



Основан в 2016 году  
Выходит 4 раза в год

Научный журнал  
**Вестник**  
**Университета гражданской защиты**  
**МЧС Беларуси**  
**(Journal of Civil Protection)**  
**Том 6, № 4, 2022**

**Редакционная коллегия:**

*главный редактор:*

**Полевода**  
**Иван Иванович**

кандидат технических наук,  
доцент

*зам. главного редактора:*

**Гончаренко**  
**Игорь Андреевич**

доктор физико-математических наук,  
профессор

**Платонов**  
**Александр Сергеевич**

кандидат физико-математических  
наук, доцент

**Редакционный совет:**

Ковтун Вадим Анатольевич, доктор технических наук, профессор – председатель; Богданова Валентина Владимировна, доктор химических наук, профессор – зам. председателя; Акулов Артем Юрьевич, кандидат технических наук (Россия); Байков Валентин Иванович, доктор технических наук, старший научный сотрудник; Барановский Николай Викторович, кандидат физико-математических наук (Россия); Бирюк Виктор Алексеевич, кандидат технических наук, доцент; Волочко Александр Тихонович, доктор технических наук, профессор; Волянин Ежи, доктор технических наук, профессор (Польша); Иваницкий Александр Григорьевич, кандидат технических наук, доцент; Иванов Юрий Сергеевич, кандидат технических наук; Ильюшонок Александр Васильевич, кандидат физико-математических наук, доцент; Каван Степан, доктор технических наук (Чехия); Калач Андрей Владимирович, доктор химических наук, доцент (Россия); Камлюк Андрей Николаевич, кандидат физико-математических наук, доцент; Карпиленья Николай Васильевич, доктор военных наук, профессор; Кремень Марк Аронович, доктор психологических наук, профессор; Кудряшов Вадим Александрович, кандидат технических наук, доцент; Кузьмицкий Валерий Александрович, доктор физико-математических наук, доцент; Лебедева Наталья Шамильевна, доктор химических наук, доцент (Россия); Лебедин Александр Владимирович, доктор военных наук, профессор; Лешенюк Николай Степанович, доктор физико-математических наук, профессор; Поздеев Сергей Валерьевич, доктор технических наук, профессор (Украина); Соколов Сергей Викторович, доктор технических наук, профессор (Россия); Тихонов Максим Михайлович, кандидат технических наук, доцент; Тур Виктор Владимирович, доктор технических наук, профессор; Фурманов Игорь Александрович, доктор психологических наук, профессор; Чень Цзяньго, доктор технических наук, профессор (Китай); Шарипханов Сырым Дюсенгазиевич, доктор технических наук (Казахстан).

Учредитель – Государственное учреждение образования  
«Университет гражданской защиты  
Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь»

Решением коллегии Высшей аттестационной комиссии № 18/8 от 9 декабря 2016 г.  
журнал включен в перечень научных изданий Республики Беларусь  
для опубликования результатов диссертационных исследований

Журнал зарегистрирован в Министерстве информации Республики Беларусь,  
свидетельство о регистрации № 1835 от 19 сентября 2016 г.

Журнал включен в перечень научных изданий Республики Беларусь для опубликования результатов диссертационных исследований по психологическим, техническим (по научным направлениям – безопасность в чрезвычайных ситуациях; пожарная и промышленная безопасность; гражданская оборона) и военным (по научному направлению – гражданская оборона) наукам.

Ответственность за подбор и точность приведенных данных, а также за использование сведений, не подлежащих открытой публикации, несут авторы опубликованных материалов.

Статьи, поступающие для публикации в журнале, рецензируются.

Полная или частичная перепечатка, размножение, воспроизведение или иное использование опубликованных материалов допускаются с обязательной ссылкой на журнал «Вестник Университета гражданской защиты МЧС Беларуси».

Адрес редакции: ул. Машиностроителей, 25, 220118, г. Минск  
Контактные телефоны: +37517 340-53-93 (главный редактор)  
+37517 341-32-99

Сайт Университета гражданской защиты: [www.ucsp.by](http://www.ucsp.by)  
Email редакции: [vestnik@ucsp.by](mailto:vestnik@ucsp.by)

**ISSN 2519-237X (print)**  
**ISSN 2708-017X (online)**

© Государственное учреждение образования  
«Университет гражданской защиты  
Министерства по чрезвычайным ситуациям  
Республики Беларусь», 2022

## СОДЕРЖАНИЕ

### **Пожарная и промышленная безопасность (технические науки)**

**Латушкина С.Д., Посылкина О.И., Артемчик А.Г., Сечко И.А.** Износостойкие металлические покрытия, сформированные методом магнетронного распыления, на огнезащищенных тканевых материалах..... 391

**Суриков А.В., Зайнудинова Н.В., Бойко В.П.** Перспективные методы оценки степени полученных в условиях пожара термических повреждений конструкций, выполненных с применением гипсовых плит ..... 400

**Иванов И.Ю., Навроцкий О.Д., Кондакова Я.А., Красавин В.Е., Бусел М.О.** Исследование фторированных поверхностно-активных веществ для разработки пленкообразующего огнетушащего состава..... 415

**Морозов А.А.** Влияние высоты установки ручного пожарного ствола с оптимальными геометрическими параметрами на расход огнетушащего вещества .... 429

**Камлюк А.Н., Лихоманов А.О., Титовец А.Ф., Полочанин Н.С., Грачулин А.В.** Влияние размеров ячейки сетки и расстояния от нее до сопла пеногенерирующего устройства на дисперсность пены..... 441

### **Гражданская оборона**

**Хроколов В.А.** Возможный подход к определению объема аварийно-спасательных и других неотложных работ, возлагаемых на пожарную аварийно-спасательную службу гражданской обороны ..... 451

### **Безопасность в чрезвычайных ситуациях (психологические науки)**

**Голякова И.В., Карпиевич В.А.** Половозрастные различия в представлениях о психологической безопасности ..... 460

### **Подготовка специалистов в области предупреждения и ликвидации ЧС**

**Полевода И.И., Пасовец В.Н., Лахвич В.В., Денисенко Д.С.** Динамический автотренажер управления пожарным аварийно-спасательным автомобилем..... 472

### **Разное (обзоры)**

**Бурлаченко К.Г., Ефимов А.А., Кадиев Ш.К., Костенко О.Н., Николаенко Е.В., Сафронов Н.А., Степанов Е.В., Чубуков М.А.** Перспективные направления научно-технической деятельности МЧС России в области информационных технологий ..... 481

Правила предоставления статей ..... 498

## CONTENTS

### Fire and industrial safety (technical sciences)

**Latushkina S.D., Posylkina O.I., Artemchik A.G., Sechko I.A.** Wear-resistant metal coatings formed by magnetron sputtering on fire-proof fabric materials ..... 391

**Surikov A.V., Zaynudinova N.V., Boyko V.P.** Promising methods for assessing the degree of thermal damage obtained under fire conditions made with the application of gypsum boards ..... 400

**Ivanov I.U., Navrotsky O.D., Kondakova Ya.A., Krasavin V.E., Busel M.O.** Research of fluorinated surfactants for the development of a film-forming fire extinguishing composition ..... 415

**Morozov A.A.** The effect of the height of the installation of a manual fire barrel with optimal geometric parameters on the consumption of extinguishing agent ..... 429

**Kamlyuk A.N., Likhomanov A.O., Titovets A.F., Polochanin N.S., Grachulin A.V.** Influence of the dimensions of the grid cell and the distance from it to the nozzle of the foam-generating device on the foam dispersion ..... 441

### Civil defense

**Khrokolov V.A.** A possible approach to determining the volume of emergency rescue and other urgent work assigned to the fire emergency and rescue service of civil defense ..... 451

### Safety in emergencies (psychological sciences)

**Golyakova I.V., Karpiyevich V.A.** Gender and age differences in representations about psychological safety ..... 460

### Training of specialists in the field of prevention and elimination of emergencies

**Palevoda I.I., Pasovets V.N., Lakhvich V.V., Denisenko D.S.** Dynamic driving simulator of fire rescue vehicle ..... 472

### Miscellaneous (reviews)

**Burlachenko K.G., Efimov A.A., Kadiev Sh.K., Kostenko O.N., Nikolaenko E.V., Safronov N.A., Stepanov E.V., Chubukov M.A.** Prospective directions of scientific and technical activities of the Ministry of Emergency Situations of Russia in the field of information technologies ..... 481

Rules of submitting articles for publication ..... 498

## ИЗНОСОСТОЙКИЕ МЕТАЛЛИЧЕСКИЕ ПОКРЫТИЯ, СФОРМИРОВАННЫЕ МЕТОДОМ МАГНЕТРОННОГО РАСПЫЛЕНИЯ, НА ОГНЕЗАЩИЩЕННЫХ ТКАНЕВЫХ МАТЕРИАЛАХ

Латушкина С.Д., Посылкина О.И., Артемчик А.Г., Сечко И.А.

*Цель.* Изучение адгезионной прочности и износостойкости металлических покрытий, сформированных методом магнетронного распыления на огнезащищенных тканевых материалах.

*Методы.* Трибологические испытания проводили на трибометре JLTB-02. Адгезионная прочность покрытий оценивалась с помощью методики измерения с использованием клейкой ленты с решетчатым надрезом. Дорожки изнашивания на покрытиях были исследованы с помощью сканирующего электронного микроскопа Hitachi S-900.

*Результаты.* Исследованы адгезионная прочность и трибологические свойства алюминиевых и латунных покрытий, осаждаемых методом магнетронного распыления на арселоне с различными пропитками. Определено, что применение пропитки вне зависимости от состава повышает адгезионную прочность покрытий, формируемых методом магнетронного распыления. Установлено влияние как состава химической пропитки, так и материала покрытия на трибологические характеристики изученных образцов. Установлено, что для алюминиевых покрытий характерны меньшие значения коэффициента трения и ширины дорожек трения, чем для латунных, что свидетельствует об их более высокой износостойкости.

*Область применения исследований.* Представленные результаты исследований могут быть использованы при изготовлении огнезащитной спецодежды, необходимой для пожарных, спасателей, а также для работников нефтегазовой отрасли, сварщиков, металлургов и военных.

*Ключевые слова:* магнетронное распыление, металлическое покрытие, тканевый материал, адгезия, коэффициент трения, ширина дорожки трения.

(Поступила в редакцию 20 сентября 2022 г.)

### Введение

В настоящее время все более значимой является проблема создания огнезащитной спецодежды, необходимой для пожарных, работников нефтегазовой отрасли, сварщиков, металлургов, военных и т.д. Выбор методов и средств обеспечения безопасности работающих определяется набором вредных и опасных производственных факторов, поэтому в зависимости от функционального назначения спецодежда должна соответствовать требованиям конкретного производства и максимально защищать от вредных и опасных факторов. В связи с этим необходимым является повышение функциональных свойств и расширение ассортимента огнезащищенных текстильных материалов [1]. Формирование на огнезащищенных текстильных материалах металлических слоев позволяет повысить их тепло- и светоотражающие свойства. Однако необходимым условием обеспечения длительной эксплуатации таких покрытий является их высокая адгезионная прочность и износостойкость.

Метод магнетронного распыления является перспективным для металлизации текстильных материалов и позволяет наносить на ткани тонкие пленки металлов и их сплавов [2–5]. Применение низкотемпературной плазмы, получаемой в магнетронной распылительной системе, в которой используется аномальный тлеющий разряд в вакууме, обеспечивает процесс испарения пленкообразующего материала с большой скоростью, с одновременной ионизацией и возбуждением распыленных атомов. Покрытия, сформированные данным методом, характеризуются плотной бездефектной структурой с равномерным распределением элементов в объеме покрытия.

Целью настоящей работы являлось изучение адгезионной прочности и износостойкости металлических покрытий, сформированных методом магнетронного распыления на огнезащищенных тканевых материалах.

### Основная часть

**Методика эксперимента.** Покрытия были получены с использованием системы магнетронного распыления несбалансированного типа на установке ВУ-1А при остаточном давлении атмосферы  $10^{-3}$  Па.

Предварительная очистка образцов проводилась при потенциале смещения  $U = 1000$  В в среде аргона в течение  $t = 600$  с. Для распыления использовались мишени из алюминия марки А99 (ГОСТ 4784-2019<sup>1</sup>) и латуни марки Л63 (ГОСТ 15527-2004<sup>2</sup>). Осаждение металлических покрытий из латуни и алюминия проводилось на образцы из арселона, подвергнутого предварительной комбинированной обработке в различных химических растворах (табл. 1).

**Таблица 1. – Образцы для исследований**

№ обр.	Основа	Вид пропитки (замедлителя горения)	Покрытие 1	Покрытие 2
1	Арселон	Состав на основе связок с Са и Mg	Алюминий	Латунь
2		Состав КБ-mix*		
3		Состав КБ-mix, затем 2 %-й раствор фторопласта Ф-42 в ацетоне		
4		Состав КБ-mix, затем 2 %-й раствор Silres BS 45		
5		Раствор жидкого стекла, затем состав КБ-mix		
6		Состав из 10 %-го $Na_3PO_4$ и 5 %-го жидкого стекла		
7		Совмещенный состав из ЭГ-mix (смесь составов из связок с Са, Mg, Sn и этиленгликоля) с 2 %-м Silres BS 45		
8		Составом из 10 %-го $Na_3PO_4$ , 3 %-го гипофосфита Na и 5 %-го жидкого стекла		

*Примечание.* \*КБ-mix – смесь составов КБ с Са, Sn, Fe с добавкой гипофосфита Na и полиэтиленгликоля ПЭГ 400. Толщина покрытий (алюминий, латунь) составляла  $2 \pm 0,01$  мкм.

