование положительного отношения обучающихся к самостоятельным занятиям физическими упражнениями с учётом особенностей проявления свойств личности обучающихся, их практической подготовленности.

Для выявления результативности (эффективности) самостоятельных занятий обучающихся было проведено исследование. В ходе исследования с обучающимися ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России применялось анкетирование. Оно проводилось с помощью специально разработанной нами анкеты. В исследовании приняли участие 150 обучающихся 2-го года обучения факультетов техносферная и пожарная безопасность. Все обучающиеся относились к основной медицинской группе здоровья.

Результаты анкетирования показали, что самостоятельно занимается 80% обучающихся, остальные не занимаются по рациональным причинам. 50% респондентов тренируется 1-2 раза в неделю, 30% удается заниматься 3-4 раза, оставшееся меньшинство занимается ещё чаще, то есть в секциях. 60% обучающихся считают, что самостоятельные занятия придают достойную физическую форму, 20% – бодрое настроение, а оставшиеся занимаются для построения спортивной карьеры. Практически все опрошиваемые, а это 95% от общего количества, получают удовольствие от тренировок. 75% обучающихся получают должный результат от занятий, остальные

получают недостаточно. 50% опрошенных предпочитают заниматься на свежем воздухе, 25% в фитнес клубах, а остальные любят заниматься дома. Большинство респондентов – 85%, считают, что самостоятельные занятия влияют только положительно на современную молодежь. А главные причины игнорирования занятий, по результатам опроса, это 30% - занятость, 40% - лень, а остальные 30% подразумевают отсутствие интереса.

Таким образом, формирование положительного отношения обучающихся к самостоятельным занятиям физическими упражнениями предопределяется структурно-функциональным подходом к физическому воспитанию в единстве теоретического и практического компонентов, включая проблему параллельного формирования знаний и умения самостоятельно заниматься физическими упражнениями. Следовательно, хорошо подготовленный обучающийся имеет возможность качественно выполнять упражнения самостоятельно и проводить тренировки, подкрепляя это теоретическими знаниями, следовательно, не допуская оплошностей и достигая высокого результата.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Шипилов, Р.М.* Физическая культура в высших учебных заведениях МЧС России пожарно-технического профиля: Учебное пособие (Часть 4) / Р.М. Шипилов, В.Н. Матвейчев, Е.В. Ишухина, В.В. Розов. – Иваново: ООНИ ФГБОУ ВО «Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России», 2015. – 179с.

2. *Лукьяненко, В.П.* Терминологическое обеспечение развития физической культуры в современном обществе / В.П. Лукьяненко. // Монография. – М.: Советский спорт, 2008. – 168с.

3. *Бойцова, Т.Л.* Теоретические основы лёгкой атлетики / Т.Л. Бойцова, В.В. Бисеров // Учебное пособие. – Екатеринбург: УГТУ-УПИ, 2010. – 45с.

4. *Авсарагов, Г.Р.* Физическое воспитание студентов вузов в различные периоды учебного процесса // дис. канд. пед. наук. – Набережные Челны, 2010. – 137с.

УДК 796/07

*Д. Н. Шалявин, Е. В. Ишухина, Е. А. Орлов, Р. М. Шипилов*  
 ФГБОУ ВО «Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России»

### **СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДИКИ ПОДГОТОВКИ ЖЕНЩИН В ПОЖАРНО-СПАСАТЕЛЬНОМ СПОРТЕ СРЕДСТВАМИ РАЗВИТИЯ СКОРОСТНЫХ СПОСОБНОСТЕЙ**

Предложена и обоснована новая система подготовки женщин в пожарно-спасательном спорте основанная на повторном методе развития скоростных способностей. Приведены результаты тестов эксперимента.

**Ключевые слова:** быстрота, повторный метод, пожарно-спасательный спорт, МЧС России.

*D. N. Shaljavin E. V. Ishuhina, E. A. Orlov, R. M. Schipilov*

## **IMPROVEMENT OF THE METHOD OF PREPARATION OF WOMEN IN FIRE-RESCUE SPORTS WITH THE DEVELOPMENT OF HIGH-SPEED ABILITY**

A new system of training women in fire and rescue sports based on the repeated method of developing speed abilities was proposed and justified. The results of the experiment tests are given.

**Keywords:** speed, repeated method, fire and rescue sport, EMERCOM of Russia.

Учебно-тренировочные занятия по пожарно-прикладному спорту (ППС) – являются составной частью профессионально-прикладной физической подготовки, имеют спортивную направленность и проводятся с целью повышения боеготовности личного состава подразделений ГПС МЧС России.

Пожарно-спасательный спорт (ПСС) входит в категорию обязательных умений огнеборцев. Профессиональный подъем, преодоление препятствий, легкоатлетические упражнения являются залогом качественного выполнения работы пожарного.

Для качественной организации и проведении учебно-тренировочных занятий по ПСС необходимо строго учитывать принципы и закономерности спортивной тренировки, не соблюдение которых может привести, в лучшем случае, к некачественной подготовки, в худшем, нанесет вред здоровью спортсмена.

До 2014 года пожарно-спасательный спорт был только мужским видом спорта, но в ноябре 2013 года на XIV Международной конференции Международной спортивной федерации пожарных и спасателей, прошедшей в г. Алматы (Республика Казахстан), было принято решение привлекать девушек и женщин к занятиям пожарно-спасательным спортом и участию в спортивных мероприятиях. Впервые соревнования с участием женщин прошли в городе Иваново 11 и 12 февраля 2014 года на тот момент на базе Ивановского института ГПС МЧС России, это были Всероссийские соревнования по пожарно-прикладному спорту среди учебных заведений в закрытом помещении. В состав команд входили по четыре женщины от каждого вуза.

На международной арене женщины дебютировали в сентябре 2014 года в городе Алматы (Республика Казахстан) где состоялся X Чемпионат мира по пожарно-спасательному спорту.

Впервые на прошедшем чемпионате мира в соревнованиях принимали участие и представительницы женских национальных сборных команд. В российской сборной команде МЧС по пожарно-спасательному спорту 10 женщин, которые в повседневной жизни, как и их коллеги по спорту – мужчины, служат в различных подразделениях МЧС России.

По итогам чемпионата мира женская сборная МЧС России, впервые участвующая в соревнованиях, заняла 1-ое общекомандное место по пожарно-спасательному спорту среди женщин. Россиянки стали чемпионками мира в общекомандном зачёте, выиграв при этом в трёх спортивных дисциплинах: «Подъём по штурмовой лестнице на 2-ой этаж учебной башни», «Преодоление 100-метровой полосы с препятствиями» и «Пожарно-спасательная эстафета 4 по 100 м», уступив только в боевом развёртывании команде Германии.

**Актуальность:** анализ учебно-тренировочного процесса спортсменов женской сборной команды Ивановской пожарно-спасательной академии ГПС МЧС России по пожарно-прикладного спорта показал, что действующая система подготовки может быть усовершенствована путем развития скоростных способностей.

**Цель исследования** - совершенствование научно обоснованной методики подготовки женской сборной команды академии по пожарно-спасательному спорту.

**Гипотеза исследования:** для достижения максимального уровня результатов в пожарно-спасательном спорте женщинам необходимо развитие такого физического качества как быстрота (скоростные способности).

**Задачи исследования:**

- выявить уровень физической подготовленности женщин в пожарно-спасательном спорте;
- выявить эффективность методики подготовки женщин в пожарно-спасательном спорте средствами развития скоростных способностей.

**Этапы педагогического эксперимента:**

- изучение литературных источников по проблеме исследования, определение исходного уровня быстроты контрольной и экспериментальной групп, анализ и сравнение результатов педагогического тестирования.
- реализация комплекса учебно-тренировочных заданий в процессе учебно-тренировочного сбора (экспериментальная группа).
- анализ и сравнение уровня воспитания быстроты спортсменов экспериментальной и контрольной групп.

В сентябре 2016 года было проведено первое тестирование в контрольной и экспериментальной группе. Результаты тестирования показали, что группы не имели существенных различий.

Учебные тренировочные занятия проводились 6 раз в неделю. Комплексы упражнений выполнялись на первом и пятом занятии в неделю (табл 1). Занятия проводились в ходе учебно-тренировочного сбора.

*Таблица 1. Тренировочная программа в микроцикле*

№ п/п	Микроцикл						
	Понедельник	Вторник	Среда	Четверг	Пятница	Суббота	Воскресение
утро	специальная тренировка	специальная тренировка	специальная тренировка	специальная тренировка	специальная тренировка	Спортивные игры	
вечер	Повторная тренировка	Баня	Прыжковая тренировка	Переменный бег	Повторная тренировка	отдых	Отдых

На первом этапе эксперимента выявлен уровень подготовленности спортсменов, как контрольной, так и экспериментальной групп.

В исследовании приняло участие 8 женщин сборной команды по пожарно-спасательному спорту Ивановской пожарно-спасательной академии ГПС МЧС России. Для эксперимента были образованы две исследуемые группы: контрольная и экспериментальная. В каждую группу вошли по 4 спортсмена.

Для выявления уровня развития физической подготовленности использовались следующие контрольные испытания:

- Тест 1 бег на 50 метров;  
 Тест 2 прыжок в длину с места;  
 Тест 3 челночный бег 10×10 м;  
 Тест 4 бег на 200 метров;  
 Тест 5 бег с ходу 30 метров.  
 Тест 6 подъем по штурмовой лестнице в окно 2 этажа учебной башни  
 Тест 7 преодоление 100-метровой полосы с препятствиями

Таблица 2. Результаты начального тестирования физической подготовленности

№ п/п	ФИО	200 м	10×10 м	Бег 50 м	Прыжок в длину с места	100 м с пр.	Штурм. лестн.
1	Сергеенко И.	29,4	29,9	7,2	210	18,8	8,6
2	Филимонова А.	29,2	30,3	7,3	205	18,7	8,5
3	Прокофьева О.	27,5	28,4	6,7	225	18,5	8,5
4	Мощева Е.	31,0	30,4	7,5	205	19,7	8,9
5	Конькова В.	28,2	28,9	7,1	220	19,5	8,7
6	Лашина П.	27,8	28,3	6,8	223	19,4	8,8
7	Ишухина Т.	31,7	31,0	7,5	224	20,0	9,2
8	Смирнова Ю.	28,4	28,7	7,0	218	19,3	8,5

Полученные результаты после проведения первого этапа тестирования показывают, уровень развития быстроты большинства спортсменов контрольной и экспериментальной групп находится не на высоком уровне для успешной подготовки к различным соревнованиям по пожарно-спасательному спорту.

В проведенного нами начального тестирования виден недостаточный уровень развития скоростных способностей. Данная проблемная ситуация, снижает эффективность тренировочного процесса и обуславливает необходимость повышения эффективности учебно-тренировочных занятий, реализуемых преимущественно в подготовительный период и направленных на развитие скоростных способностей.