Осаждение покрытий проводилось при следующих параметрах работы магнетрона:  $P = 1,2-2,0$  кВт;  $I = 4,5$  А;  $U = 360$  В; время осаждения составляло 30 мин.

Для оценки адгезионной прочности покрытий, сформированных на тканевых материалах методом магнетронного распыления, использовалась методика измерения с использованием клейкой ленты с решетчатым надрезом<sup>3</sup>. Трибологические испытания проводили на трибометре JLTB-02 (J&L Tech Co., Корея), работающем по схеме «шар – диск». Материал шарика – сталь ШХ 15, твердость – 58...63 HRC, нагрузка на шарик – 1 Н, скорость вращения диска – 380 об/мин, время испытаний – 55 ч.

**Результаты исследования.** При формировании покрытий на поверхности текстильных материалов явление адгезии играет важную роль. Адгезия покрытий обуславливается прежде всего различными видами взаимодействий между молекулами или атомами, которые приводят к образованию межмолекулярных и химических связей. Высокоэнергетическое воздействие гетерофазного металлического потока при магнетронном распылении также оказывает существенное влияние на формирование адгезионных связей между покрытием и подложкой из текстильного материала.

<sup>1</sup> Алюминий и сплавы алюминиевые деформируемые. Марки: ГОСТ 4784-2019. – Введ. 01.09.19. – М.: ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ». – 35 с.

<sup>2</sup> Сплавы медно-цинковые (латуни), обрабатываемые давлением. Марки: ГОСТ 15527-2004. – Введ. 01.07.05. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2004. – 11 с.

<sup>3</sup> Единая система защиты от коррозии и старения. Покрытия металлические и неметаллические неорганические. Методы контроля: ГОСТ 9.302-88. – Введ. 01.01.90. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2004. – 40 с.

Исследование адгезионной стойкости сформированных покрытий методом решетчатого надреза показало, что для всех образцов с покрытиями доля поврежденной поверхности не превышает 6 % (рис. 1).

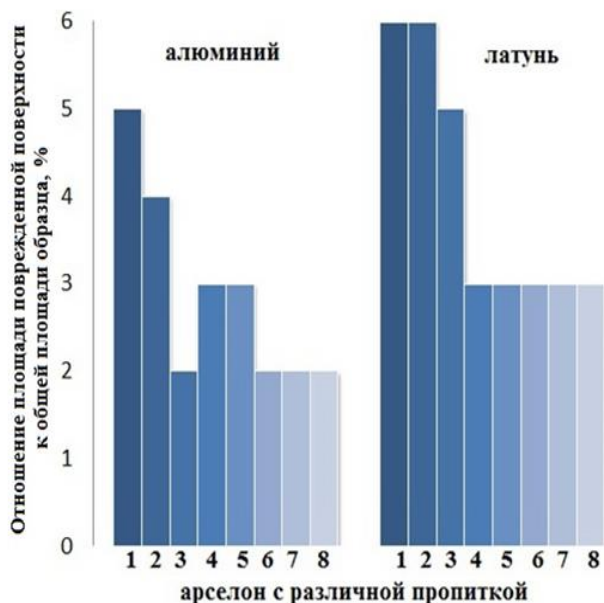


Рисунок 1. – Влияние состава пропитки и вида покрытия на изменение площади поврежденной поверхности образцов

Необходимо отметить, что применение пропитки вне зависимости от состава повышает адгезионную прочность покрытий, формируемых методом магнетронного распыления. По-видимому, это обусловлено рядом причин. Так, применение пропитки значительно уменьшает пористость тканевой основы, что увеличивает площадь поверхности контакта частиц металла. В то же время нельзя исключать вероятность процессов хемосорбции, стимулированных высокоэнергетическим воздействием, на защищаемой поверхности.

С точки зрения эксплуатации металлизированных текстильных материалов адгезионная прочность покрытий должна дополняться и высокой износостойкостью последних. Изнашивание является сложным процессом, зависящим от двух взаимосвязанных групп факторов. С одной стороны, процесс изнашивания определяется условиями испытания образца с покрытием с учетом приложенных нагрузок, скорости перемещения, влажности среды и температуры эксплуатации, с другой стороны, он зависит также от способности материала покрытия противостоять действию изнашивающих нагрузок, что определяется его химическим составом, структурой и полученными в результате этого механическими свойствами. В настоящей работе для сравнительной оценки стойкости к изнашиванию металлизированных тканей с различными видами пропитки проводились исследования динамики изменения значений коэффициента трения и ширины дорожки трения на покрытиях после трибологических испытаний.

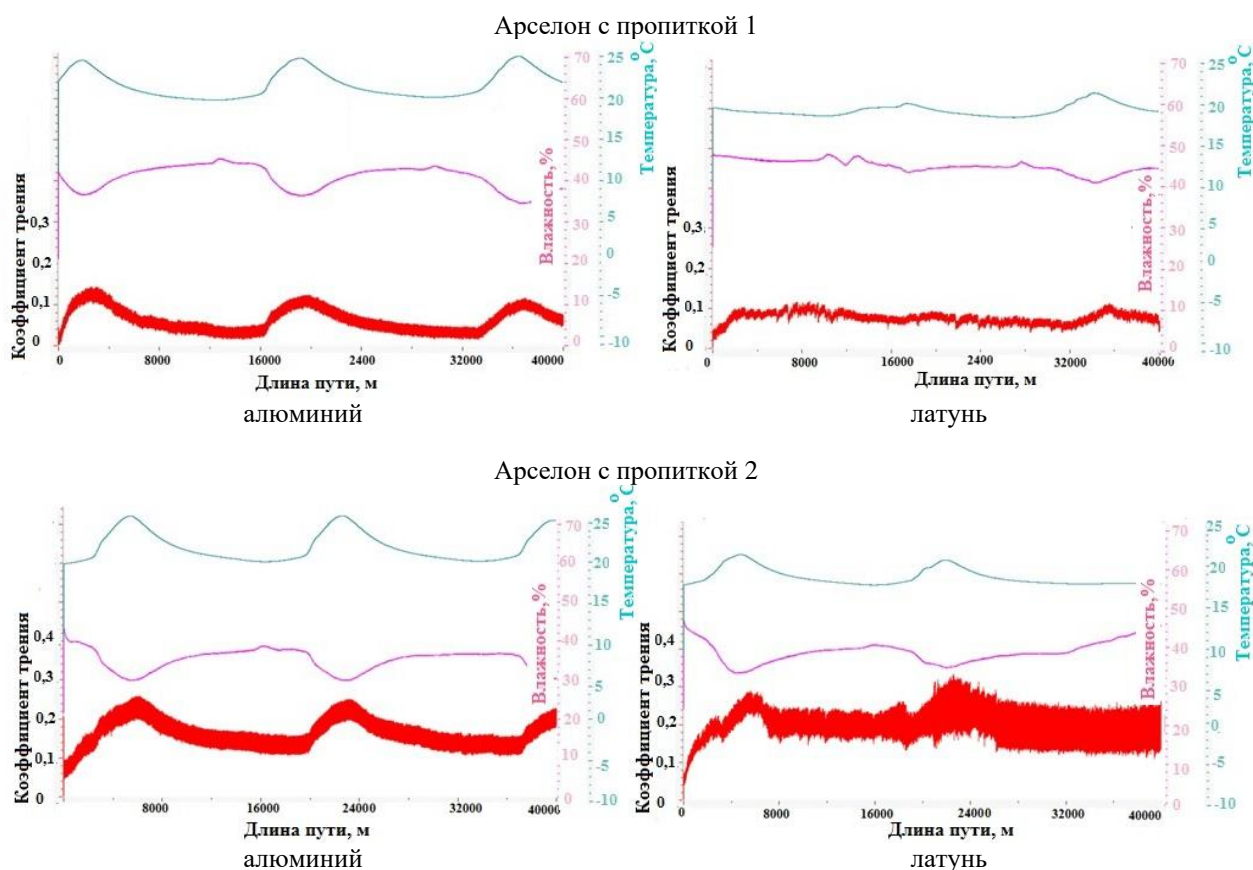
Согласно полученным результатам (рис. 2) минимальный коэффициент трения наблюдался для алюминиевых покрытий на арселоне с пропитками 4, 6, 7 и латунных покрытий на ткани, предварительно обработанной пропитками 6, 7. Максимальные значения коэффициента трения были зафиксированы для образцов 2, 3 вне зависимости от вида покрытия. В этом случае вероятно влияние состава пропитки, приводящего к значительному изменению морфологии формируемого покрытия, определяющей фрикционные свойства поверхности.

Как показывают результаты, на графиках зависимости коэффициента трения покрытий из латуни от протяженности пути испытаний фиксируется значительное количество биений по сравнению с аналогичной зависимостью для алюминиевых покрытий. По-видимому, это можно объяснить физическими особенностями распыления в тлеющем разряде мишеней из различных металлов и сплавов, что приводит к различиям в поверхностном рельефе формируемых покрытий. Известно [6], что процесс распыления мишеней с использованием магнетронных систем определяют следующие факторы:

- характеристики бомбардирующих ионов: атомный номер, масса, энергия, направленность движения ионов по отношению к обрабатываемому материалу;
- характеристики обрабатываемого материала: атомный номер, масса, относительная плотность, энергия связи атомов, составляющих материал, степень кристалличности материала и состояние его поверхности;
- плотность тока бомбардирующих ионов;
- влияние среды: давление и состав остаточных и рабочих газов, наличие различного рода излучений и т.п. Учитывая, что процесс распыления мишеней идет при одинаковых условиях, можно сделать вывод, что основное влияние на скорость распыления мишеней будут оказывать только характеристики распыляемых материалов (табл. 2).

**Таблица 2. – Физико-химические характеристики материала мишеней**

	Al	Cu	Zn
Плотность (г/см <sup>3</sup> )	2,7	8,96	7,13
Атомная масса (г/моль)	26,98	63,55	65,38



**Рисунок 2. – Коэффициенты трения покрытий из алюминия и латуни, сформированных на арселоне, обработанном различными пропитками**