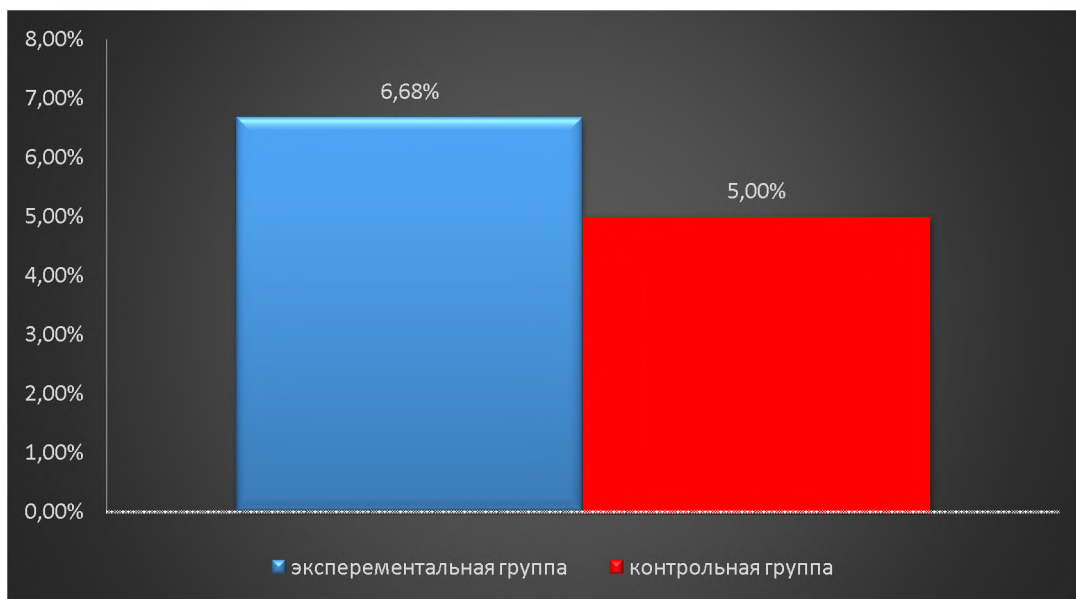
После исходного тестирования разница в проведении основной части тренировочного занятия в контрольной и экспериментальной группах заключалась в том, что в контрольной группе она проводилась по общепринятой методике, а в экспериментальной использовались специальные комплексы упражнений, основанных на методах повторной тренировки.



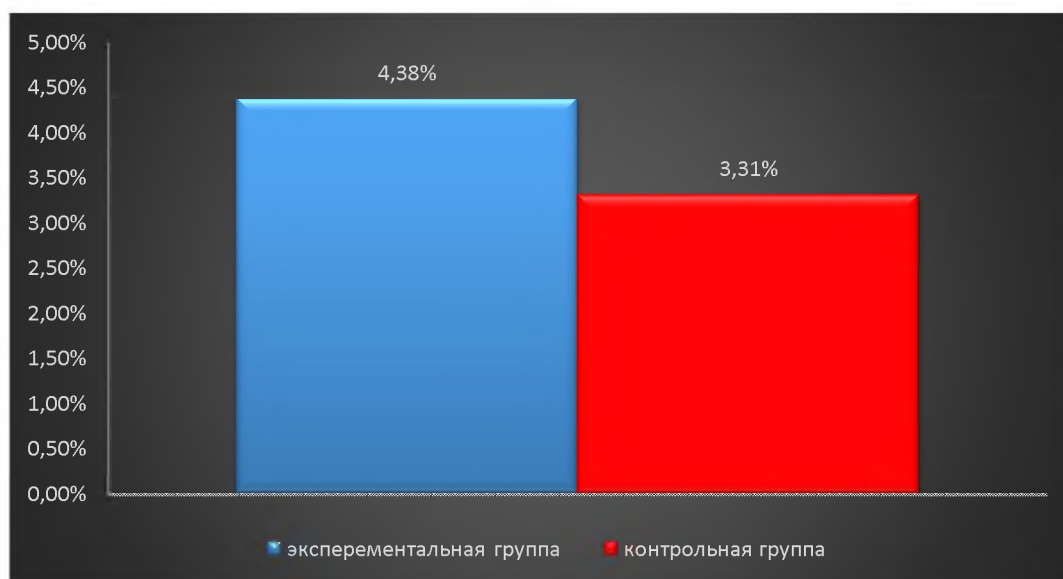
Данные комплексы занятий реализовывались в экспериментальной группе спортсменов, на протяжении всего этапа эксперимента. В разработку вошли недельные тренировочные планы (микроциклы).

На третьем этапе исследования, было проведено повторное тестирование спортсменов контрольной и экспериментальной групп, полученные результаты сравнивались и анализировались.

При анализе средних результатов между группами и между результатами начала и конца эксперимента нами было выявлено, что результаты экспериментальной группы по двум тестам была выше результатов контрольной группы (Рис. 1,2).



**Рис. 1.** Среднее арифметическое значение роста результатов «Преодоление полосы с препятствиями»



**Рис. 2.** Среднее арифметическое значение роста результатов теста «Подъем по штурмовой лестнице в окно 2-го этажа учебной башни»

**Выводы:** Спортсмены женской сборной Ивановской пожарно-спасательной академии, тренировавшиеся, на протяжении двух месяцев по разработанной нами системе тренировок при контрольных замерах показали более высокие и стабильные результаты, чем спортсмены, тренировавшиеся по традиционной системе. А также на сравнительном графике четко видно, что все участвующие в эксперименте спортсмены добились большего роста результатов. Полученные результаты указывают на то, что использование предложенной системы способствует улучшению скоростных качеств, улучшению физической работоспособности, что качественно влияет на конечный результат при выполнении упражнений на соревнованиях.

Предлагаемые изменения в порядок подготовки спортсменов к соревнованиям позволят повысить профессиональное мастерство и физическую подготовленность спортсменов, что приведет к повышению их спортивных результатов.

Оценивая соревновательные упражнения в пожарно-спасательном спорте можно сделать вывод о том, что для достижения высоких результатов в этом виде спорта спортсменам необходимо уделять первоочередное значение скоростно-силовой подготовке, которая играет главную роль в тренировке спортсменов.

В результате исследования был выявлен рост физических качеств спортсменов, занимающихся по нашей системе тренировок и доказана эффективность повторного метода развития скоростных способностей в пожарно-прикладном спорте.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Холодов, Ж.К.* Теория и методика физического воспитания и спорта: учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / Ж.К. Холодов, В.С. Кузнецов – 7-е изд., стер. – М.: «Академия», 2009. – 480 с.
2. *Вайцеховский, С.М.* Книга тренера / С.М. Вайцеховский. – М.: Физкультура и спорт, 2009. – 312 с.
3. *Алабин, В.Т.* 2000 упражнений для легкоатлетов: Учебное пособие для физкультурных учебных заведений / В.Т. Алабин. – Москва, 2006. – 497 с.
4. *Якимов, А.М.* Современные системы тренировки / Современная тренировка бегунов на средние и длинные дистанции / А.М. Якимов, П.Н. Хломенок, А.П. Хломенок. – М, 2002.

УДК 614.842/.847

*Р. М. Шипилов, М. Ю. Легошин, С. Г. Казанцев*

ФГБОУ ВО «Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России»

#### **СПЕЦИФИКА ПОДГОТОВКИ КУРСАНТОВ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ МЧС РОССИИ**

В статье рассматривается система профессиональной подготовки курсантов образовательных организаций высшего образования МЧС России на основе использования в тренировочном процессе многофункционального тренажёрного комплекса.

**Ключевые слова:** подготовка газодымозащитника, аварийно-спасательные работы, тренажёрные комплексы, МЧС России.

*R. M. Shipilov, M. Yu. Legoshin, S. G. Kazantsev*

## **SPECIFICITY OF TRAINING OF COURSES OF EDUCATIONAL ORGANIZATIONS OF HIGHER EDUCATION EMERGENCY OF RUSSIA**

The article deals with the system of professional training of cadets of educational organizations of higher education of the Ministry of Emergencies of Russia on the basis of the use of a multifunctional simulator complex in the training process.

**Keywords:** preparation of the gas defender, emergency rescue operations, simulators, EMERCOM of Russia.

Профессия пожарного связана с работой в сложных, а иногда в экстремальных условиях. Прежде всего, это касается условий, с которыми сталкивается личный состав пожарных подразделений в ходе выполнения задач по пожаротушению, ликвидации технологических катастроф, стихийных бедствий и спасению людей. Одними из таких условий является работа в задымленной среде, в условиях высоких температур, угрозы обрушений, работа в завалах и т.д. [3, 7]. В связи с этим пожарные подвергаются большим физическим и нервно-психическим напряжениям, что влечёт за собой риск их здоровью и жизни. По статистике, приведённой Титаренко М.С. (2010), профессия пожарного по степени опасности занимает 3-4 место в ряду других профессий, связанных с риском для жизни и здоровья людей [6]. Также, по данным многих социологических опросов профессиональная деятельность пожарных относится к числу десяти самых опасных профессий [5].

Несмотря на то, что всевозможные ситуации с которыми сталкиваются пожарные, имеют различный характер, по мнению Б.М. Динаева (2009) они имеют ряд общих характеристик: внезапность, требующая специальной готовности; резкий выход за пределы нормы привычных действий и состояний; противоречивость, требующая оперативного разрешения; внезапные изменения имеющейся обстановки; возрастание сложности протекающих процессов; нестабильность, переход от покоя к критичности; опасности и угрозы (срыва деятельности, гибели); нарастание напряженности для субъектов экстремальной ситуации (в плане ее осмысления, принятия решений, реагирования) и др. [2]. Таким образом, по мнению Динаева Б.М., опасность профессии пожарного отражается в экстремальности ситуации, которая носит не просто чрезвычайное, а исключительно опасное положение или событие. Несмотря на сложности и опасность данной профессии, подразделения федеральной противопожарной службы МЧС России, в настоящее время представляют собой наиболее подготовленную, технически оснащенную и мобильную экстренную службу [1].

Подготовка пожарных к деятельности в экстремальных условиях неразрывно связана с развитием необходимых знаний, умений и навыков, а также формированием профессионально важных физических и психических качеств, особенно это важно при подготовке курсантов образовательных организаций высшего образования МЧС России. Отработка оперативно-тактических действий по разведке пожара и подачи огнетушащих веществ в очаг горения, по спасению людей из здания, по вскрытию кровли, по слаженной работе звеньев ГДЗС и т.д., осуществляется на специальных дисциплинах, таких как: «Организация газодымозащитной службы», «Подготовка газодымозащитника», «Пожарно-строевая подготовка». От качества подготовки кур-

сантов зависит, экономичность выполнения работы, точность и слаженность действий, высокий уровень работоспособности. На базе Ивановской пожарно-спасательной академии ГПС МЧС России создан многофункциональный тренажёрный комплекс, который позволяет создать такие условия, которые могут быть связаны с тушением пожаров, ликвидацией последствий аварий и ЧС.

Система многофункционального тренажёрного комплекса включает в себя ряд тренировочных площадок:

- учебную пожарную башню на 2 беговые дорожки;
- предкамеру, совмещенную с постом безопасности и постом медицинского контроля;
- тамбур-шлюз;
- комнату руководителя занятий (пультовая);
- тепловой модуль (теплокамера);
- задымляемое помещение, включающее в себя вертикальные лестницы с выходом на кровлю и лабиринт;
- тренажёрную зону, включающую в себя 2 тренажера отработки навыков эвакуации пострадавших (ТОНЭП-4);
- тренировочную площадку (крыша одноэтажного комплекса);
- смотровую площадку.

По мнению ряда авторов (С.Д. Неверкович, 1996; А.И. Муровицкий, 2002; А.В. Осипов, 2007; А.С. Павлов, 2007; О.Ю. Демченко, 2009; А.Г. Попов, 2009; А.В. Шленков, 2009) факторами, характеризующими психологическую устойчивость пожарных, являются: работа в условиях высоких температур окружающей среды; высокая плотность дыма; нестандартность обстановки; воздействие шума; ограниченность пространства; сигнал тревоги; вид пострадавших [2]. Ряд научных работников высшей школы МЧС России (С.С. Аганов, 2005; Е.С. Гавриленко, 2007; Б.М. Динаев, 2009; М.Н. Жегалова, 2012; Д.А. Самсонов, 2005) считает о целесообразности воспитания общей выносливости, как физического качества, отражающего высокую физическую подготовленность пожарных. Также ряд авторов (А.П. Самонов, 1978; А.В. Подгрушный, 2004;) считают, что особую роль при тактической, технической и психологической подготовке пожарных, важную роль играют пожарно-тактические занятия и учения, тренировки в теплодымокамерах, огневой полосе психологической подготовки пожарных, учебной пожарной башни с площадкой, площадкой для пожарного автомобиля с подземным резервуаром и пожарным гидрантом [1].

Благодаря оптимально организованным, регулярным тренировкам в многофункциональном тренажёрном комплексе, как на свежем воздухе, так и в непригодной для дыхания среде, при нормальных и высоких температурах, позволяют значительно улучшить психологическую подготовку газодымозащитников, увеличить выносливость и психологическую устойчивость.

Данный комплекс позволяет отрабатывать следующие действия:

- отработка оптимальных и безопасных приёмов работы с применением средств защиты организма человека;
- поиск и спасение пострадавших;
- поиск необходимого технологического оборудования и выполнения упражнений по ликвидации аварийной ситуации;
- поиск скрытых «очагов пожара»;

- движение в помещениях со сложной планировкой в темноте;
- подъём по вертикальной лестнице в условиях ограниченной видимости;
- ходьба или бег с повышенной нагрузкой (в средствах защиты, с экипировкой);
- тренировка движений рук и плечевого пояса в средствах защиты, с экипировкой.

В многофункциональном тренажерном комплексе, возможно имитировать сложную планировку помещений с многочисленными и сложными препятствиями, звуковыми и световыми эффектами, дымом регулируемой плотности, зонами локального и объёмного нагрева.

Таким образом, представленные упражнения моделируют различные околоэкстремальные и экстремальные ситуации, где курсанты учатся решать сложные оперативно-тактические задачи, принимать правильные решения. На тренировках курсанты приобретают навыки управления, отработки лидерских качеств, повышают эффективность взаимодействия личного состава [4]. Разработанный и внедрённый в учебный процесс многофункциональный тренажёрный комплекс направлен на формирование высокой степени готовности курсантов Ивановской пожарно-спасательной академии ГПС МЧС России к будущей профессиональной деятельности.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Гуров, А.В.* Учебно-тренировочный комплекс для подготовки пожарных: учеб. пособие / А.В. Гуров, А.А. Исаев, И.В. Коршунов. Под ред. Ю.З. Иншакова. Воронеж: ВИ ГПС МЧС России, 2010. – 191 с.
2. *Динаев, Б.М.* Совершенствование профессионально-прикладной физической подготовки курсантов в вузах пожарно-технического профиля: дис. ... канд. пед. наук: 13.00.04. Шуя, 2009.
3. *Легошин, М.Ю.* Совершенствование профессионального уровня подготовки газодымозащитников в ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России / М.Ю. Легошин, И.М. Чистяков, Р.М. Шипилов, С.Н. Никишов // Пожарная и аварийная безопасность : сборник материалов XI Международной научно-практической конференции, посвященной Году пожарной охраны, Иваново, 24–25 ноября 2016 г. – Иваново : ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2016. – С. 267-269.
4. *Степанов, Р.А.* Специфика подготовки кадров в системе Государственной противопожарной службы МЧС России / Р.А. Степанов, А.А. Шелепенькин, Д.С. Белкин. Научно-аналитический журнал «Вестник Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России» Выпуск № 1 (2015). Режим доступа: <http://vestnik.igps.ru/wp-content/uploads/V71/30.pdf>.
5. Страна советов. Режим доступа: <http://strana-sovetov.com/career/2293-most-dangerous-professions.html>.
6. *Титаренко, М.С.* Влияние экстремальных ситуаций в профессиональной деятельности сотрудников ГПС МЧС России на возникновение морбидных рисков / М.С. Титаренко, С.П. Шклярчук // Научно-аналитический журнал «Вестник Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России» Выпуск № 3 (2010). Режим доступа: <http://vestnik.igps.ru/wp-content/uploads/V23/12.pdf>.
7. *Шипилов, Р.М.* Формирование адаптационной мобильности спасателей к проведению эвакуации (спасению) пострадавших с применением новых методов обучения / Р.М. Шипилов, С.Г. Казанцев, И.Ю. Шарабанова, Ю.А. Ведяскин // В мире научных открытий, 2015. № 11.5 (71). – С. 1763-1771.

УДК 614.88

*Р. М. Шипилов, Е. В. Ишухина, Д. Н. Шалявин, А. В. Суровегин*

ФГБОУ ВО «Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России»

## **РАЗРАБОТКА УЧЕБНО-ТРЕНАЖЕРНОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ ОТРАБОТКИ НАВЫКОВ ЭВАКУАЦИИ (СПАСЕНИЯ) И САМОСПАСАНИЯ В УСЛОВИЯХ ОБРУШЕНИЯ ПОТОЛКА И ЗАПУТЫВАНИЯ**

В статье рассматривается вопрос о разработке учебно-тренажерного комплекса запутывания для отработки навыков эвакуации (спасения) и самоспасания в условиях имитации обрушения потолка и запутывания. Авторы работы предлагают внедрение новых форм и методов профессиональной подготовки в виде 3-D модели учебно-тренажерного комплекса, направленного на повышения профессионального уровня обучающихся.

**Ключевые слова:** спасение, самоспасание, учебно-тренажерные комплексы, обрушение, запутывание.

*R. M. Shipilov, E. V. Ishuhina, D. N. Schalyavin, A. V. Surovegin*

## **DEVELOPMENT OF A TRAINING AND TRAINING COMPLEX FOR PROCESSING OF EVACUATION (SALVATION) SKILLS AND SELF-SUSTAINMENT UNDER THE CEILING AND INTERRUPTION CONDITIONS**

The article deals with the development of a training and training complex for entanglement for evacuation (rescue) and self-rescue skills in conditions of imitation of ceiling collapse and entanglement. The authors of the work suggest the introduction of new forms and methods of professional training in the form of a 3-D model of an educational and training complex aimed at improving the professional level of students.

**Keywords:** rescue, self-rescue, training-simulator complexes, collapse, entanglement.

### **Актуальность работы**

Многие здания и сооружения имеют множество недостатков конструкции. Эти недостатки имеются, как в современных постройках, так и в зданиях и сооружениях старого фонда с расположенными в них подвалами и подсобными помещениями. К недостаткам можно отнести:

- узкие коридоры, проходы, лестничные пролёты;
- в подвалах, подсобных помещениях размещаются не скрытые водопроводные трубы и металлические конструкции, висящие, не убранные в кабель-каналы провода и кабели;
- во многих жилых помещениях и торговых центрах устанавливают подвесные потолки, фальшь-стены из гипсокартона, которые монтируются на металлических конструкциях и в них монтируется огромное количество проводов и кабелей [3];
- самостоятельное изменение планировки помещений под торговые точки, склады и жилые сооружения и т.д.

Всё это в случае пожара или обрушения может стать ловушкой не только для людей, но и для пожарных [2]. В связи с этим существует необходимость в разработке инновационных механизмов, позволяющих создавать различные околоэкстремальные и экстремальные ситуации приближенных к реальным, регулировать степени сложности при решении оперативно-тактических задач по ведению аварийно-спасательных работ.

На базе ФГБОУ ВО Ивановской пожарно-спасательной академии Государственной противопожарной службы МЧС России на кафедре пожарно-строевой, физической подготовки и ГДЗС (в составе УНК «Пожаротушение») разрабатывается учебно-тренажерный комплекс запутывания.

**Целью** работы является разработка учебно-тренажерного комплекса запутывания для отработки действий по эвакуации (спасения) и самоспасания в условиях имитации обрушения потолка и запутывания.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие **задачи**:

- разработать проект учебно-тренажерного комплекса запутывания;
- разработать 3-D модель учебно-тренажерного комплекса запутывания;
- подготовить комплекс упражнений по работе на учебно-тренажерном комплексе запутывания.

#### **Новизна исследования**

Учебно-тренажерный комплекс запутывания является инновационной моделью, имитирующей различные ситуации и степени сложности по решению оперативно-тактических задач по ведению спасательных работ. Учебно-тренажерный комплекс запутывания предназначен для формирования и совершенствования у обучаемых профессиональных умений и навыков при осуществлении работ по самоспасению и спасанию пострадавших, с применением пожарно-технического оборудования и снаряжения в условиях обрушения потолка и запутывания.

#### **Методы исследования**

В исследовании использовался метод изучения и обобщения опыта работы при чрезвычайных ситуациях, который позволил проанализировать основные аспекты в подготовке пожарных и спасателей, риски угрожающие жизни и здоровью человека при чрезвычайных ситуациях, а также средства и способы спасения пострадавших.

Проектирование 3-D модели учебно-тренажерного комплекса запутывания осуществлялось с применением компьютерных программ SketchUp 2015 и Microsoft Visio.

#### **Обсуждение результатов**

В состав учебно-тренажерного комплекса запутывания входит:

1. Тренажёр запутывание «Обрушение» (рис. 1) представляет ограниченный по ширине коридор с двустворчатой крышей. В случае прохождения тренажёра имитируется обрушение потолка. Тренажёр оснащён свисающими проводами, кабелями и верёвками.