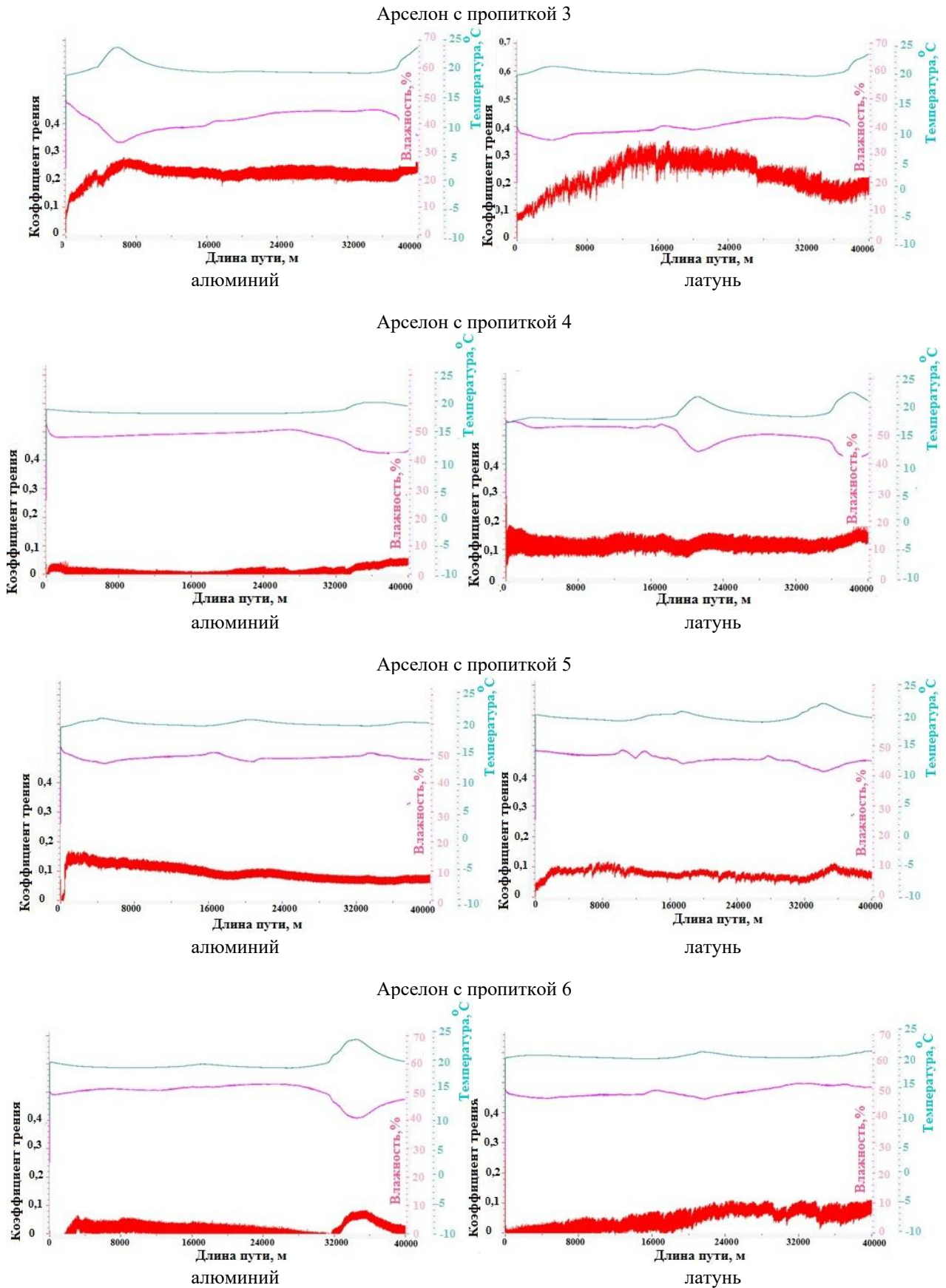
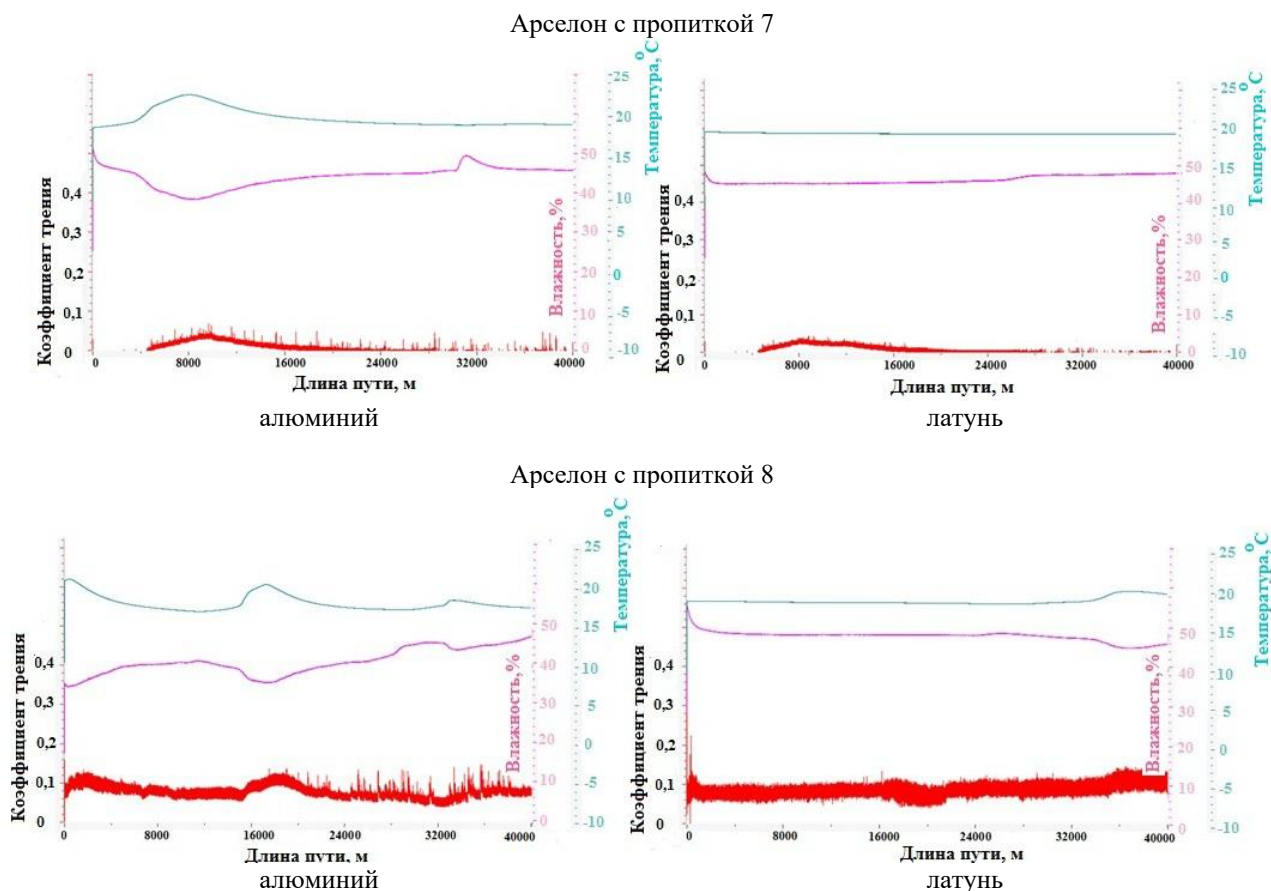


Рисунок 2. – Коэффициенты трения покрытий из алюминия и латуни, сформированных на арселоне, обработанном различными пропитками



**Рисунок 2. – Коэффициенты трения покрытий из алюминия и латуни, сформированных на арселоне, обработанном различными пропитками**

Исходя из приведенного, можно сделать вывод: скорость распыления алюминиевой мишени будет превышать аналогичную характеристику для латуни. В результате толщина алюминиевого покрытия в нашем эксперименте будет превышать толщину покрытия из латуни, обеспечивая в этом случае более равномерное покрытие поверхности образцов с пропиткой. При анализе полученных результатов следует учитывать и тот факт, что при фрикционном взаимодействии меди в составе латуни и стали (контртело) доминирующим может являться многократный перенос более мягкой меди с одной поверхности на другую.

Колебания значений коэффициента трения как для алюминиевых, так и для латунных покрытий на арселоне, обработанном пропиткой 1, с изменением внешних условий (температура, влажность) свидетельствуют о вероятности образования оксидных пленок на поверхности и влиянии на процесс их изнашивания. Установлено, что для всех образцов вне зависимости от вида покрытия коэффициент трения практически не изменяется на протяжении всего времени фрикционного взаимодействия. По-видимому, разогрев поверхности вследствие деформационного тепловыделения в течение времени испытаний оказывается недостаточным для десорбции поверхностных оксидных пленок и изменения кристаллической структуры покрытий. Это свидетельствует о способности противостоять механическим напряжениям, возникающим на пятнах фактического контакта при трении.

Изучение дорожек трения после трибологических испытаний показало, что покрытия из алюминия отличаются более низкими значениями ширины дорожек трения, что может быть обусловлено формированием прочных и твердых оксидных пленок на поверхности алюминиевого покрытия в процессе фрикционного взаимодействия. Согласно диаграмме Эллингема энергия образования оксида алюминия ниже, чем энергия образования меди [7]. Соответственно, толщина оксидного слоя на алюминии будет существенно больше, причем пленка оксида алюминия отличается более высокой твердостью, чем оксида меди.

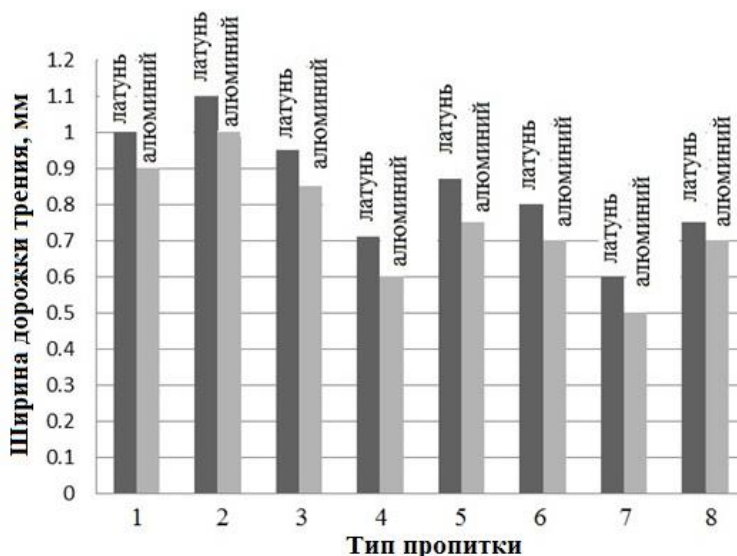


Рисунок 3. – Ширина дорожек трения металлических покрытий, сформированных на арселоне, обработанном различными пропитками

По результатам проведенных исследований установлено, что наилучшими трибологическими характеристиками обладают образцы из арселона с пропиткой 4, 7 и алюминиевым покрытием.

### Заключение

Проведены трибологические испытания алюминиевых и латунных покрытий, сформированных методом магнетронного распыления на огнезащищенном тканевом материале. Проведенные исследования позволили установить влияние как состава химической пропитки, так и материала покрытия на трибологические характеристики образцов. Установлено, что для алюминиевых покрытий характерны меньшие значения коэффициента трения и ширины дорожек трения, чем для латунных, что свидетельствует об их более высокой износостойкости. Определено, что улучшенную износостойкость могут показать образцы из арселона с алюминиевым покрытием и предварительной пропиткой из состава КБ-mix и 2 %-й раствор Silres BS 45 или совмещенного состава из ЭГ-mix (смесь составов из связок с Ca, Mg, Sn и этиленгликоля) и 2 %-го Silres BS 45.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Сабирзянова, Р.Н. Ассортимент и область применения огнестойких текстильных материалов / Р.Н. Сабирзянова, И.В. Красина // Вестник Казанского технологического университета. – 2014. – Т. 17, № 22. – С. 101–105. – EDN: TALMOX.
2. Кутепов, А.М. Вакуумно-плазменное и плазменно-растворное модифицирование полимерных материалов / А.М. Кутепов, А.Г. Захаров, А.И. Максимов. – М.: Наука, 2004. – 496 с.
3. Горберг, Б.Л. Модифицирование текстильных материалов нанесением нанопокровтий методом магнетронного ионно-плазменного распыления / Б.Л. Горберг [и др.] // Российский химический журнал. – 2011. – Т. 55 – № 3. – С. 7–13.
4. Kelly, P.J. Magnetron sputtering: a review of recent developments and applications / P.J. Kelly, R.D. Amell // Vacuum. – 2000. – Vol. 56, Iss. 3. – P. 159–172. – DOI: 10.1016/S0042-207X(99)00189-X.
5. Берлин, Е.В. Вакуумная технология и оборудование для нанесения и травления тонких пленок / Е.В. Берлин, С.А. Двинин, Л.А. Сейдман. – М.: Техносфера, 2007. – 176 с.
6. Плазменные процессы в производстве изделий электронной техники: в 3 т. / А.П. Достанко [и др.]; под общ. ред. А.П. Достанко. – Минск: ФУАинформ, 2001. – Т. 2. – 244 с.
7. Неорганическая химия: учебник для высших учебных заведений: в 3 т. / под ред. Ю.Д. Третьякова. – М.: Академия, 2004. – Т. 1: Физико-химические основы неорганической химии. – 240 с.

**Износостойкие металлические покрытия, сформированные методом магнетронного распыления, на огнезащищенных тканевых материалах**

**Wear-resistant metal coatings formed by magnetron sputtering on fire-proof fabric materials**

**Латушкина Светлана Дмитриевна**

кандидат технических наук, доцент  
Государственное научное учреждение  
«Физико-технический институт  
Национальной академии наук Беларуси»,  
лаборатория вакуумно-плазменных покрытий,  
заведующий лабораторией

Адрес: ул. Купревича, 10,  
220141, г. Минск, Беларусь

Email: latushkina@phti.by

ORCID: 0000-0001-9409-5749

**Svetlana D. Latushkina**

PhD in Technical Sciences, Associate Professor  
State Scientific Institution «Physical-Technical  
Institute of the National Academy of Sciences  
of Belarus», Laboratory of Vacuum-plasma  
Coatings, Head of the Laboratory

Address: Kuprevicha str., 10,  
220141, Minsk, Belarus

Email: latushkina@phti.by

ORCID: 0000-0001-9409-5749

**Посылкина Ольга Ивановна**

кандидат технических наук  
Государственное научное учреждение  
«Физико-технический институт  
Национальной академии наук Беларуси»,  
лаборатория вакуумно-плазменных покрытий,  
старший научный сотрудник

Адрес: ул. Купревича, 10,  
220141, г. Минск, Беларусь

Email: ola-gapa@yandex.ru

ORCID: 0000-0002-9104-9883

**Olga I. Posylkina**

PhD in Technical Sciences  
State Scientific Institution «Physical-Technical  
Institute of the National Academy of Sciences  
of Belarus», Laboratory of Vacuum-plasma  
Coatings, Senior Researcher

Address: Kuprevicha str., 10,  
220141, Minsk, Belarus

Email: ola-gapa@yandex.ru

ORCID: 0000-0002-9104-9883

**Артемичик Александр Григорьевич**

Государственное научное учреждение  
«Физико-технический институт  
Национальной академии наук Беларуси»,  
лаборатория вакуумно-плазменных покрытий,  
научный сотрудник

Адрес: ул. Купревича, 10,  
220141, г. Минск, Беларусь

Email: aleksandr.artiomchik@gmail.com

**Aleksandr G. Artemchik**

State Scientific Institution «Physical-Technical  
Institute of the National Academy of Sciences  
of Belarus», Laboratory of Vacuum-plasma  
Coatings, Researcher

Address: Kuprevicha str., 10,  
220141, Minsk, Belarus

Email: aleksandr.artiomchik@gmail.com

**Сечко Иван Андреевич**

Государственное научное учреждение  
«Физико-технический институт  
Национальной академии наук Беларуси»,  
лаборатория вакуумно-плазменных покрытий,  
научный сотрудник

Адрес: ул. Купревича, 10,  
220141, г. Минск, Беларусь

Email: zmey20017251@gmail.com

ORCID: 0000-0002-2648-1864

**Ivan A. Sechko**

State Scientific Institution «Physical-Technical  
Institute of the National Academy of Sciences  
of Belarus», Laboratory of Vacuum-plasma  
Coatings, Researcher

Address: Kuprevicha str., 10,  
220141, Minsk, Belarus

Email: zmey20017251@gmail.com

ORCID: 0000-0002-2648-1864

**WEAR-RESISTANT METAL COATINGS FORMED BY MAGNETRON SPUTTERING ON FIRE-PROOF FABRIC MATERIALS****Latushkina S.D., Posylkina O.I., Artemchik A.G., Sechko I.A.**

*Purpose.* Study of the adhesive strength and wear resistance of metal coatings formed by magnetron sputtering on fire-proof fabric materials.

*Methods.* Tribological tests were carried out on a JLTB-02 tribometer. The adhesive strength of the coatings was evaluated using a measurement technique using adhesive tape with a lattice notch. The wear tracks on the coatings were examined using a Hitachi S-900 scanning electron microscope.

*Findings.* The adhesive strength and tribological properties of aluminum and brass coatings deposited by magnetron sputtering on arcelon with various impregnations are investigated. It is determined that the use of impregnation, regardless of the composition, increases the adhesive strength of coatings formed by magnetron sputtering. The influence of both the composition of the chemical impregnation and the coating material on the tribological characteristics of the studied samples has been established. It is established that aluminum coatings are characterized by lower values of the coefficient of friction and the width of the friction tracks than for brass coatings, which indicates their higher wear resistance.

*Application field of research.* The presented research results can be used in the manufacture of fire-retardant overalls necessary for firefighters, rescuers, as well as for oil and gas industry workers, welders, metallurgists and the military.

*Keywords:* magnetron sputtering, metal coating, fabric material, adhesion, friction coefficient, friction track width.

(The date of submitting: September 20, 2022)

**REFERENCES**

1. Sabirzyanova R.N., Krasina I.V. Assortiment i oblast' primeneniya ognestoykikh tekstil'nykh materialov [The range and scope of fire-resistant textile materials]. *Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta*, 2014. Vol. 17, No. 22. Pp. 101–105. (rus). EDN: TALMOX.
2. Kutepov A.M., Zakharov A.G., Maksimov A.I. *Vakuumno-plazmennoe i plazmenno-rastvornoe modifitsirovanie polimernykh materialov [Vacuum-plasma and plasma-solution modification of polymer materials]*. Moscow: Nauka, 2004. 496 p. (rus)
3. Gorberg B.L., Ivanov A.A., Mamontov O.V., Stegnin V.A., Titov V.A. Modifitsirovanie tekstil'nykh materialov nanoseniem nanopokrytiy metodom magnetronnogo ionno-plazmennogo raspyleniya [Modification of textile materials by nanocoating by magnetron ion-plasma sputtering]. *Rossiyskiy khimicheskii zhurnal*, 2011. No 3. Pp. 7–13. (rus)
4. Kelly P.J., Amell R.D. Magnetron sputtering: a review of recent developments and applications. *Vacuum*, 2000. Vol. 56, Iss. 3. Pp. 159–172. DOI: 10.1016/S0042-207X(99)00189-X.
5. Berlin E.V., Dvinin S.A., Seydman L.A. *Vakuumnaya tekhnologiya i oborudovanie dlya nanoseniya i travleniya tonkikh plenok [Vacuum technology and equipment for applying and etching thin films]*. Moscow: Tekhnosfera, 2007. 176 p. (rus)
6. Dostanko A.P., Bordusov S.V., Svadkovskiy I.V. [et al.]. *Plazmennye protsessy v proizvodstve izdeliy elektronnoy tekhniki [Plasma processes in the production of electronic products]*; in 3 volumes. Minsk: FUAinform, 2001. Vol. 2. 244 p. (rus)
7. *Neorganicheskaya khimiya [Inorganic Chemistry]*: a textbook for higher educational institutions: in 3 volumes. Edited by Yu.D. Tret'yakov. Moscow: Akademiya, 2004. Vol. 1: Fiziko-khimicheskiye osnovy neorganicheskoy khimii [Physico-chemical fundamentals of inorganic chemistry]. 240 p. (rus)

## ПЕРСПЕКТИВНЫЕ МЕТОДЫ ОЦЕНКИ СТЕПЕНИ ПОЛУЧЕННЫХ В УСЛОВИЯХ ПОЖАРА ТЕРМИЧЕСКИХ ПОВРЕЖДЕНИЙ КОНСТРУКЦИЙ, ВЫПОЛНЕННЫХ С ПРИМЕНЕНИЕМ ГИПСОВЫХ ПЛИТ

Суриков А.В., Зайнудинова Н.В., Бойко В.П.

*Цель.* Определить перспективные методы оценки степени полученных в условиях пожара термических повреждений конструкций, выполненных с применением гипсовых плит (листов гипсокартонных).

*Методы.* Анализ результатов существующих исследований и методов оценки степени полученных в условиях пожара термических повреждений конструкций, выполненных с применением гипсовых плит. Лабораторные исследования образцов гипсовых плит в камерной электропечи при температурном воздействии.

*Результаты.* По результатам обзора литературных источников определены перспективные методы оценки степени полученных в условиях пожара термических повреждений конструкций, выполненных с применением гипсовых плит. Проведена адаптация известного метода визуальной оценки повреждений гипсовых плит при пожаре с целью ее применения на территории Республики Беларусь. Экспериментально установлено, что визуальный метод оценки степени термического повреждения различных типов гипсовых плит имеет низкую информативность при определенных диапазонах температур.

*Область применения исследований.* Полученные результаты исследований могут быть применены при осмотре места пожара для установления очага пожара, путей распространения, условий и динамики развития горения, а также при разработке технических средств для определения степени полученных в условиях пожара термических повреждений конструкций, выполненных из гипсовых плит.

*Ключевые слова:* осмотр места пожара, гипсовая плита, термическое повреждение, глубина прокаливания, очаг пожара.

(Поступила в редакцию 7 сентября 2022 г.)

### Введение

Для разработки эффективных мер борьбы с пожарами необходимо иметь четкое представление о причинах их возникновения. Так как пожар может произойти вследствие преступных действий, бездействия, халатности или нарушении правил (требований) пожарной безопасности, по каждому случаю его возникновения органами государственного пожарного надзора проводится соответствующая проверка<sup>1</sup>.

Проведение проверки по сообщению о пожаре включает проведение ряда процессуальных действий (сбор сведений о причине пожара посредством опроса очевидцев, рассмотрение проектной и эксплуатационной документации и ряд других). Однако наиболее важным из них является осмотр места пожара, в ходе которого производится фиксация состояния конструкций, предметов, материалов, машин, механизмов и других объектов в зоне горения, устанавливаются признаки, указывающие на природу происхождения источника загорания, наличие горючей среды и путей распространения, обнаружение и изъятие вещественных доказательств и т.д. Одной из главных задач, решаемых при осмотре места пожара, является обнаружение очага (очагов) пожара [1].

<sup>1</sup> Уголовно-процессуальный кодекс Республики Беларусь: 16 июля 1999 г., № 295-3: принят Палатой представителей 24 июня 1999 г.: одобрен Советом Респ. 30 июня 1999 г. // Нац. реестр правовых актов Респ. Беларусь. – 1999. – № 2/71.



Под очагом пожара понимают место первоначального его возникновения<sup>2</sup>. Предварительный вывод об очаге пожара можно сформировать по результатам исследования строительных конструкций, материалов, предметов и объектов в зоне предполагаемого очага, оценки степени их термического повреждения, выявленного как в результате внешнего осмотра, так и по результатам инструментальных исследований [2]. За последние годы возросло количество новых строительных материалов и изделий, которые применяются при устройстве и отделке помещений и зданий. Из-за их большого разнообразия, а также недостаточной изученности значимую для определения очага пожара информацию не всегда удается получить в требуемом объеме. Однако указанная проблема характерна и для достаточно давно применяемых в строительстве строительных материалов. Одним из них является гипсовая плита, которая применяется для выравнивания поверхностей, создания различных конструкций, например арок, ниш и декоративных многоуровневых потолков. Гипсовая плита – это строительный материал, состоящий из гипсового сердечника и оболочки из приклеенного плотного, способного к сопротивлению картона. Поверхности картона могут быть различными в зависимости от области применения каждого типа плит, а гипсовый сердечник может содержать добавки, придающие плите дополнительные свойства<sup>3</sup> (например, влагостойкость или повышенную стойкость к воздействию высоких температур).

Физико-химические свойства гипса как основного компонента рассматриваемого в настоящей статье строительного материала изучены достаточно подробно. В литературе приведены результаты многочисленных исследований, связанных с поведением гипса и гипсовых плит в условиях пожара (определения его пожарно-технических характеристик, пределов огнестойкости различных строительных конструкций, выполненных с его применением и т.д.). Вместе с тем, несмотря на практически повсеместное использование данного материала в строительстве, анализ проведенных до настоящего времени научных работ, выполненных на постсоветском пространстве, показывает, что исследований, направленных на разработку методов определения термического воздействия в условиях пожара на строительные конструкции, выполненные с применением гипсовых плит, с целью получения криминалистически значимой информации при проведении проверок по сообщениям об указанных чрезвычайных ситуациях, крайне мало.

В настоящей работе представлены результаты исследований, которые были направлены на определение перспективных методов оценки степени полученных в условиях пожара термических повреждений конструкций, выполненных с применением гипсовых плит.

### **Основная часть**

**Обзор методов оценки степени полученных в условиях пожара термических повреждений конструкций, выполненных с применением гипсовых плит.** Методы, применяемые для оценки термического повреждения конструкций, выполненных из гипсовых листов, базируются на известных закономерностях, характерных для данного материала в рассматриваемых условиях. Известно, что, как и любой целлюлозосодержащий материал в условиях воздействия высокой температуры, поверхность картона, в которую заключен слой гипса, при определенных значениях начинает обугливаться, что впоследствии приводит к его воспламенению и выгоранию<sup>4</sup>. Кристаллическая решетка сырого гипса – дигидрата сульфата кальция  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  – содержит примерно 21 % по массе химически связанной воды.

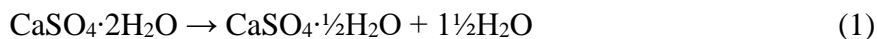
<sup>2</sup> Система стандартов пожарной безопасности. Пожарная безопасность. Общие термины и определения: СТБ 11.0.02-95. – Введ. 01.10.95. – Минск: Госстандарт. – 20 с.

<sup>3</sup> Плиты гипсовые строительные. Технические условия: ГОСТ 32614-2012 (EN 520:2009) – Введ. 01.04.16. – Минск: Госстандарт, 2016. – 27 с.

<sup>4</sup> Guide for Fire and Explosion Investigations: NFPA 921. – Publ. date 01.01.16. – Massachusetts: National Fire Protection Association, 2017. – 426 p.

При воздействии высокотемпературной среды  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  подвергается двум эндотермическим реакциям разложения, в ходе которых химически связанная вода диссоциирует от кристаллической решетки и испаряется. Этот процесс известен как дегидратация гипса (*кальцинирование* или *прокаливание*) [3].

На первой стадии (уравнение (1)) дигидрат сульфата кальция  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  теряет 75 % воды, образуя полугидрат сульфата кальция  $\text{CaSO}_4 \cdot \frac{1}{2}\text{H}_2\text{O}$ . Если гипс нагревается дальше, происходит вторая реакция (уравнение (2)), где полугидрат сульфата кальция теряет оставшуюся воду с образованием ангидрита  $\text{CaSO}_4$ . Обе реакции эндотермические, в результате теплообмен через гипсовую плиту затруднен до завершения процесса дегидратации. Конечными продуктами процесса являются ангидрит и водяной пар, последний диффундирует через сеть пор гипса и высвобождается через поверхность гипсовой плиты.



Дегидратация гипса приводит к двум важным эффектам: во-первых, к значительному изменению теплофизических свойств (например, плотности, теплопроводности, удельной теплоемкости), во-вторых, к образованию водяного пара, который высвобождается через поверхность гипсовой плиты [4]. Указанное химическое разложение происходит в температурном диапазоне 80–250 °С, а также зависит от времени воздействия температуры [3]. Дальнейшее увеличение значений воздействующих температур (около 400 °С) приводит к третьей, но уже экзотермической, реакции с образованием нерастворимого ангидрита. При температуре воздействия 700–800 °С происходит частичное разложение  $\text{CaSO}_4$ , что приводит к появлению оксида кальция  $\text{CaO}$  [5].

Именно описанные эффекты лежат в основе методов, применяемых для определения степени полученных в условиях пожара термических повреждений строительных конструкций, выполненных с применением гипсовых плит. Указанные методы можно разделить на визуальные и инструментальные.

Наиболее часто используемый метод визуальной оценки [7] основывается на анализе выявленных повреждений поверхности гипсовой плиты и сопоставлении их с известными стадиями ее повреждения вследствие воздействия высоких температур (рис. 1).

Наиболее точно указанный метод описан в работе [8]. Авторами определены качественные индикаторы визуальной оценки повреждений гипсовых плит, полученных в результате воздействия высоких температур (табл. 1).