2. Тренажёр запутывание «Горизонтальный» представляет ограниченный по ширине коридор со свисающими проводами, кабелями и верёвками (рис. 1).

Учебно-тренажерный комплекс запутывания (рис. 2) имитирует коридор во время прохождения которого, происходит обрушение потолка и на газодымозащитника падают провода и верёвки. Данный тренажёр может быть оборудован звуковым сопровождением. При использовании звукового сопровождения может быть имитирован звук не только обрушения потолка, но и пожара, просящего помощи человека и т.д. Также в данном учебно-тренажерном комплексе запутывания может применяться и дымовая завеса, ограничивающая зону видимости при продвижении. В этом случае

данный тренажёр может быть использован не только для отработки определённых умений и навыков, но и в качестве психологической подготовки.

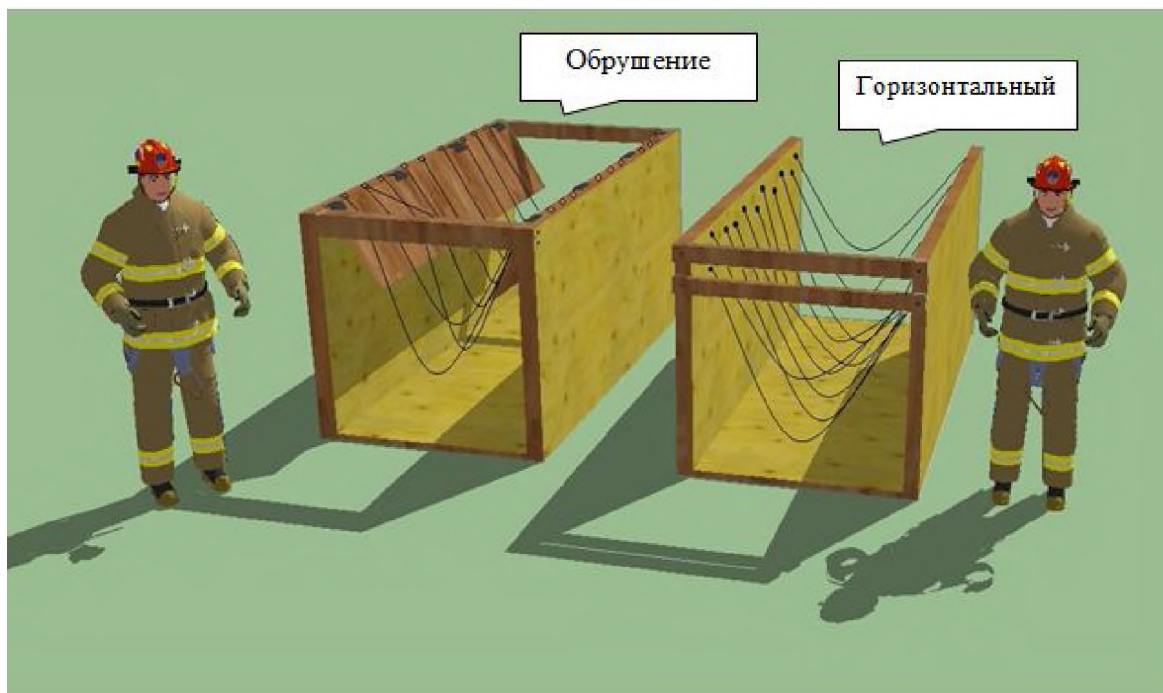


Рис. 1. Проект 3D-модели тренажёров «Обрушение», «Горизонтальный»

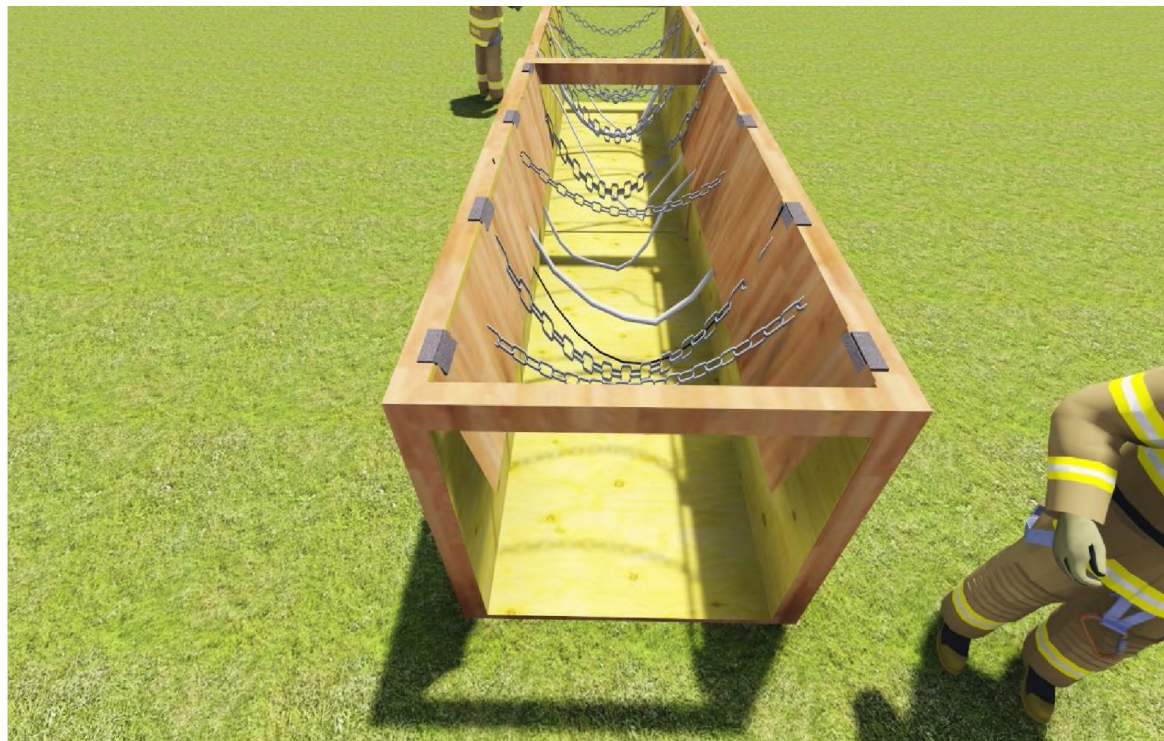


Рис. 2. Коридор учебно-тренажерного комплекса запутывания



Целью разработки методики работы на учебно-тренажерном комплексе запутывания является формирование у обучающихся Ивановской пожарно-спасательной академии ГПС МЧС России профессиональных компетенций:

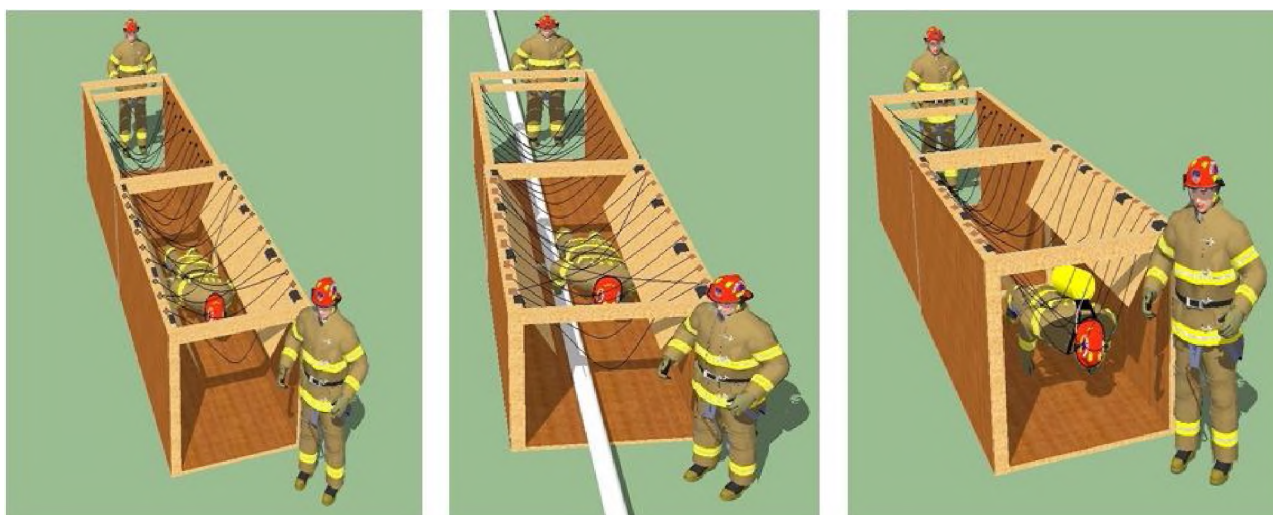
- умений технически правильно выполнять действия по продвижению через провода и верёвки, используя технику «плавания» или «американского футбола»;
- навыков работы с пожарно-техническим оборудованием и снаряжением при проведении самоспасания и спасания пострадавших;
- навыков работы в составе звена ГДЗС.

В современных помещениях бесчисленные провода часто монтируют под подвесным потолком. И в случае обрушения этой конструкции существует опасность падения проводов и кабелей на пол и запутывания пожарных. В большинстве случаев основные кабели и провода размещают в центре потолка.

Если подвесной потолок при пожаре обрушился, и провода и кабели упали на пол, пожарным рекомендуется развернуться баллонами дыхательного аппарата к стене. Такая позиция даст им возможность защитить дыхательный аппарат от запутывания, свободно использовать руки и видеть препятствия при передвижении. Кроме того, пожарные должны носить с собой нож или плоскозубцы, чтобы при запутывании освободить себя.

Возможные виды упражнений отрабатываемых на тренажере (рис. 3, 4, 5):

- в боевой одежде пожарного без СИЗОД;
- в условиях ограниченной видимости (задымление внутри тренажёра) без СИЗОД;
- в условиях ограниченной видимости (задымление внутри тренажёра) по пожарному рукаву;
- в боевой одежде пожарного в СИЗОД;
- в боевой одежде пожарного в СИЗОД условиях ограниченной видимости (задымление внутри тренажёра) по пожарному рукаву.