Рисунок 1. – Стадии повреждения гипсовой плиты вследствие воздействия на нее высоких температур [6]



Указанные индикаторы варьируются от полного отсутствия видимых повреждений поверхности материала до его полного разрушения и ранжируются от 0 до 6. В отдельную группу выделены повреждения, которые не могут быть установлены по известным или неизвестным причинам (N/A). При применении данного метода на первоначальном этапе анализа проводится визуальная оценка повреждений гипсовых плит. Затем поврежденная поверхность делится на равные по площади участки, каждый из которых сопоставляется с таблицей индикаторов визуальной оценки. Таким образом, каждому участку поверхности конструкции присваивается соответствующее значение индикатора (от 0 до 6 либо N/A) и делается вывод о степени термического повреждения поверхности материала, полученного в результате пожара.

**Таблица 1. – Индикаторы визуальной оценки повреждений гипсовых плит, полученных в результате воздействия высоких температур [7]**

Степень повреждения, отн. ед.	Описание индикаторов визуальной оценки повреждений гипсовых плит
0	Никаких видимых повреждений: отличается натуральным цветом (неокрашенный – цвет картона, окрашенный – цвет краски, оклеенный обоями – цвет обоев)
1	Сажа оседает на поверхности: определенные области обесцвечиваются, но поверхность картона не повреждена
2	Изменение цвета картона и потеря краски: эти места поверхности обесцвечиваются в результате термического воздействия; картон может стать бурым, светло- или темно-черным (в зависимости от изначального цвета краски)
3	Картон отклеивается, пузырится и расслаивается: тепловое воздействие передалось за лицевую сторону картона
4	Лицевая сторона картона сгорела: эти места, как правило, серого или белого цвета
5	Полное выгорание: полное выгорание картона и сажи, места имеют бело-голубоватый цвет
6	Полное уничтожение: потеря целостности гипсовой плиты
N/A	Повреждения, которые не могут быть установлены по известным или неизвестным причинам

К безусловным достоинствам рассмотренной работы следует отнести определение достаточно четких критериев оценки термического повреждения конструкций, выполненных с применением гипсовых плит.

Вместе с тем, как и любой другой визуальный метод, рассмотренный метод носит субъективно-оценочный характер. В дополнение авторами приводятся лишь обобщенные сведения по внешним повреждениям материала и не указывается, какая именно гипсовая плита применялась при исследовании, что не позволяет экстраполировать полученные результаты на различные ее типы (например, влагостойкая либо гипсовая плита заданной плотности с повышенной стойкостью гипсового сердечника при воздействии открытого пламени). Хотя необходимо признать, что качественные характеристики индикаторов визуальной оценки повреждений рассматриваемого материала будут характерны для любого его исполнения.

Следует отметить, что рассматриваемый метод не привязан ни ко времени воздействия высоких температур, ни к их значениям. Указанное означает, что перспективным с точки зрения адаптации описанного выше метода к применяемым в Республике Беларусь типам гипсовых плит является проведение исследования соответствующих типов данного материала с последующим сопоставлением полученных результатов с результатами рассмотренной работы.

Второй метод визуальной оценки степени термического повреждения гипсовых плит основывается на анализе глубины прокаливания материала. В работе [9] предполагалось, что данную величину можно оценить визуально по наличию линии демаркации на

поперечном сечении плиты гипсовой, наличие которой обусловлено тем, что прокаленный гипс имеет цвет, отличающийся от непрокаленного (рис. 2).

Однако данный метод не нашел широкого применения, во-первых, по причине достаточной трудоемкости и длительности, а во-вторых, в связи с тем, что на срезе гипсовой плиты указанные признаки могут вводить в заблуждение оператора из-за наличия частиц дыма, впитавшихся в поверхность материала [10]. К тому же нет подтверждений корреляции изменения цвета поперечного сечения материала с его прокаливанием [11].

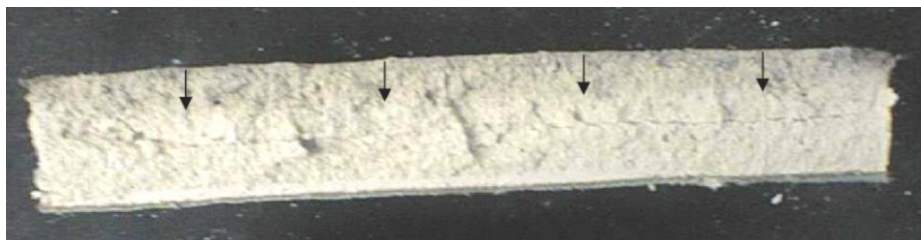


Рисунок 2. – Оценка глубины прокаливании визуальным методом [9]

Инструментальные методы оценки степени термического воздействия на конструкции, выполненные с применением гипсовых плит, можно разделить на методы, связанные непосредственно с исследованием гипсовой плиты, и на метод исследования металлического каркаса, на которые она крепится.

В работе [12] установлена возможность применения магнитного метода, основанного на определении коэрцитивной силы для образцов металлического каркаса гипсовых плит при определении очага пожара. Показано, что при увеличении температуры нагрева от 200 до 800 °С происходит уменьшение коэрцитивной силы, что свидетельствует о структурных превращениях в образцах металлического каркаса, на который крепится гипсовая плита. Результаты, полученные с применением указанного метода, могут являться источником соответствующей информации для формирования выводов по размещению очага пожара. Метод применим в случае полного разрушения плит гипсовых на месте пожара, либо при обеспечении физического доступа к металлическому каркасу, т.е. для проведения измерений необходимо из соответствующих участков удалить гипсовые плиты.

Для оценки температуры нагрева гипсовых плит при пожаре возможно применение метода термического анализа, при котором в определенных зонах отбирают пробы гипса (5–10 г на глубину 3–5 мм), которые после соответствующего оформления направляются на лабораторные исследования [1].

В работе [10] описан метод ручного соскабливания *hand scraping*. Данный метод сводится к тщательному удалению прокаленного слоя гипса с поверхности гипсовой плиты, подверженной термическому воздействию пожара, до слоя непрокаленного гипса. Исследование проводится оператором вручную. Затем производится измерение удаленного слоя гипса (рис. 3). На основании полученных значений глубины прокаливании делается вывод о степени термических повреждений гипсовой плиты. Указанный метод имеет достаточно высокую точность, однако требует высокой квалификации оператора, т.к. в большей степени полученный результат измерения зависит от навыка исполнителя.

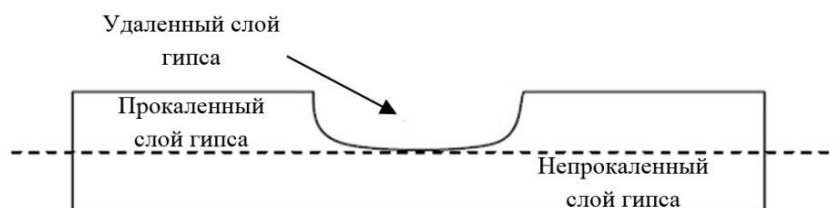


Рисунок 3. – Пример применения метода ручного соскабливания *hand scraping* для определения глубины прокаливании гипсовой плиты

За рубежом применяется метод измерения глубины прокалывания гипсовой плиты. Методика применения данного метода закреплена в руководстве по расследованию пожаров и взрывов<sup>5</sup>, а сам метод носит название «зондовый метод». Данный метод основан на измерении глубины введения зонда в гипсовую плиту. В качестве измерительных устройств рекомендуется применять штангенциркуль либо глубиномер. Более глубокие показания прокалывания указывают на более длительный или более интенсивный нагрев материала и более высокие температуры, чем те области плиты гипсовой, которые подвергались меньшим воздействиям. Некоторые ключевые переменные факторы влияют на достоверность анализа глубины прокалывания. Эти факторы включают:

- рассмотрение одного или нескольких источников зажигания или пожарной нагрузки, создающих очаговые признаки, в местах нахождения которых следует проводить измерения;

- сравнение измерений глубины прокалывания только для одного и того же материала. Гипсовые плиты бывают разной толщины, изготавливаются из разных строительных материалов и изменяются со временем. Оператор должен внимательно рассмотреть участки стен или потолков, в которые, возможно, были вставлены другие фрагменты, например при ремонте;

- учет отделки гипсовых плит (например, краски, обоев, штукатурки и т.д.). Оператор должен учитывать, что некоторые из этих покрытий являются горючими и могут повлиять на исследуемые образцы;

- проведение исследований последовательно по всей площади исследуемых участков гипсовых плит с определенным интервалом (с шагом 0,3 м или менее) между точками измерения;

- учет возможных повреждений гипсовых плит, полученных во время тушения пожара. Например, смачивание гипсовых плит, подвергшихся термическому воздействию, может смягчить гипс до такой степени, что невозможно будет произвести надежные измерения<sup>6</sup>.

Непосредственно NFPA 921 содержит лишь обобщенные сведения по методике проведения измерений и используемой для этого приборной базе: «...площадь поперечного сечения используемого зонда должна быть относительно маленькой (1,9–3,1 мм<sup>2</sup>)...», «...зонд можно прикрепить к датчику силы, чтобы обеспечить равномерное давление (усилие) на наконечнике зонда во время каждого измерения...», «...следует проявлять осторожность, чтобы использовать приблизительно одинаковое давление (800 до 900 г/мм<sup>2</sup>) для каждого измерения...» и т.д.

Устройство, обеспечивающее автоматизацию измерения глубины прокалывания гипсовых плит, т.е. нивелирование субъективного фактора при проведении исследований, предложено в работе [10]. Измерительный зонд вводится в гипсовую плиту под действием спиральной пружины с постоянным давлением. Автором определен диаметр зонда, равный 1,45 мм, а также оптимальное давление, обеспечивающее измерение глубины прокалывания, – 4,04 Н/мм<sup>2</sup>. Аналогичное устройство исследовано в работе [14]. Отличиями в предложенной в работе модификации измерителя является диаметр зонда равный 2 мм, а также прилагаемое давление – 8,6 Н/мм<sup>2</sup>. В указанных работах отсутствует информация по учету отделки поверхности гипсовых листов (обоев, шпатлевки и т.д.).

В работе [13] при исследовании глубины прокалывания применен штангенциркуль, глубиномер которого вводится под воздействием винтовой пружины.

Применение данного типа пружины было исследовано в работе [10], в которой автор обосновал некорректность ее использования, т.к. основным условием при проведении

<sup>5</sup> См. сноску 4.

<sup>6</sup> См. сноску 5.

измерения глубины прокаливания является необходимость создания постоянного давления, что не обеспечивает указанный вид пружины.

В работах [6] и [11] в качестве устройства измерения глубины прокаливания применен динамометр сжатия с присоединенным измерительным зондом. Порядок измерения следующий: зонд устанавливается на поверхность термически поврежденной гипсовой плиты, производится нажатие с усилием, достаточным для проникновения зонда в глубину материала, оператор контролирует прилагаемое усилие до момента его увеличения. Последнее означает достижение зондом слоя неповрежденного гипса. Параметры устройства в указанных работах сопоставимы. В работе [6] принят зонд площадью поперечного сечения  $3,12 \text{ мм}^2$ , прилагаемое давление составляет  $9 \text{ Н/мм}^2$ , в работе [11] соответственно –  $3,46 \text{ мм}^2$  и  $8,6 \text{ Н/мм}^2$ . В предложенном в работах [6], [11] методе измерения глубины прокаливания не исключается субъективность в процессе исследования степени термических повреждений.

С учетом того что в отечественной практике зондовый метод не применяется, очевидна перспективность проведения исследований по установлению зависимостей степени термического повреждения конструкций, выполненных с применением различных типов гипсовых плит, наиболее широко представленных на рынке Республики Беларусь. Одним из вариантов технического устройства, которое может быть применено для решения указанной задачи, может быть приспособление, примененное в работе [15] для определения поверхностной твердости ячеистого газобетона. Указанное устройство практически исключает субъективный фактор при проведении измерений.

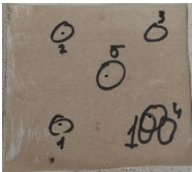

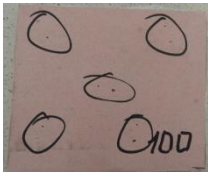
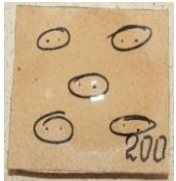
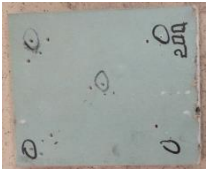
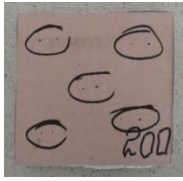



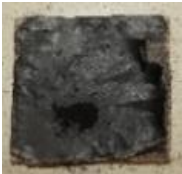

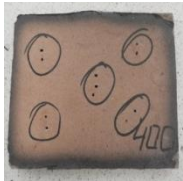





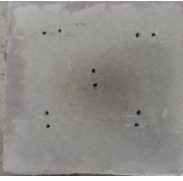




**Экспериментальные исследования изменения внешнего вида поверхности гипсовой плиты при воздействии на нее высоких температур.** Исследования проводились в лабораторных условиях. В качестве исследуемого материала были приняты 3 типа гипсовых плит: стандартная (далее – ГКЛ), влагостойкая типа Н (далее – ГКЛВ) и плита гипсовая с повышенной стойкостью гипсового сердечника при воздействии открытого пламени типа F<sup>7</sup> (далее – ГКЛО). Толщина всех типов материала – 12,5 мм.

Исследуемые образцы плит изготавливали одинаковых размеров  $100 \times 120 \text{ мм}$  и нагревали в камерной электропечи SNOL-8,2/1100 с цифровым терморегулятором. Методика проведения исследований предусматривала 8 серий испытаний и включала изотермический нагрев образцов от  $100$  до  $800 \text{ }^\circ\text{C}$  (с шагом в  $100 \text{ }^\circ\text{C}$ ). В камерной электропечи образцы устанавливались на металлический каркас (профиль) без крепления и обогрев осуществлялся со всех сторон.