**Рис. 3.** Виды упражнений отрабатываемых на тренажёре одним бойцом

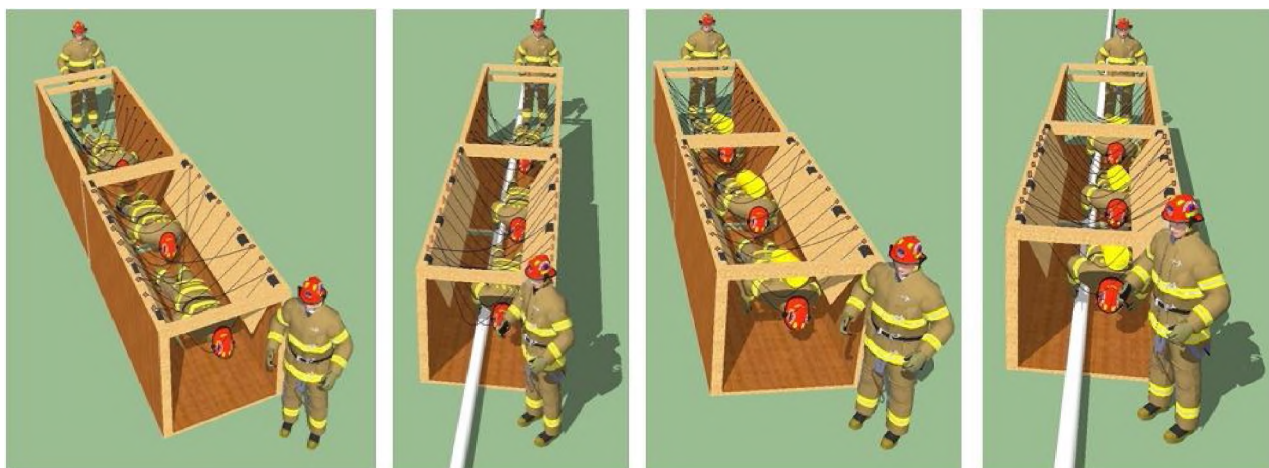


Рис. 4. Виды упражнений отрабатываемых на тренажёре в составе звена ГДЗС

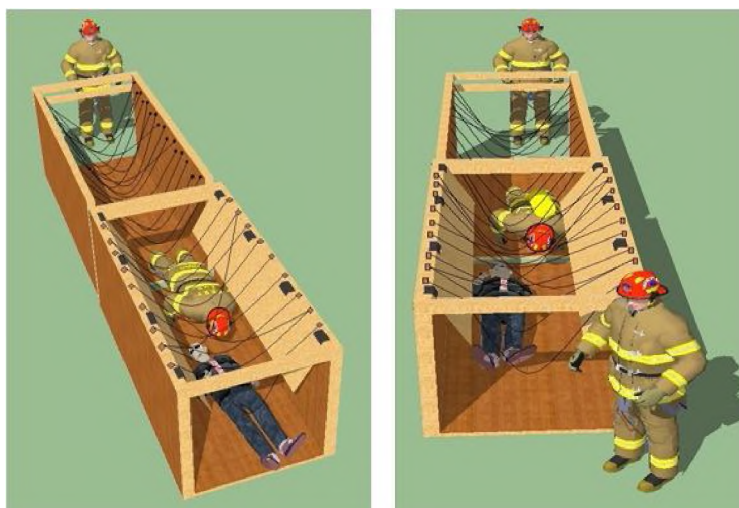


Рис. 5. Виды упражнений отрабатываемых на тренажёре при спасении (эвакуации) пострадавших

### Вывод

Таким образом, использование учебно-тренажерного комплекса запутывания на учебных занятиях позволит отработать наибольшее количество упражнений по эвакуации (спасению) и самоспасению пострадавших. Это позволит разнообразить тематику занятий по дисциплинам: «Пожарно-строевая подготовка», «Подготовка газодымозащитника». Учебно-тренажерный комплекс запутывания также может применяться для проведения соревнований среди переменного состава.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шитлов, Р.М. Использование тренировочных устройств в подготовке будущих пожарных и спасателей / Р.М. Шитлов, С.Г. Казанцев. Пожарная безопасность: проблемы и перспективы: Сб. статей по материалам VI Всероссийской научно-практической конференции с международным участием 23-24 сент. 2015 г.: в 2-х ч. Ч. 1 / ФГБОУ ВО Воронежский институт ГПС МЧС России. – Воронеж, 2015. – С. 415-418.

2. *Шитлов, Р.М.* К вопросу о совершенствовании процесса профессиональной подготовки курсантов вузов ГПС МЧС России при отработке способов эвакуации (спасения) и самоспасания / Р.М. Шипилов, Е.В. Ишухина, В.Н. Матвейчев, Б.В. Кузнецов // Педагогический опыт: теория, методика, практика, 2016. № 4 (9). – С. 113-118.

3. *Шитлов, Р.М.* Разработка проекта тренажерного комплекса запутывание при отработке навыков самоспасания и спасения пострадавших (ТКЗ-3) / Р.М. Шипилов, С.Г. Казанцев, К.С. Романов. Пожарная и аварийная безопасность: сборник материалов X Международной научно-практической конференции, посвящённой 25-летию МЧС России / под общ. ред. канд. техн. наук, доц. И.А. Малого. – Иваново: ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2015. – С. 331-335.

4. *Шитлов, Р.М.* Разработка технических средств для обучения и контроля адаптационной мобильности курсантов вузов ГПС МЧС России / Р.М. Шипилов, С.Г. Казанцев, И.Ю. Шарабанова, Е.В. Ишихина, Е.А. Орлов. Научный журнал «European Social Science Journal». Международный исследовательский институт, №1 – 2016. – С. 332-335. <http://mii-info.ru/data/documents/EZhSN-2016-1.pdf> (№10 Перечня российских рецензируемых научных журналов от 01.12.2015).

5. *Шитлов, Р.М.* Технология подготовки спасателей при эвакуации пострадавших / Р.М. Шипилов, С.Г. Казанцев. Материалы Всероссийской конференции и школы для молодых ученых «Системы обеспечения техносферной безопасности». – Таганрог: ЮФУ, 2015. – С. 23-25.

УДК 378.147.88

*Н. А. Ширяев, Ю. В. Водолажская*

ФГБОУ ВО «Воронежский институт ГПС МЧС России»

## **СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДИКИ ПРЕПОДАВАНИЯ КУРСОВОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ «ДЕТАЛИ МАШИН»**

В статье рассматриваются аспекты совершенствования методики преподавания курсового проектирования по дисциплине «Детали машин» с использованием систем автоматизированного проектирования.

**Ключевые слова:** детали машин, проектирование, системы автоматизированного проектирования.

*N. A. Shiryayev, Yu. V. Vodolazhskaya*

## **IMPROVEMENT OF THE TEACHING METHODS OF DESIGN COURSE BY DISCIPLINE «MACHINE PARTS»**

The article is concerned with aspects of improvement of the teaching methods of design course by discipline «Machine parts» with use computer aided design systems.

**Keywords:** machine parts, design, computer aided design systems.

В последнее время учебные планы в вузах претерпели серьёзные изменения. Уменьшение объёма часов на изучение общетехнических дисциплин и курсовое проектирование, новые требования к компетенциям выпускников со стороны работодателей, снижение уровня школьной подготовки и падение интереса к изучаемым дисциплинам заставляет преподавателей вузов корректировать содержание традиционных общеинженерных курсов и совершенствовать методики преподавания за счет внедрения компьютерных и информационных технологий.

Внедрение информационных технологий в учебный процесс инженерных вузов сопровождается существенными изменениями в методологии преподавания графических дисциплин. В соответствии с требованиями государственных образовательных стандартов выпускники технических вузов должны не только владеть набором профессиональных знаний, умений, навыков и компетенций, но и быть готовыми к освоению новых знаний, обеспечивающих профессиональную конкурентоспособность. Активное внедрение информационных технологий привело к увеличению потребности в высококвалифицированных инженерных кадрах, владеющих навыками работы в системах автоматизированного проектирования (САПР).

В Воронежском институте Государственной противопожарной службы МЧС России преподавание дисциплин ведется с использованием современного компьютерного и демонстрационного оборудования. Активно внедряются в учебный процесс пакеты специализированных программных продуктов для решения инженерных задач САПР. Освоение современных программных средств для решения задач автоматизации трехмерного проектирования, конструкторско-технологической подготовки производства любой сложности в различных отраслях промышленности позволяет выпускникам быть конкурентно способными в профессиональном плане на рынке труда.

Системы САПР заняли достойное место в проектировании и технологической цепи производства. Использование прикладных программ с мощными ресурсами визуализации, такими как АРМ WinMachine и КОМПАС 3D, позволяет облегчить восприятие обучаемыми сложных физических процессов изучение прикладной механики и деталей машин.

Тематика курсового проектирования имеет вид комплексной инженерной задачи, включающей кинематические и силовые расчеты, выбор материалов и расчеты на прочность, вопросы конструирования и выполнения конструкторской документации в виде габаритных, сборочных и рабочих чертежей, а также составления спецификации.

Правильным подходом применения вычислительной техники при выполнении курсовых проектов следует считать такую организацию учебного процесса и такое построение методики расчета, которые способствуют закреплению логики расчета и физического смысла каждого параметра, входящего в расчетные формулы.

В подобных случаях применение обучающих программ не только экономит время обучаемого при выполнении указанных расчетов, но и позволяет существенно расширить вариантность выбора материалов, параметров, компоновочных схем и провести более глубокий их анализ. Но к использованию таких программных продуктов целесообразно допускать только тех обучаемых, которые выполнили от начала и до конца обычный расчет по учебно-справочной литературе. Такой расчет способствует закреплению теоретических знаний, полученных из курса деталей машин, развивает навыки пользования справочной литературой, обеспечивает логический подход к решению инженерных задач.

Курсовое проектирование по деталям машин выполняется с использованием КОМПАС-График и АРМ WinMachine.

Чертежный редактор системы КОМПАС-График предоставляет широчайшие возможности автоматизации проектно-конструкторских работ в различных отраслях промышленности. Система изначально ориентирована на полную поддержку стандартов ЕСКД. Весь функционал КОМПАС-График подчинен целям скоростного создания высококачественных чертежей, схем, расчетно-пояснительных записок, технических условий, инструкций и прочих документов.

Прочностные расчеты узлов и деталей механизмов и их инженерный анализ обеспечивает пакет АРМ WinMachine. Он имеет модульную структуру в зависимости от типа деталей. Работа происходит в диалоговом режиме и заключается в поэтапном продвижении от выбора типа объекта, ввода данных, к выполнению расчетов, просмотру результатов. Обеспечивается получение результатов в виде таблиц, графиков, номограмм и рабочих чертежей. АРМ WinMachine позволяет рассчитать и спроектировать валы, опоры, соединения.

Характерными чертами этих пакетов являются диалоговый режим, многовариантность решений, значительная емкость базы данных, исключая необходимость пользования справочной литературой.

Использование САПР дает возможность досконально изучить исследуемую проблему и найти ошибки в теоретических расчетах, проанализировать их и принять правильное решение. В результате применения систем КОМПАС 3D и АРМ WinMachine в учебном процессе у курсантов и студентов при выполнении курсового проекта по дисциплине «Детали машин» стало развиваться творческое мышление, снизились затраты времени на выполнение чертежной документации и повысилась компьютерная грамотность.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Водолажская, Ю.В.* Использование САПР при выполнении курсового проекта по дисциплине «Детали машин» / Ю.В. Водолажская, Н.Л. Сафонова, А.Н. Гусаков / Материалы международной научно-практической конференции «Роль местной противовоздушной обороны и пожарной охраны в годы Великой отечественной войны». – Кокшетау, РГУ «КТИ КЧС МВД Республики Казахстан», 2015. – с. 52-54.

2. *Киссельман, И.Ф.* О поиске путей совершенствования курсового проектирования по предмету «Детали машин» / И.Ф. Киссельман, М.Г. Юдина // Теория и практика общественного развития, 2012, № 8. – с. 134-138.

3. *Тимербаев, Р.М.* Педагогические условия активизации учебного процесса и саморазвития студентов при изучении курса «Детали машин» / Р.М. Тимербаев, Р.Х. Мухутдинов, В.Ф. Данилов // Теория и практика общественного развития, 2014, № 6. – с. 134-138.

4. *Бабичев, Д.Т.* Совершенствование методики преподавания основ проектирования типовых узлов машин на примере изучения темы «Ременные передачи» / Д.Т. Бабичев // Современное машиностроение. Наука и образование, 2016, № 5. – с. 328-339.

## СОДЕРЖАНИЕ

### НАДЕЖНОСТЬ И ДОЛГОВЕЧНОСТЬ МАШИН И МЕХАНИЗМОВ

<b>Арипбаева А. Е.</b> О расчете и рациональном проектировании армирующих каркасов пожарных напорных рукавов при действии внутреннего гидравлического давления.....	3
<b>Борисов Д. В., Пучков П. В., Курочкин В. Ю.</b> Устройство для восстановления работоспособности рукавно-насосных систем на пожаре.....	7
<b>Бубнов А. Г., Курочкин В. Ю., Кнутов М. С.</b> Увеличение надёжности пожарного насоса путём изменения показателей работоспособности его составных частей.....	10
<b>Бубнов А. Г., Шибнева Н. А.</b> Некоторые аспекты очистки воздуха от формальдегида в диэлектрическом барьерном разряде.....	14
<b>Бубнов А. Г., Курочкин В. Ю., Сараев И. В., Семенов А. Д.</b> Оценка параметров риска как критериев для обоснования выбора пожарных рукавов.....	18
<b>Бурлаков А. А., Воловиков В. С.</b> Подход к определению категорий тяжести последствий отказов составных частей техники связи и автоматизированных систем управления.....	23
<b>Бушков А. С., Легкова И. А.</b> Восстановление поверхностей деталей металлизацией.....	26
<b>Бушковский Е. А., Ляпин А. А., Мальцев А. Н.</b> Выбор наиболее надежного и функционального быстроразъемного соединения пожарных рукавов.....	30
<b>Бык Н. О., Иванов В. Е., Легкова И. А.</b> Перспективы применения квадрокоптеров.....	32
<b>Винограденко А. М., Веселовский А. П., Бурьянов О. Н.</b> Способ оперативного контроля технического состояния подвижных спецсредств.....	34
<b>Ганижев Р. Б.</b> Общие и специальные требования к конструированию беспилотных летательных аппаратов для их применения в условиях горной местности.....	36
<b>Гарелина С. А., Каштанов А. А., Латышенко К. П., Ларионов Н. Ю.</b> Анализ работы пожарным ломом как аварийно-спасательным инструментом.....	39
<b>Гарелина С. А., Дементьев Е. С., Латышенко К. П.</b> Передвижные метрологические комплексы в системе МЧС России.....	42
<b>Головин А. Г., Гусев А. П., Киселев Д. В.</b> О некоторых особенностях интерпретации результатов, полученных при испытаниях на надежность.....	48
<b>Гомонай М. В., Беспалова Ю. О.</b> Исследование температуры в деталях инженерных конструкций при пожарах.....	52
<b>Горшков А. Г.</b> Конструирование устройств твердотельной электроники на основе новых магнитоэлектрических композитов.....	57
<b>Гутовский А. В., Гомонай М. В.</b> Организация хранения материально-технического имущества спасательных формирований в условиях Арктики.....	61
<b>Дробушко А. Г., Сафонова Н. Л.</b> Повышение надёжности и долговечности крепежных элементов пожарных автомобилей с помощью цинколамельного покрытия.....	66
<b>Егоров С. А., Егорова Н. Е., Егорова Е. С., Мухин А. А.</b> Компьютерное моделирование теплообмена швейной иглы с покрытием.....	69
<b>Есина М. Г., Демидов А. Ю.</b> Роботы на вооружении МЧС России.....	71
<b>Есина М. Г.</b> Нахождение особых конфигураций механизма с использованием алгебраических методов.....	77
<b>Захаров Д. Ю., Томашевич К. К., Волков О. Г., Топоров А. В., Володин А. Н.</b> Определение прочностных характеристик лицевой части панорамной маски при воздействии теплового потока.....	83
<b>Иванников А. А., Жуков Л. В., Кузнецов А. В.</b> Методика оценки готовности к пуску дизеля военной автомобильной техники в условиях низких температур.....	87

<b>Иванов А. В., Михайлова В. И., Скрипник И. Л.</b> Повышение надежности пожарной техники в условиях теплового воздействия при горении нефтепродуктов .....	91
<b>Калентьев В. А., Клинов Ф. М.</b> Измеритель виброперемещений ИВП4-1500 .....	95
<b>Кнутов М. С., Екимов П. С., Курочкин В. Ю., Зарубина Е. В.</b> Модернизация пожарного автомобиля АЦ-2,5-40 (43362) .....	98
<b>Козловский А. Э., Колобов М. Ю., Смирнов Д. В., Потапова К. В.</b> Определение коэффициентов пластичности при неразрушающем контроле механических свойств .....	101
<b>Колбашов М. А., Еловский В. С., Сизов А. П., Комельков В. А.</b> Уплотнение для герметизации вращающихся валов насосов систем противопожарной защиты .....	106
<b>Колобов А. Б., Огурцов Ф. Б.</b> Выбор разрешающей способности спектрального анализа вибрации для диагностики дефектов зубчатой передачи .....	109
<b>Колобов А. Б., Огурцов Ф. Б.</b> Основные положения технологии вибродиагностики асинхронного электродвигателя при эксплуатации .....	114
<b>Колобов М. Ю., Мельников А. А., Киселев Б. Р., Мугаев К. М., Сахаров С. Е.</b> Повышение эффективности центробежной мельницы .....	118
<b>Копытков В. В., Шньпарков А. В., Папсуев Д. В.</b> Расчет криволинейной поверхности клапана избыточного давления в рукавных линиях .....	121
<b>Куваева Е. Ю., Колобов М. Ю.</b> Защита пожарных автомобилей от коррозионного разрушения .....	125
<b>Курочкин В. Ю., Семенов А. Д., Гришанов Д. А.</b> Применение современных композиционных материалов при модернизации пожарной техники .....	128
<b>Курочкин В. Ю., Спиридонов С. С., Кичайкин В. В., Зарубина Е. В.</b> Исследование теплового режима работы двигателя пожарного автомобиля при эксплуатации в условиях отрицательных температур .....	132
<b>Лагуткина Д. Ю., Сайкин М. С.</b> Магнитожидкостные наклонмеры для технических объектов .....	136
<b>Лопатин Д. С., Носков С. С.</b> Организация диагностирования и технического обслуживания робототехнических средств и пути ее совершенствования в СВФ МЧС России .....	141
<b>Лукниенко Л. В.</b> Учёт особенностей работы тяжело нагруженных зубчато-реечных передач с радиусным профилем при их изготовлении .....	145
<b>Ляпин А. А., Бушковский Е. А., Мальцев А. Н.</b> Повышение надежности насосов пожарных автомобилей модернизацией уплотнительных устройств .....	149
<b>Милосердов Е. П., Кузнецов А. А., Мукучян А. А.</b> Поддержка принятия решений по выбору режимов в системах электроснабжения .....	151
<b>Натареев С. В., Иванов В. Е., Беляев С. В.</b> Сушка сыпучего материала в аппарате кипящего слоя .....	154
<b>Ноздрин М. А., Сабанеев Н. А., Суркова П. В.</b> Моделирование удара тела по композитному слою .....	158
<b>Ноздрин М. А., Круглов А. В., Лопырев В. А.</b> Расчет на прочность и устойчивость элементов конструкции телемачты А330 .....	161
<b>Огурцов В. А., Алешина А. П., Огурцов Ал. В., Огурцов Ан. В.</b> К расчету скорости движения сыпучего материала по вибрирующей поверхности грохота .....	164
<b>Огурцов Ф. Б., Колобов А. Б., Швед А. В.</b> Анализ вибрации подшипников качения на базе разложения по ортогональным полиномам .....	166
<b>Паршина К. С.</b> Основные принципы моделирования механических систем .....	170
<b>Печурин А. А., Преснов А. И., Воронин С. В.</b> Интенсификация моечно-очистных процессов высокого давления .....	173
<b>Покровский А. А., Кураков В. А.</b> Разработка трехмерной модели грузовой лебедки .....	179
<b>Покровский А. А.</b> Улучшение технических характеристик кантователя двигателя .....	182
<b>Сараев И. В., Бубнов А. Г., Моисеев Ю. Н., Кнутов М. С.</b> Рекомендации по выбору гидравлического аварийно-спасательного инструмента для ликвидации аварий на транспорте на примере пожарно-спасательных подразделений МЧС России Республики Мордовия .....	185
<b>Семенов А. Д., Погожин Д. П., Кнутов М. С., Бочкарев А. Н., Курочкин В. Ю.</b> О влиянии ингибитора коррозии на надежность емкостей из стали марки СТЗ и пенообразующую способность пенообразователя при его хранении в пожарных частях .....	189