В холодную камерную электропечь, имеющую температуру окружающей среды, помещали образец и прогревали до заданной температуры. При температуре испытания образец выдерживали в течение 10 мин, затем его извлекали из печи. Охлаждение образцов осуществлялось без дополнительного обдува. Внешний вид образцов плит гипсовых после температурного воздействия приведен на рисунке 4.

Из представленных фотографий видно, что до температуры  $200 \text{ }^\circ\text{C}$  заметных, визуально наблюдаемых изменений на поверхности образцов плит гипсовых не происходит. Начиная с температуры  $300 \text{ }^\circ\text{C}$ , происходит потемнение картона, наблюдается его обугливание по краям образца. При температуре  $400 \text{ }^\circ\text{C}$  картон карбонизируется, пузырится и отслаивается (за исключением ГКЛО), что совпадает с результатами работы [10] ( $412 \text{ }^\circ\text{C}$ ). При температуре воздействия  $500 \text{ }^\circ\text{C}$  картон полностью выгорел, на поверхности имеются следы сажи, а при последующем определении глубины прокаливания произошло разрушение образца 2-5.

<sup>7</sup> См. сноску 3.

Температура в печи, °С	Тип гипсовых плит		
	ГКЛ	ГКЛВ	ГКЛО
100	 1-1	 2-1	 3-1
200	 1-2	 2-2	 3-2
300	 1-3	 2-3	 3-3
400	 1-4	 2-4	 3-4
500	 1-5	 2-5*	 3-5
600	 1-6	 2-6	 3-6
700	 1-7*	образец разрушился в печи 2-7	 3-7*
800	 1-8*	образец разрушился в печи 2-8	 3-8*

\*повреждено при определении глубины прокаливания

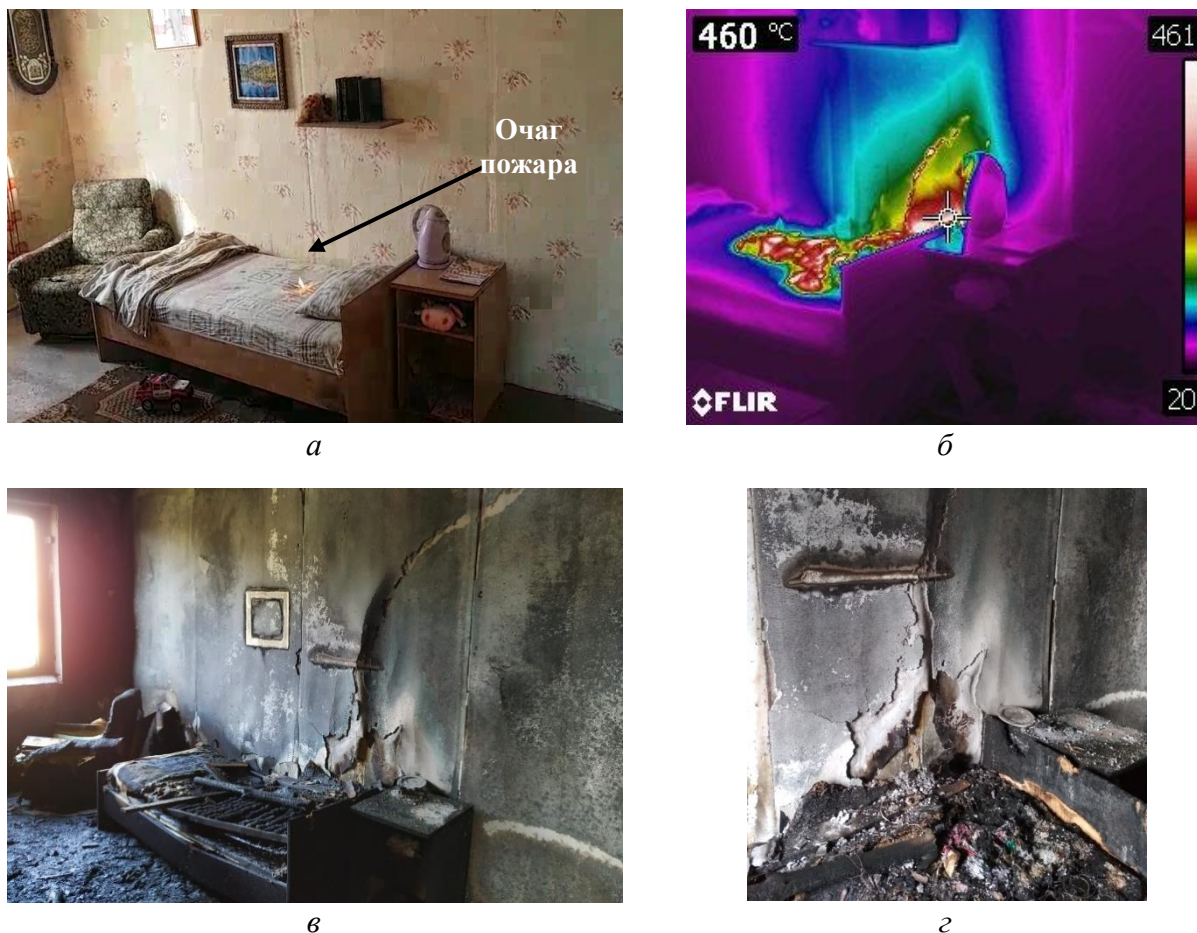
Рисунок 4. – Внешний вид образцов гипсовых плит после термического воздействия



Воздействие температуры 600–800 °С привело к разрушению образцов 2-6, 2-7 и 2-8 ГКЛВ непосредственно в камерной электропечи. При данном диапазоне температур на поверхности ГКЛ и ГКЛО следов сажи не наблюдается. Определение глубины прокаливания привело к механическому разрушению образцов 1-7, 1-8 ГКЛ и 3-7, 3-8 ГКЛО. Последнее свидетельствует о фактической потере прочности исследуемых материалов.

Результаты, полученные при проведении лабораторных исследований, сравнивали с натурным экспериментом, который представлял собой исследование развития пожара в жилой комнате. Отделка перегородок помещения была выполнена из гипсовых плит типа ГКЛВ без крепления на металлический каркас (профиль). В помещении размещалась типовая пожарная нагрузка (предметы мебели, бытовые приборы, ковровое покрытие и т.д.). Внешний вид помещения до испытаний представлен на рисунке 5а. Горение инициировалось на кровати, размещенной у северной стены помещения. На рисунке 5б приведено изображение, полученное на тепловизоре в ходе проведения эксперимента.

Максимальные значения температуры, зафиксированные на поверхности стены, составляли 450–500 °С. На рисунках 5в и 5г приведены изображения очага пожара после проведения исследования.



а – внешний вид помещения до проведения исследований; б – изображение, полученное на тепловизоре в ходе проведения эксперимента; в и г – изображения очага пожара после проведения исследования  
**Рисунок 5. – Помещение, в котором проводились исследования динамики развития пожара**

Сравнивая результаты натурального эксперимента с результатами, полученными в ходе лабораторных исследований, можно сделать вывод об их сопоставимости. Максимальные термические повреждения соответствуют внешнему виду ГКЛВ, полученному в ходе нагрева в печи в диапазоне 400–500 °С. Проведенные исследования позволили сопоставить полученные результаты с индикаторами повреждения гипсовых плит, определенными в методике [8] (табл. 2).

На рисунке 6 приведен пример применения рассматриваемой методики визуальной оценки термического повреждения гипсовых плит. На рисунке 6а представлен фрагмент панорамы помещения (часть северной стены, восточная стена и часть южной стены), в котором проводился натурный эксперимент. На рисунке 6б изображено распределение повреждений в соответствии с индикаторами (для простоты восприятия индикаторы обозначены различными цветами). Исходя из полученного распределения значений индикаторов по поверхности стен, можно сделать однозначный вывод, что максимальное термическое повреждение гипсовых плит наблюдается на участке северной стены помещения (на рисунке 6а – слева), непосредственно примыкающей к кровати, на которой инициировалось горение. Указанное подтверждает место расположения очага пожара, предусмотренного планом проведения натурного эксперимента.

**Таблица 2. – Значения температуры на поверхности гипсовых плит, эквивалентные индикаторам повреждения согласно методике [8]**

Степень повреждения, отн. ед.	Приблизительная температура на поверхности плит гипсовых, °С		
	ГКЛ	ГКЛВ	ГКЛО
0	100–200	100–200	100–300
1	Не исследовалась	Не исследовалась	Не исследовалась
2	200–300	200–300	300–400
3	300–400	300–400	400–500
4	400–500	400–500	500–600
5	500–700	400–500	600–700
6	>700	>500	>700
N/A	–	–	–

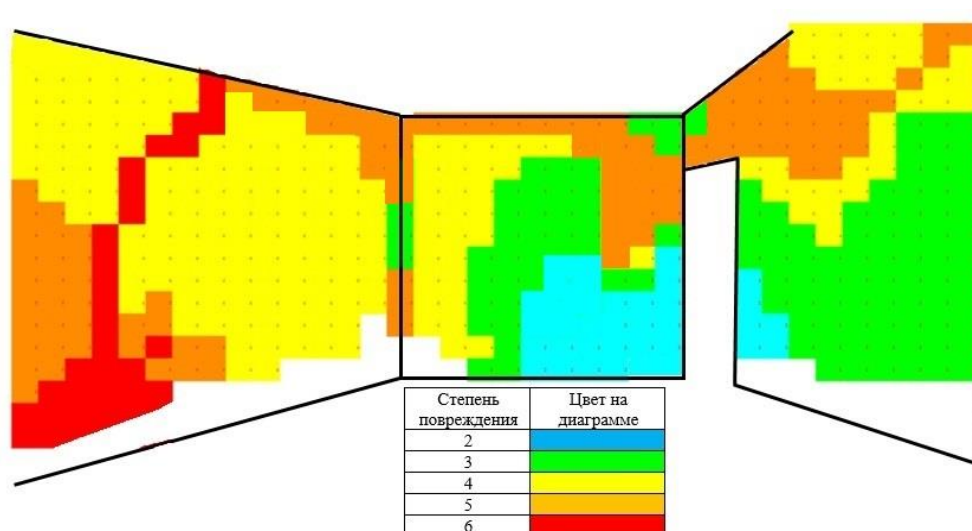
*Примечание.* Признаки индикатора «1» не исследовались, т.к. их формирование происходит в условиях горения либо пожара.

К недостатку рассматриваемого метода можно отнести низкую степень информативности индикаторов повреждения при достаточно невысоких температурах воздействия на гипсовые плиты. Как было установлено в проведенных лабораторных исследованиях, при нагреве плит гипсовых типа ГКЛ и ГКЛВ до 300 °С, а ГКЛО – до 400 °С, внешние признаки повреждений материала выявить достаточно сложно. Аналогичная проблема характерна при нагреве до температур в диапазоне 600–800 °С для ГКЛ и ГКЛО. Возможным решением указанной проблемы может являться применение инструментальных методов исследования.



а – фрагмент панорамы помещения

**Рисунок 6. – Пример применения методики визуальной оценки термического повреждения плит гипсовых**



б – распределение повреждений гипсовых плит  
**Рисунок 6. – Пример применения методики визуальной оценки термического повреждения плит гипсовых**

### Заключение

Обзор литературных источников показал, что перспективными методами оценки полученных в условиях пожара термических повреждений конструкций, выполненных из гипсовых плит, являются визуальный метод оценки, основанный на анализе выявленных повреждений поверхности гипсовых плит и сопоставлении их с известными стадиями его повреждения вследствие воздействия высоких температур, а также инструментальные методы оценки глубины прокаливания материала.

Проведенные лабораторные исследования по изменению внешнего вида поверхности плит гипсовых при воздействии на них высоких температур и последующее сравнение полученных результатов с результатами натурального эксперимента по исследованию динамики пожара в жилом помещении показали достаточно высокую степень совпадения.

С целью экстраполяции известного метода визуальной оценки внешних повреждений гипсовых плит, полученных в условиях пожара, на наиболее широко представленные на рынке Республики Беларусь типы данного материала проведена ее адаптация, заключающаяся в определении диапазонов температур воздействия на поверхность трех типов плит гипсовых, эквивалентных индикаторам повреждения материала, установленным в указанном методе.

Метод визуальной оценки термического повреждения гипсовых плит имеет низкую степень информативности индикаторов повреждения при достаточно невысоких температурах воздействия на материал (для ГКЛ и ГКЛВ до 300 °С, а ГКЛО – до 400 °С), а также при нагреве ГКЛ и ГКЛО до температур в диапазоне 600–800 °С.

Указанное определяет перспективность проведения исследований по установлению зависимостей степени полученных в условиях пожара термических повреждений конструкций, выполненных с применением различных типов гипсовых плит, наиболее широко представленных на рынке Республики Беларусь, с использованием инструментальных методов контроля.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Чешко, И.Д. Технические основы расследования пожаров: метод. пособие / И.Д. Чешко. – М.: ВНИИПО, 2002. – 330 с.
2. Мельников, В.С. Пожарно-структурная экспертиза повреждений теплоизоляционных материалов из минеральной ваты и пенополиизоцианурата [Электронный ресурс] / В.С. Мельников



- [и др.] // Интернет-журнал «Науковедение». – 2016. – Т. 8, № 3. – 52 с. – Режим доступа: <http://naukovedenie.ru/PDF/96TVN316.pdf>. – Дата доступа: 01.09.2022. – EDN: WIRKGL.
3. Paulik, F. Thermal decomposition of gypsum / F. Paulik, J. Paulik, M. Arnold // *Thermochimica Acta*. – 1992. – Vol. 200. – P. 195–204. – DOI: 10.1016/0040-6031(92)85115-C.
  4. Kolaitis, D.I. Fire behaviour of gypsum plasterboard wall assemblies: CFD simulation of a full-scale residential building / D.I. Kolaitis, E.K. Asimakopoulou, M.A. Founti // *Case Studies in Fire Safety*. – 2019. – Vol. 7. – P. 23–35. – DOI: 10.1016/j.csfs.2016.11.001.
  5. Zehfub, J. Gypsum plasterboards under natural fire – Experimental investigations of thermal properties / J. Zehfub, L. Sander // *Civil Engineering Design*. – 2021. – Vol. 3, Iss. 3. – P. 62–72. – DOI: 10.1002/cend.202100002.
  6. Mann, D.C. Studies of the Dehydration / Calcination of Gypsum Wallboard / D.C. Mann, N.D. Putsaansuu // *Proceedings of the 11th Conference and Exhibition «Fire and Materials – 2009»*, San Francisco, California, USA, January 26–28, 2009. – UK, London: Interscience Communications Ltd, 2009. – P. 827–838.
  7. Холевчук, А.Г. Зарубежные подходы к определению степени ущерба в судебной пожарно-технической экспертизе / А.Г. Холевчук // *Естественно-гуманитарные исследования*. – 2017. – № 15 (1) – С. 44–49. – EDN: YIZLYH.
  8. Gorbett, G.E. A new method for the characterization of the degree of fire damage to gypsum wallboard for use in fire investigations / G.E. Gorbett [et al.] // *Journal of forensic science*. – 2015. – Vol. 60. – P. 193–196. – DOI: 10.1111/1556-4029.12616.
  9. Posey, J.E. Using Calcination of Gypsum Wallboard to Reveal Burn Patterns / J.E. Posey, E.P. Posey // *Fire and Arson Investigator Journal*. – 1983. – Vol. 93. – P. 17–19.
  10. Ngu, Chu Nguong. Calcination of gypsum plasterboard under fire exposure: fire engineering research report 04/6 May, 2004 / Chu Nguong, Ngu; Department of Civil Engineering of University of Canterbury, Christchurch, New Zealand. – 127 p. – DOI: 10.26021/1689.
  11. Mealy, Ch.L. A Study of Calcination of Gypsum Wallboard / Ch.L. Mealy, D.T. Gottuk // *Proceedings of the 5th International Symposium on Fire Investigation Science and Technology*. – USA, Sarasota, 2012 – P. 427–438.
  12. Малышева, С.Ф. Исследование каркаса гипсокартона магнитным методом при производстве пожарно-технической экспертизы / С.Ф. Малышева, Г.В. Плотникова // *Вестник Восточно-Сибирского института МВД России*. – 2017. – № 2 (81) – С. 114–123. – EDN: ZBAXOV.
  13. Fowlie, E.A. Experimental and Numerical Investigation of Gypsum Calcination Under Fire Exposure / E.A. Fowlie [et al.] // *Proceedings of the 12th U.S. National Combustion Meeting (Virtual)*, Texas, May 24–26, 2021 / Central States Section of the Combustion Institute and Texas A&M University. – Texas: 2021. – 10 p.
  14. Gorbett, G.E. Use of damage in fire investigation: a review of fire patterns analysis, research and future direction / G.E. Gorbett [et al.] // *Fire Science Reviews*. – 2015. – Vol. 4. – Article 4. – 35 p. – DOI: 10.1186/s40038-015-0008-4.
  15. Волосач, А.В. Результаты экспериментальных исследований поверхностной твердости ячеистых бетонов, подвергшихся температурному воздействию, инденторами с углами раствора конуса 20–55° / А.В. Волосач, О.Г. Горовых // *Вестник Университета гражданской защиты МЧС Беларуси*. – 2019. – Т. 3, № 1. – С. 13–22. – DOI: 10.33408/2519-237X.2019.3-1.13. – EDN: YZVGBF.

**Перспективные методы оценки степени полученных в условиях пожара термических повреждений конструкций, выполненных с применением гипсовых плит**

**Promising methods for assessing the degree of thermal damage obtained under fire conditions made with the application of gypsum boards**

**Суриков Андрей Валерьевич**

кандидат технических наук, доцент

Государственное учреждение образования «Университет гражданской защиты Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь», кафедра надзорной и профилактической деятельности, начальник кафедры

Адрес: ул. Машиностроителей, 25, 220118, г. Минск, Беларусь

Email: shurikoff@bk.ru

ORCID: 0000-0002-3659-7297

**Andrey V. Surikov**

PhD in Technical Sciences, Associate Professor

State Educational Establishment «University of Civil Protection of the Ministry for Emergency Situations of the Republic of Belarus», Chair of Supervisory and Preventive Activities, Head of the Chair

Address: Mashinostroiteley str., 25, 220118, Minsk, Belarus

Email: shurikoff@bk.ru

ORCID: 0000-0002-3659-7297

**Зайнудинова Наталья Владимировна**

кандидат технических наук

Государственное учреждение образования «Университет гражданской защиты Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь», кафедра промышленной безопасности, доцент

Адрес: ул. Машиностроителей, 25, 220118, г. Минск, Беларусь

Email: Zainudzinava@gmail.com

ORCID: 0000-0003-1848-1562

**Natal'ya V. Zaynudinova**

PhD in Technical Sciences

State Educational Establishment «University of Civil Protection of the Ministry for Emergency Situations of the Republic of Belarus», Chair of Industrial Safety, Associate Professor

Address: Mashinostroiteley str., 25, 220118, Minsk, Belarus

Email: Zainudzinava@gmail.com

ORCID: 0000-0003-1848-1562

**Бойко Василий Павлович**

Государственное учреждение образования «Университет гражданской защиты Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь», кафедра надзорной и профилактической деятельности, старший преподаватель

Адрес: ул. Машиностроителей, 25, 220118, г. Минск, Беларусь

Email: pojarnik@mail.ru

ORCID: 0000-0002-8032-2792

**Vasily P. Boyko**

State Educational Establishment «University of Civil Protection of the Ministry for Emergency Situations of the Republic of Belarus», Chair of Supervisory and Preventive Activities, Senior Lecturer

Address: Mashinostroiteley str., 25, 220118, Minsk, Belarus

Email: pojarnik@mail.ru

ORCID: 0000-0002-8032-2792

## PROMISING METHODS FOR ASSESSING THE DEGREE OF THERMAL DAMAGE OBTAINED UNDER FIRE CONDITIONS MADE WITH THE APPLICATION OF GYPSUM BOARDS

Surikov A.V., Zaynudinova N.V., Boyko V.P.

*Purpose.* To determine promising methods for assessing the degree of thermal damage to structures made using gypsum boards (hereinafter referred to as drywalls) received under fire conditions.

*Methods.* Analysis of the results of existing studies and methods for assessing the degree of thermal damage to structures made using drywalls under fire conditions. Laboratory studies of samples of gypsum boards in a muffle furnace under temperature exposure.

*Findings.* Based on the results of a review of literature sources, promising methods for assessing the degree of thermal damage to structures made with the use of drywalls were identified under fire conditions. The well-known method of visual assessment of drywall damage in case of fire was adapted for the purpose of its application on the territory of the Republic of Belarus. It has been experimentally established that the visual method for assessing the degree of thermal damage to various types of drywalls has low information content at certain temperature ranges.

*Application field of research.* The obtained research results can be used when examining a fire site to determine the source of the fire, propagation paths, conditions and dynamics of combustion development, as well as in the development of technical means for determining the degree of thermal damage to structures made from drywall sheets received under fire conditions.

*Keywords:* inspection of the fire site, gypsum board, thermal damage, calcination depth, fire source.

(The date of submitting: September 7, 2022)

### REFERENCES

1. Cheshko I.D. *Tekhnicheskie osnovy rassledovaniya pozharov* [Technical basis of fire investigation]: methodical manual. Moscow: VNIPO EMERCOM of Russia, 2002. 330 p. (rus)
2. Mel'nikov V.S., Kirillov S.V., Vasil'ev V.G., Vanin S.A., Potemkin S.A. Pozharno-strukturnaya ekspertiza povrezhdeniy teploizolyatsionnykh materialov iz mineral'noy vaty i penopolizotsianurata [Fire-structural examination of damages of thermal insulation materials from mineral wool and isocyanurate foam]. *Internet-journal «Naukovedenie»*, 2016. Vol. 8, No. 3. Pp. 1–52. (rus). Url: <http://naukovedenie.ru/PDF/96TVN316.pdf>. EDN: WIRKGL.
3. Paulik F., Paulik J., Arnold M. Thermal Decomposition of Gypsum. *Thermochimica Acta*, 1992. Vol. 200. Pp. 195–204. DOI: 10.1016/0040-6031(92)85115-C.
4. Kolaitis D.I., Asimakopoulou E.K., Founti M.A. Fire behaviour of gypsum plasterboard wall assemblies: CFD simulation of a full-scale residential building. *Case Studies in Fire Safety*, 2019. Iss. 7. Pp. 23–35. DOI: 10.1016/j.csfs.2016.11.001.
5. Zehfub J., Sander L. Gypsum plasterboards under natural fire – Experimental investigations of thermal properties. *Civil Engineering Design*, 2021. Vol. 3, Iss 3. Pp. 62–72. DOI: 10.1002/cend.202100002.
6. Mann D.C., Putaansuu N.D. Studies of the Dehydration / Calcination of Gypsum Wallboard. *Proc. 11th Conference and Exhibition «Fire and Materials 2009»*, San Francisco, California, USA, January 26–28, 2009. UK, London: Interscience Communications Ltd, 2009. Pp. 827–838.
7. Kholevchuk, A.G. Zarubezhnye podkhody k opredeleniyu stepeni ushcherba v sudebnoy pozharnotekhnicheskoy ekspertize [Foreign approaches to determining the degree of damage in judicial fire-technical examination]. *Natural-humanitarian studies*, 2017. No. 15 (1). Pp. 44–49. (rus). EDN: YIZLYH.
8. Gorbett G.E., Morris S.M., Meacham B.J., Wood C.B. A new method for the characterization of the degree of fire damage to gypsum wallboard for use in fire investigations. *Journal of forensic science*, 2015. Vol. 60. Pp. 193–196. DOI: 10.1111/1556-4029.12616.
9. Posey J.E., Posey E.P. Using Calcination of Gypsum Wallboard to Reveal Burn Patterns. *Fire and Arson Investigator Journal*, 1983. Vol. 93. Pp. 17–19.
10. Ngu, Chu Nguong. *Calcination of gypsum plasterboard under fire exposure: fire engineering research report 04/6 May, 2004*. Department of Civil Engineering of University of Canterbury, Christchurch, New Zealand. 127 p. DOI: 10.26021/1689.

11. Mealy Ch.L., Gottuk D.T. A Study of Calcination of Gypsum Wallboard. *Proc. 5th International Symposium on Fire Investigation Science and Technology*. USA, Sarasota, 2012. Pp. 427–438. Url: <https://www.nafi.org/blog/a-study-of-calcination-of-gypsum-wallboard/>.
12. Malysheva S.F., Plotnikova G.V. Issledovanie karkasa gipsokartona magnitnym metodom pri proizvodstve pozharno-tehnicheskoy ekspertizy [The test of gypsum board frame by magnetic method in the performance of fire-technical examination]. *East Siberian Institute of the Ministry of Internal Affairs of the Russian Federation*, 2017. No. 2 (81). Pp. 114–123. (rus). EDN: ZBAXOV.
13. Fowlie E.A., Borth T., Gorbett G.E., Sezer H., Kozhumal Sh.P. Experimental and Numerical Investigation of Gypsum Calcination Under Fire Exposure. *Proc. 12th U.S. National Combustion Meeting, Texas, May 24–26, 2021*. Central States Section of the Combustion Institute and Texas A&M University; Texas, 2021. 10 p.
14. Gorbett G.E., Meacham B.J., Wood Ch.B., Dembsey N.A. Use of damage in fire investigation: a review of fire patterns analysis, research and future direction. *Fire Science Reviews*, 2015. Article 4. 35 p. DOI: 10.1186/s40038-015-0008-4.
15. Volosach A. V., Gorovykh O. G. Rezul'taty eksperimental'nykh issledovaniy poverkhnostnoy tverdsti yacheistyx betonov, podvergshikhsya temperaturnomu vozdeystviyu, indentorami s uglami rastvora konusa 20–55° [Results of experimental researches of surface hardness of cellular concretes exposed to temperature by indentors having 20–55° angles of cone opening]. *Journal of Civil Protection*, 2019. Vol. 3, No. 1. Pp. 13–22. (rus). DOI: 10.33408/2519-237X.2019.3-1.13. EDN: YZVGBF.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ФТОРИРОВАННЫХ ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ ПЛЕНКООБРАЗУЮЩЕГО ОГНЕТУШАЩЕГО СОСТАВА

Иванов И.Ю., Навроцкий О.Д., Кондакова Я.А., Красавин В.Е., Бусел М.О.