<b>Семенов А. Д., Краснов И. А., Кнутов М. С., Курочкин В. Ю.</b> Повышение надежности емкостей из стали марки ст3 при хранении пенообразователя в пожарных частях .....	194
<b>Семенов А. Д., Костяев А. А., Харламов Р. И., Курочкин В. Ю.</b> История развития и современные способы повышения надежности пожарных рукавов .....	197
<b>Семенов А. Д., Годлевский В. А., Кнутов М. С., Бочкарев А. Н.</b> Увеличение срока службы подшипников качения посредством рационального выбора смазочных материалов.....	200
<b>Семенов А. Д., Харламов Р. И., Курочкин В. Ю., Бочкарев А. Н., Кнутов М. С.</b> Оборудование для защиты пожарного насоса при заборе воды из открытого водоисточника .....	205
<b>Семенова К. В., Пайков И. А., Тихонов А. И.</b> Особенности численного моделирования аварийных режимов в трехфазном трансформаторе.....	208
<b>Скрипник И. Л., Воронин С. В.</b> Способ расчета показателя приспособленности образца к прогрессивной технологии производства .....	213
<b>Скрипник И. Л., Воронин С. В.</b> Способ расчета показателя надежности образца пожарной техники .....	215
<b>Скрипник И. Л., Воронин С. В.</b> К вопросу о современном состоянии теории проектирования новых образцов пожарной техники.....	218
<b>Скрипник И. Л., Воронин С. В.</b> Подход к выбору ивариантных технических решений в совершенствовании изделий пожарной техники .....	220
<b>Скрипник И. Л., Воронин С. В.</b> Совершенствование организационного механизма управления разработкой образцов пожарной техники .....	222
<b>Скрипник И. Л., Воронин С. В.</b> Современные подходы повышения эффективности разработок образцов пожарной техники.....	224
<b>Скрипник И. Л., Савельев Д. В., Воронин С. В.</b> Проблемы производства дизельных топлив на газоконденсатных и нефтяных месторождениях России .....	227
<b>Скрипник И. Л., Воронин С. В.</b> Проблемы повышения технического уровня образцов пожарной техники.....	231
<b>Степанов С. Г., Шомов П. А., Арипчаева А. Е., Сибилев А. А.</b> О выборе материала нитей для производства армирующих каркасов пожарных напорных рукавов с улучшенными эксплуатационными характеристиками	233
<b>Сычев С. А., Зарубин В. П., Легкова И. А.</b> Увеличение возможностей передвижной мастерской для технического обслуживания пожарной техники .....	237
<b>Сычев С. А., Зарубин В. П.</b> Возможность использования передвижной мастерской для проведения технического обслуживания и ремонта пожарной техники.....	240
<b>Топоров А. В., Смирнов М. В.</b> Расчет на прочность методом конечных элементов рамы устройства.....	243
<b>Топоров А. В., Смирнов М. В.</b> Разработка мер безопасности при работе с пневмогидравлическим приводом гидравлического аварийно-спасательного инструмента .....	245
<b>Харламов Р. И., Годлевский В. А., Блинов О. В.</b> Анализ параметров центробежных насосов методом трехмерного твердотельного моделирования.....	247
<b>Харламов Р. И., Кнутов М. С., Дашин Н. С.</b> Повышение надежности пожарных рукавов в процессе эксплуатации .....	251
<b>Харламов Р. И., Бочкарев А. Н., Семенов А. Д.</b> Оптимизация сушки пожарных рукавов в процессе технического обслуживания .....	253
<b>Харламов Р. И., Маслов А. В., Лучинкин И. А.</b> Способ фиксации рукавных линий при тушении пожаров в зданиях повышенной этажности.....	257
<b>Харламов Р. И., Михалев О. К., Моисеев Ю. Н.</b> Повышение надежности пожарных насосов при заборе воды из естественных водоисточников .....	259
<b>Щукин В. А., Сафонова Н. Л.</b> Ткани на основе нанотехнологий для спецодежды сотрудников МЧС России.....	262
<b>Яковлев В. М., Киселев В. В., Легкова И. А.</b> Расчет силовых элементов ремонтного подкатного лежака.....	264
<b>Яковлев В. М., Киселев В. В.</b> К вопросу организации ремонта и технического обслуживания автотранспортной техники.....	269
<b>Яковлев В. М., Киселев В. В., Пучков П. В.</b> Разработка конструкции подкатного лежака с регулируемой высотой подъема для ремонта пожарной техники .....	272



<b>Березина Е. В., Годлевский В. А., Железнов А. Г., Парфенов А. С., Харламов Р. И.</b> Новые пути и возможности исследования структуры граничных смазочных слоев непосредственно при трении .....	276
<b>Блинов О. В., Годлевский В. А., Моисеев Ю. Н., Парфенов А. С.</b> Основные ограничения для применения метода молекулярной динамики при описании смазочных слоев .....	279
<b>Бойцова В. В., Колобов М. Ю., Киселев Б. Р., Замятина Н. И.</b> Порошковые композиционные материалы триботехнического назначения.....	283
<b>Буров А. А., Годлевский В. А., Моисеев Ю. Н.</b> Применение модификаторов трения в трибосопряжениях пожарной техники.....	285
<b>Власов А. М., Полетаев В. А., Пахолкова Т. А.</b> Исследование эксплуатационных характеристик магнитожидкостных герметизаторов.....	288
<b>Годлевский В. А., Колбашов М. В., Моисеев Ю. Н.</b> Перспективы применения полимерных антифрикционных материалов в узлах трения пожарной техники.....	292
<b>Годлевский В. А., Харламов Р. И., Сандлер В. А., Диарра С.</b> Применение электрических методов исследования смазочного слоя для оценки его супрамолекулярной упорядоченности .....	296
<b>Даровской Г. В., Поляков В. Н., Шайхиев А. Р.</b> Разработка методики исследования длительности существования сплошной смазочной пленки.....	301
<b>Ермакова К. Н., Кузнецова А. В., Киселев В. В.</b> Анализ основных причин износа деталей пожарных автомобилей.....	304
<b>Киселев Б. Р., Бойцова В. В.</b> Эмпирическое определение коэффициента трения скольжения в зубчатой передаче.....	308
<b>Колбашов М. А., Сырбу С. А., Новиков В. В.</b> Триботехнические свойств машинных масел с присадками жидких кристаллов.....	312
<b>Корниенко А. А., Катаманов А. А., Егорова Н. Е.</b> Смазочные материалы для парафинирования нитей .....	316
<b>Кузнецов М. А., Зуйкова К. С., Зарубин В. П.</b> Современные смазочные материалы, применяемые в машиностроении .....	319
<b>Мельников А. А., Киселев Б. Р., Колобов М. Ю., Смирнов Д. В.</b> Исследование влияния ультразвуковой обработки на антифрикционные свойства вермикулита .....	323
<b>Осадчий Ю. П., Пахотина И. Н., Пахотин Н. Е., Харченко С. С.</b> Влияние смазочных материалов на износ деталей машин.....	326
<b>Пирогов Д. А., Шляпугин Р. В., Селезнев С. В.</b> Исследование динамических характеристик зевообразовательного механизма металлоткацкого станка с учетом диссипативных сил.....	330
<b>Приймак В. В., Марченко М. А., Скрипник И. Л.</b> Повышение эксплуатационных характеристик систем первоочередного жизнеобеспечения при проведении аварийно-спасательных работ путем электрофизического воздействия .....	333
<b>Степанова Т. Ю., Кирпичева Т. Ю.</b> Сущность и роль трения при механической переработке текстильных полуфабрикатов.....	337
<b>Терентьев В. В., Аكوпова О. Б., Телегин И. А.</b> Разработка эффективных смазочных материалов с присадками-металлмезогенами для узлов трения пожарного оборудования.....	341
<b>Терентьев В. В., Хохлов Е. Н.</b> Разработка технологического оборудования для очистки отработанных смазочных материалов.....	344
<b>Топоров А. В., Топорова Е. А.</b> Особенности выбора поверхностно-активных присадок к маслам.....	347
<b>Топорова Е. А., Топоров А. В.</b> Теоретические предпосылки использования магнитной жидкости в качестве смазки.....	349
<b>Харламов Р. И., Годлевский В. А.</b> Анализ взаимосвязи электрических и трибологических параметров смазочного слоя.....	351
<b>Харламов Р. И., Колбашов М. А.</b> Взаимосвязь динамики и износа трибосопряжения пожарных автомобилей.....	355

## ТРИБОЛОГИЯ ПРОЦЕССОВ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ

<b>Голяс А. А., Шпенькова Е. В., Полетаев В. А.</b> Повышение эффективности процесса поверхностного пластического деформирования .....	359
<b>Еловский В. С., Наумов А. Г., Комельков В. А.</b> Перспективы применения «Эффекта Пельтье» для повышения работоспособности быстрорежущего инструмента.....	363
<b>Еловский В. С., Наумов А. Г., Колбашов М. А.</b> Эффективность применения термоэлектрического охлаждения при лезвийном резании металлов .....	367
<b>Колбашов М. А., Новиков В. В., Сырбу С. А., Репин Д. С.</b> Влияние присадок холестерических жидких кристаллов на свойства режущих масел для металлообработки.....	373
<b>Копосов В. Н.</b> Проектирование универсальных многошпиндельных головок .....	379
<b>Новиков В. В., Афанасьева О. В.</b> Моделирование процесса формирования сливной стружки при свободном резании .....	382
<b>Новиков В. В., Бурченков К. С., Афанасьева О. В.</b> Аналитический расчет температуры на контакте «стружка-инструмент» при резании.....	387
<b>Обронов М. С., Егоров С. А.</b> Модернизация парогенератора для подачи СОТС.....	391
<b>Репин Д. С., Колбашов М. А., Клопов А. С.</b> Влияние полимерных присадок на смазочную способность СОТС.....	393
<b>Репин Д. С., Колбашов М. А., Евдокимов И. Р.</b> Исследование напряженного состояния в поверхностном слое металлов после обработки резанием.....	397
<b>Чернов Л. К., Полетаев В. А.</b> Магнитное взаимодействие иглы и магнитов в магнитно-абразивном устройстве .....	401
<b>Чернов Л. К., Полетаев В. А.</b> Совершенствование процесса магнитной галтовки .....	406
<b>Чернов Л. К., Полетаев В. А.</b> Исследование износа галтовочных игл .....	411

## СОВРЕМЕННЫЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ

<b>Багажков И. В., Смирнов В. А.</b> Изучение прогноза развития и распространения пожара в зданиях учебных заведений на примере Ивановского энергетического колледжа .....	416
<b>Багажков И. В., Смирнов В. А.</b> Прогноз развития и распространения пожаров в зданиях учебных заведений.....	420
<b>Беспалова Е. С., Волобуева Е. В., Гарелина С. А., Латышенко К. П., Финогенова М. А.</b> Разработка визуального (видео- и фото) контента и тестов по дисциплине «Механика».....	424
<b>Бойков А. А.</b> Основные направления реорганизации курса графических дисциплин в условиях компьютеризации учебного процесса.....	427
<b>Бойков А. А., Чернова П. А.</b> Решение задач начертательной геометрии складыванием листа бумаги (оригами-геометрия) .....	431
<b>Будко П. А., Островский Ю. Н., Винограденко А. М.</b> Комплексный подход в освоении специальной техники с использованием инновационных технологий.....	434
<b>Бутрин А. С., Гессе Ж. Ф.</b> Самостоятельная работа обучающихся на занятиях по дисциплине «Метрология, стандартизация и сертификация» .....	438
<b>Ведерникова И. И., Третьякова Н. В.</b> Использование новых форм лекций при изучении дисциплины «Материаловедение».....	441
<b>Ведерникова И. И., Третьякова Н. В.</b> Применение различных методов при изучении дисциплины «Технологическое обеспечение качества» .....	444
<b>Ведяскин Ю. А., Кулагин А. В., Кольцов А. А.</b> Современные тренажерные комплексы для подготовки специалистов газодымозащитной службы .....	447
<b>Вокуев Д. Н., Иванов В. Е.</b> Современные учебно-тренировочные комплексы для подготовки пожарных-спасателей .....	452

<b>Вокуев Д. Н., Иванов В. Е., Пучков П. В.</b> Современное программное обеспечение для визуализации проектных решений .....	456
<b>Волков О. Г., Апарин А. А., Бочкарев А. Н., Захаров Д. Ю.</b> Роль развития периферийного зрения в процессе подготовки представителей экстремальных профессий (пожарных и спасателей) .....	460
<b>Волкова М. Ю., Егорычева Е. В.</b> Комплексное использование электронных средств в учебном процессе .....	467
<b>Гарелина С. А., Латышенко К. П.</b> Разработка комплекта учебного пособия «Анализ и расчёт аварийно-спасательного инструмента и оборудования» .....	469
<b>Губенку С. Е.</b> Необходимые условия решения проблемы качественной подготовки сотрудников СГЗиЧС МВД Республики Молдова .....	472
<b>Демидова Г. Д., Колобов М. Ю.</b> Компьютерные технологии при изучении инженерной графики в системе «школа–технический вуз» .....	475
<b>Егорова Н. Е.</b> Интерактивные технологии при обучении навыкам алгоритмизации .....	477
<b>Егорычева Е. В., Волкова М. Ю., Варфоломеева А. А.</b> Применение моделирования при построении пересечений поверхностей .....	481
<b>Егорычева Е. В., Волкова М. Ю., Сорокин И. П.</b> Моделирование пространства и области отражения в помещении с зеркальными поверхностями .....	485
<b>Захаров Д. Ю., Волков О. Г., Володин А. Н.</b> Факторы, определяющие работу газодымозащитников при проведении занятий на огневой полосе психологической подготовки пожарных .....	489
<b>Иванов В. Е., Малый И. А., Потемкина О. В.</b> Развитие ранней профессиональной адаптации учащихся кадетского корпуса по робототехнике .....	491
<b>Иванов В. Е., Кропотова Н. А.</b> Концептуальные основы формирования профессиональных компетенций обучающихся .....	496
<b>Ишухина Е. В.</b> Специальная выносливость профессиональных пожарных на примере обучающихся в пожарно-технических вузов .....	499
<b>Ишухина Е. В., Орлов Е. А., Шальявин Д. Н., Ишухина Т. В.</b> Развитие выносливости у обучающихся в учебных заведениях ГПС МЧС России .....	503
<b>Ишухина Е. В., Шипилов Р. М., Ишухина Т. В.</b> Критерии контроля и оценки координационных способностей обучающихся в вузах .....	507
<b>Казанцев С. Г., Шипилов Р. М., Шальявин Д. Н., Сухов А. А.</b> Разработка промежуточных нормативных заданий по отдельным упражнениям пожарно-строевой подготовки .....	511
<b>Калентьев В. А., Раевская Л. Т.</b> Применение метода кейсов в моделировании объектов и технологических процессов .....	515
<b>Кропотова Н. А., Горина С. В.</b> Концептуальные основы адаптивного обучения в Ивановской пожарно-спасательной академии ГПС МЧС России .....	518
<b>Кропотова Н. А., Легкова И. А., Пучков П. В.</b> Проектный метод – инновационная образовательная технология XXI века .....	522
<b>Кропотова Н. А., Иванов В. Е.</b> Комплекс инновационных педагогических приемов, реализуемых на занятиях по дисциплине «Механика» .....	526
<b>Кузьмина К. И., Усачева Т. Р., Чешинский М. А., Кузьмина И. А., Шарнин В. А.</b> Автоматизированная поисковая система для систематизации результатов научных исследований .....	531
<b>Кулагин А. В., Ведякин Ю. А., Волкова К. М.</b> Оценка физической подготовки специалистов экстремального профиля к выполнению профессиональных задач .....	534
<b>Курляндская И. П., Челтыбашев А. А., Туканова Л. Е.</b> Опыт использования инновационных методов обучения при подготовке специалистов на примере Мурманского филиала СПбУ ГПС МЧС России .....	538
<b>Курочкин В. Ю., Волкова К. М., Семенов А. Д.</b> Разработка электронного учебного пособия для обучающихся по дисциплине «Надежность технических систем и техногенный риск» .....	541
<b>Легошин М. Ю., Чистяков И. М., Соколов Е. Е., Никишов С. Н.</b> Анализ нормативно-правовых документов, регулирующих деятельность газодымозащитной службы в процессе подготовки специалистов пожарной охраны .....	545
<b>Легошин М. Ю., Чистяков И. М., Никишов С. Н., Зарубина Е. В.</b> К вопросу профессиональной подготовки газодымозащитников в ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России .....	550

<b>Легошин М. Ю., Чистяков И. М., Никишов С. Н., Соколов Е. Е.</b> Иновации в процессе обучения газодымозащитников: разработка и внедрение навигационной системы для пожарных подразделений.....	553
<b>Лобанов М. А., Чекан Г. В., Алыкова А. Л.</b> Использование программного комплекса «DoRI_CL» в учебном процессе.....	558
<b>Матвейчев В. Н., Шипилов Р. М., Легошин М. Ю., Ведякин Ю. А., Кулагин А. В.</b> К вопросу о совершенствовании профессиональной подготовки обучающихся образовательных организаций высшего образования МЧС России .....	561
<b>Мочалова Т. А.</b> Применение заданий по развитию мышления в процессе обучения в вузе.....	565
<b>Мочалова Т. А., Сторонкина О. Е., Чеснокова Л. Н.</b> Современные методы обучения и организации практических занятий в вузах МЧС России .....	568
<b>Мочалова Т. А.</b> Применение активных методов в процессе обучения в вузе .....	571
<b>Орлов Е. А., Ишухина Е. В., Шалявин Д. Н.</b> Модельные характеристики сильнейших спортсменов-прикладников, направленные на решение проблемы спортивного (профессионального) отбора .....	573
<b>Осипова Н. В., Гомонай М. В.</b> Совершенствование процесса утилизации снега с дорожных покрытий населенных пунктов в условиях чрезвычайных ситуаций .....	578
<b>Павлюкова Н. Л., Орлов А. С.</b> Использование интернета при преподавании дисциплин «Защита интеллектуальной собственности» и «Основы патентоведения» .....	582
<b>Паньчев А. П., Шавнина М. В., Зимина Д. Д.</b> Непрерывная профессиональная подготовка специалистов автомобильного транспорта «школа-университет-производство» .....	585
<b>Прохорова А. А.</b> Мультилингвальная компетенция как необходимая составляющая профессиональной компетентности .....	588
<b>Рыженко А. А., Аманкешулы Д., Губенку С. Е.</b> Новаторские принципы подготовки аналитиков ведомственной организации .....	592
<b>Салионов Д. С.</b> Роль дистанционного обучения дознавателей на рабочем месте.....	597
<b>Самойлов Д. Б., Комельков В. А., Коноваленко Е. П., Карасев Е. В., Мочалова Т. А., Салихова А. Х., Животягина С. Н., Кокурин А. К.</b> Разработка подходов к оценке сформированности профессиональных компетенций в области надзорной деятельности при реализации основной профессиональной образовательной программы по специальности 20.05.01 «Пожарная безопасность» .....	600
<b>Самойлов Д. Б., Коричев С. Н., Семенов А. О.</b> Методика оценки системы управления для повышения профессиональной подготовки руководителей территориальных пожарно-спасательных гарнизонов .....	603
<b>Сидоров А. А.</b> Актуальность формирования профессиональных компетенций студентов.....	608
<b>Соколов Г. П., Сорокин А. А., Белов Д. С.</b> Роль физической культуры в жизни студента ИПСА ГПС МЧС России.....	610
<b>Сорокин А. А., Ишухина Е. В., Тютюкина А. Ю.</b> Способы мотивации студентов образовательных организаций высшего образования МЧС России к систематическим занятиям физической культурой и спортом.....	613
<b>Степанова Т. Ю.</b> Роль интерактивного обучения при изучении курса «Прикладная механика».....	616
<b>Сухов А. А., Шалявин Д. Н., Казанцев С. Г., Легошин М. Ю.</b> Совершенствование методики развития скоростных и скоростно-силовых способностей спортсменов сборной команды ФГБОУ ВО ИПСА ГПС МЧС России по пожарно-спасательному спорту.....	618
<b>Таратанов Н. А., Карасев Е. В.</b> Эффективность внедрения дополнительной практики .....	623
<b>Федотов С. Б.</b> Дистанционное обучение как инновационная образовательная технология обучения в особых условиях чрезвычайных ситуаций.....	625
<b>Филатова Г. А., Брызгалов Е. А., Белкин Н. В.</b> Организация практических занятий для студентов магистратуры с использованием микропроцессорных устройств релейной защиты SIEMENS SIPROTEC.....	629
<b>Фроленков С. В., Тербнев В. В., Черкинский М. В.</b> Алгоритм выбора статистического критерия при исследованиях оперативно-тактических действий пожарных подразделений и его использование в учебном процессе.....	632
<b>Черкинский М. В., Фроленков С. В., Тербнев В. В.</b> Совершенствование методов развертывания рабочих рукавных линий малого диаметра при тушении пожаров в жилых многоэтажных домах.....	636
<b>Чистов П. В., Маринич Е. Е., Литвинов В. А.</b> Самостоятельные занятия по физической культуре в образовательных организациях высшего образования ГПС МЧС России .....	641

<b>Шалявин Д. Н., Ишухина Е. В., Орлов Е. А., Шипилов Р. М.</b> Совершенствование методики подготовки женщин в пожарно-спасательном спорте средствами развития скоростных способностей .....	644
<b>Шипилов Р. М., Легошин М. Ю., Казанцев С. Г.</b> Специфика подготовки курсантов образовательных организаций высшего образования МЧС России .....	649
<b>Шипилов Р. М., Ишухина Е. В., Шалявин Д. Н., Суровегин А. В.</b> Разработка учебно-тренажерного комплекса для отработки навыков эвакуации (спасения) и самоспасания в условиях обрушения потолка и запутывания.....	653
<b>Ширяев Н. А., Водолажская Ю. В.</b> Совершенствование методики преподавания курсового проектирования по дисциплине «Детали машин».....	658

# **НАДЕЖНОСТЬ И ДОЛГОВЕЧНОСТЬ МАШИН И МЕХАНИЗМОВ**

## **СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ VIII ВСЕРОССИЙСКОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ**

**ИВАНОВО, 13 АПРЕЛЯ 2017 г.**

Издается в авторской редакции

Подписано в печать 03.04.2017 г.  
Формат 60×84 1/8. Бумага писчая. Печать офсетная.  
Усл. печ. л. 83,75. Уч.-изд. л. 77,88. Тираж 75 экз. Заказ № 205  
(Издательство «Ивановский государственный университет»)  
г. Иваново, ул. Ермака, 39

Отпечатано в АО «Информатика»  
153032, г. Иваново, ул. Ташкентская, 90