*Цель.* Провести исследование зависимости поверхностного натяжения фторированных ПАВ различной химической природы от их концентрации и определить фторированное ПАВ, наиболее подходящее для использования в пленкообразующих пенообразователях.

*Методы.* Измерение поверхностного натяжения растворов осуществляли с помощью автоматического тензиометра KRÜSS K20, используя метод отрыва кольца Дю Нуи, изложенный в ISO 304:1985. Определение критической концентрации мицеллообразования растворов поверхностно-активных веществ в водных системах проводили согласно ГОСТ 29232-1991.

*Результаты.* Приведены результаты исследования поверхностного натяжения водных растворов анионоактивных, неионогенных и амфотерных фторированных поверхностно-активных веществ (ПАВ) различных производителей. Установлены наиболее перспективные фторированные ПАВ и соразтворители для применения в составе пленкообразующего пенообразователя целевого назначения для тушения пожаров. Обоснован выбор фторированного ПАВ для создания пенообразователя целевого назначения, позволяющего получать водную пленку на поверхности н-гептана.

*Область применения исследований.* Полученные результаты могут быть использованы при разработке рецептуры пенообразователя целевого назначения для тушения пожаров.

*Ключевые слова:* пенообразователь целевого назначения для тушения пожаров, фторированное поверхностно-активное вещество, поверхностное натяжение, межфазное натяжение.

(Поступила в редакцию 4 октября 2022 г.)

### Введение

Для тушения пожаров нефти и нефтепродуктов часто применяются пенообразователи, наиболее эффективными из которых являются пленкообразующие пенообразователи, образующие водную пленку на поверхности горючей жидкости (Aqueous Film Forming Foams, AFFF). Образование водной пленки увеличивает скорость растекания пены по поверхности горючей жидкости, а также увеличивает изолирующую способность пены и повышает устойчивость к повторному воспламенению горючей жидкости. Основные характеристики пленкообразующих пенообразователей и способы их контроля рассмотрены в публикациях [1–8].

Основными компонентами пленкообразующих пенообразователей являются вода, фторированные и углеводородные ПАВ, соразтворители. Основное назначение углеводородных ПАВ в составе пенообразователя – образование пены, а фторированных ПАВ (ФПАВ) – снижение поверхностного натяжения до значений, когда возможно образование водной пленки на поверхности горючей жидкости. Способность снижать поверхностное натяжение ФПАВ имеет решающее значение в процессе образования водной пленки и определяет, будет ли пенообразователь обладать пленкообразующей способностью. Поэтому исследование свойств ФПАВ имеет важное значение при разработке пленкообразующего пенообразователя.

Также в составе пенообразователей могут применяться антифризы для снижения температуры кристаллизации, ингибиторы коррозии для уменьшения воздействия пенообразователя на материалы емкостей для его хранения, трубопроводной и запорной арматуры, консерванты для предотвращения биологической деструкции.

В спиртостойких пенообразователях также могут использоваться водорастворимые полимерные вещества. Как правило, каждый компонент пенообразователя имеет различную поверхностную активность, что может приводить к изменению значений поверхностного и межфазного натяжений растворов пенообразователей. По сравнению с растворами индивидуальных ПАВ, их смеси демонстрируют большую разнообразность возможного поведения. В частности, при смешении ПАВ могут наблюдаться синергетические эффекты, выражающиеся в том, что в растворе обнаруживаются эффекты, которые отсутствуют или выражены значительно слабее для растворов индивидуальных ПАВ (например, снижение критической концентрации мицеллообразования)<sup>1</sup> [9].

### Основная часть

Наиболее важной характеристикой фторированного ПАВ (ФПАВ) является его способность снижать поверхностное натяжение на границе раствор ПАВ – воздух. Еще одна важная характеристика ПАВ – величина критической концентрации мицеллообразования. Это связано с тем, что ПАВ после достижения предела растворимости образует в растворителе конгломераты, которые называют мицеллами. Концентрация, при которой образуются такие мицеллы, называют критической концентрацией мицеллообразования (ККМ). При увеличении концентрации ПАВ выше ККМ истинный раствор ПАВ переходит в коллоидное состояние, при этом увеличивается число мицелл в растворе, а концентрация свободных молекул ПАВ в растворе остается практически постоянной и поэтому поверхностное натяжение также почти не изменяется. Процесс мицеллообразования обратим: разбавление раствора до концентрации менее ККМ переводит раствор из коллоидного в истинный [6].

С целью определения наиболее эффективно снижающих поверхностное натяжение фторированных ПАВ проведено исследование зависимости поверхностного натяжения фторированных ПАВ различной химической природы от их концентрации.

Поверхностное натяжение растворов определяли с помощью автоматического тензиометра KRÜSS K20 методом кольца Дью Нуи по ISO 304:1985<sup>2</sup> и ГОСТ 29232-1991<sup>3</sup>. Коррекция измеренных значений проводилась автоматически методом Харкина. Измерение поверхностного натяжения одного образца проводилось автоматически до того момента, пока среднеквадратичное отклонение не превышало 0,05 мН/м и могло достигать от 10 до 50 повторений. Для точного воспроизведения и поддержания температуры исследуемых растворов измерительная кювета помещалась в термостатируемую ячейку, которая подключалась к жидкостному циркуляционному криотермостату серии LOIP FT-316-40. Все измерения проводились при температуре 25±0,1 °С. Для предотвращения испарения сосуда с исследуемым раствором накрывался часовым стеклом. Перед проведением испытаний все кюветы и используемая посуда заливались хромовой смесью и выдерживались в течение 12 ч, после чего тщательно промывались дистиллированной водой.

В предварительно взвешенных стаканах готовили растворы различных концентраций ПАВ таким образом, чтобы в числе этих растворов оказался раствор ожидаемой критической концентрации мицеллообразования. Растворы получали разбавлением исходного раствора ПАВ массовой концентрации 10 г/дм<sup>3</sup> до нужной концентрации в соответствии с ГОСТ 29232-1991.

<sup>1</sup> Теоретические и экспериментальные исследования эффектов синергизма в растворах смешанных ПАВ [Электронный ресурс] / Кафедра физической химии Института химии Санкт-Петербургского государственного университета. – Режим доступа: <http://phys.chem.spbu.ru/node/31>. – Дата доступа: 15.09.2022.

<sup>2</sup> Вещества поверхностно-активные. Определение поверхностного натяжения путем вытягивания жидких пленок: ISO 304:1985. – Взамен ISO 304:1978. – Введ. 15.12.85. – International Organization for Standardization, 1985. – 14 с.

<sup>3</sup> Анионные и неионногенные поверхностно-активные вещества. Определение критической концентрации мицеллообразования. Метод определения поверхностного натяжения с помощью пластины, скобы или кольца: ГОСТ 29232-1991. – Введ. 01.01.93. – Минск, Госстандарт, 1992. – 8 с.

Особенностью измерений при низкой концентрации ПАВ является то, что значения поверхностного натяжения могут изменяться в зависимости от времени выдержки раствора после приготовления, что может быть связано с установкой равновесия процесса коллоидообразования в объеме и на поверхности раствора. В связи с изложенным измерения проводились через 90 мин после приготовления растворов по 3 раза с интервалами 15 мин для каждой концентрации без прополаскивания кольца между измерениями. Если наблюдалось систематическое изменение (снижение или повышение) поверхностного натяжения, то интервал перед началом измерений увеличивали до 180 мин. При изменении концентрации кольцо промывалось в этаноле и затем в дистиллированной воде в соответствии с ГОСТ 29232-1991.

В качестве фторированных ПАВ использовались поставляемые в Беларусь ПАВ различной химической природы (анионоактивные, неионогенные и амфотерные), перечень которых приведен в таблице 1.

**Таблица 1. – Перечень фторированных ПАВ, использованных для проведения исследований**

Тип ПАВ	Основное действующее вещество
Амфотерное 1	перфторалкилсульфобетаин
Амфотерное 2	перфтороктилсульфонамид
Амфотерное 3	перфторалкилбетаин
Амфотерное 4	перфторалкиламинооксид
Амфотерное 5	перфторалкилбетаин
Анионоактивное 1	перфторакилсульфосукцинат
Анионоактивное 2	перфторалкилсульфонат аммония
Неионогенное 1	перфторалкилполиэтоксиполипроксилат
Неионогенное 2	перфторалкилэтанолполиэтоксилат
Неионогенное 3	перфторалкилэтанолполиэтоксилат
Неионогенное 4	перфторалкилэтанолполиэтоксилат
Неионогенное 5	перфторалкилэтанолполиэтоксилат
Композиция 1	композиция фторированных и углеводородных ПАВ
Композиция 2	композиция фторированных и углеводородных ПАВ

Анализ кривых, иллюстрирующих зависимость поверхностного натяжения от концентрации ФПАВ, позволит установить наиболее эффективные и перспективные ПАВ, которые целесообразно использовать для создания пленкообразующего пенообразователя [10]. На рисунке 1 представлены зависимости поверхностного натяжения  $\sigma$  ( $\text{мН}\cdot\text{м}^{-1}$ ) от концентрации амфотерных фторированных ПАВ  $c$  ( $\text{г}/\text{дм}^3$ ).

Как видно из рисунка 1, введение ФПАВ Амфотерное 4 в количестве  $0,20 \text{ г}/\text{дм}^3$  позволяет снизить поверхностное натяжение до  $15,2 \text{ мН}\cdot\text{м}^{-1}$ , а дальнейшее увеличение его концентрации уменьшает поверхностное натяжение незначительно. Аналогичные зависимости имеют и другие амфотерные ФПАВ. Так, при добавлении  $0,30 \text{ г}/\text{дм}^3$  амфотерного ФПАВ Амфотерное 5 поверхностное натяжение снижается до  $16,5 \text{ мН}\cdot\text{м}^{-1}$ . Меньшую поверхностную активность проявляют Амфотерные 1–3. Так, при концентрации  $0,20 \text{ г}/\text{дм}^3$  с помощью фторированного ПАВ Амфотерное 1 можно снизить поверхностное натяжение до  $23,0 \text{ мН}\cdot\text{м}^{-1}$ , с помощью Амфотерное 2 до  $21,4 \text{ мН}\cdot\text{м}^{-1}$ , а Амфотерное 3 – до  $19,0 \text{ мН}\cdot\text{м}^{-1}$ . Наилучшие результаты по снижению поверхностного натяжения достигаются с помощью ФПАВ типа Амфотерное 4 и Амфотерное 5.

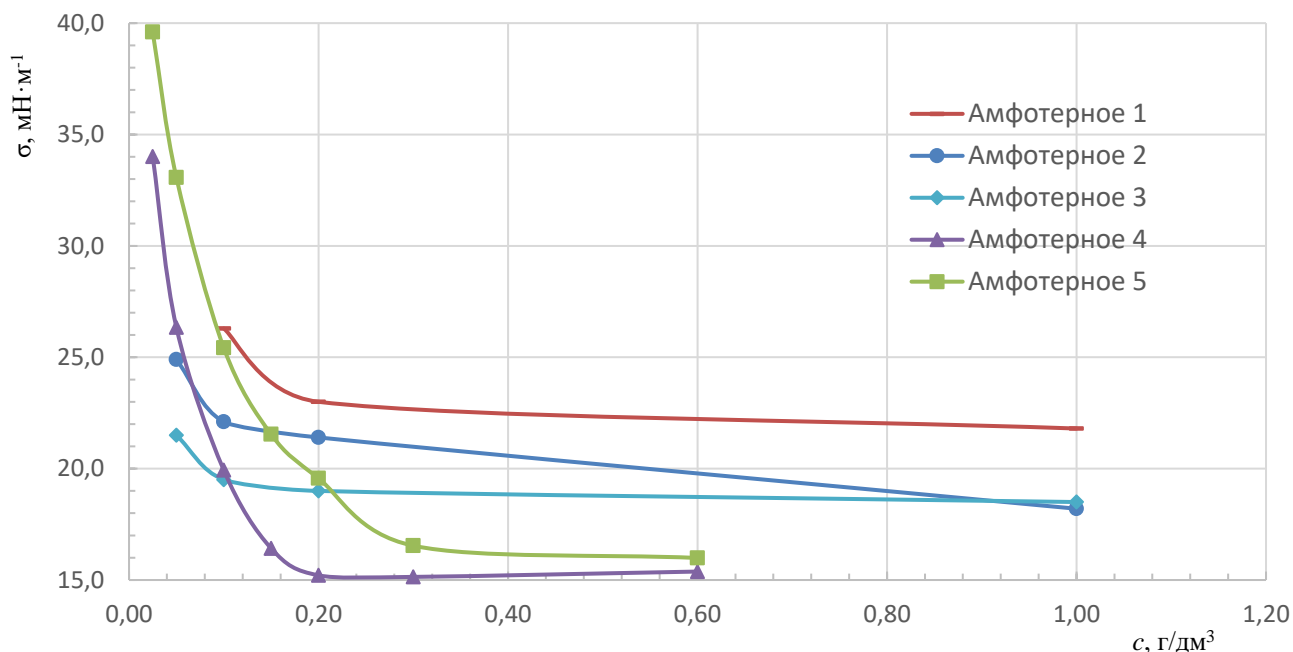


Рисунок 1. – Экспериментальные зависимости поверхностного натяжения от концентрации амфотерных фторированных ПАВ

На рисунке 2 представлены зависимости поверхностного натяжения от концентрации неионогенных фторированных ПАВ.

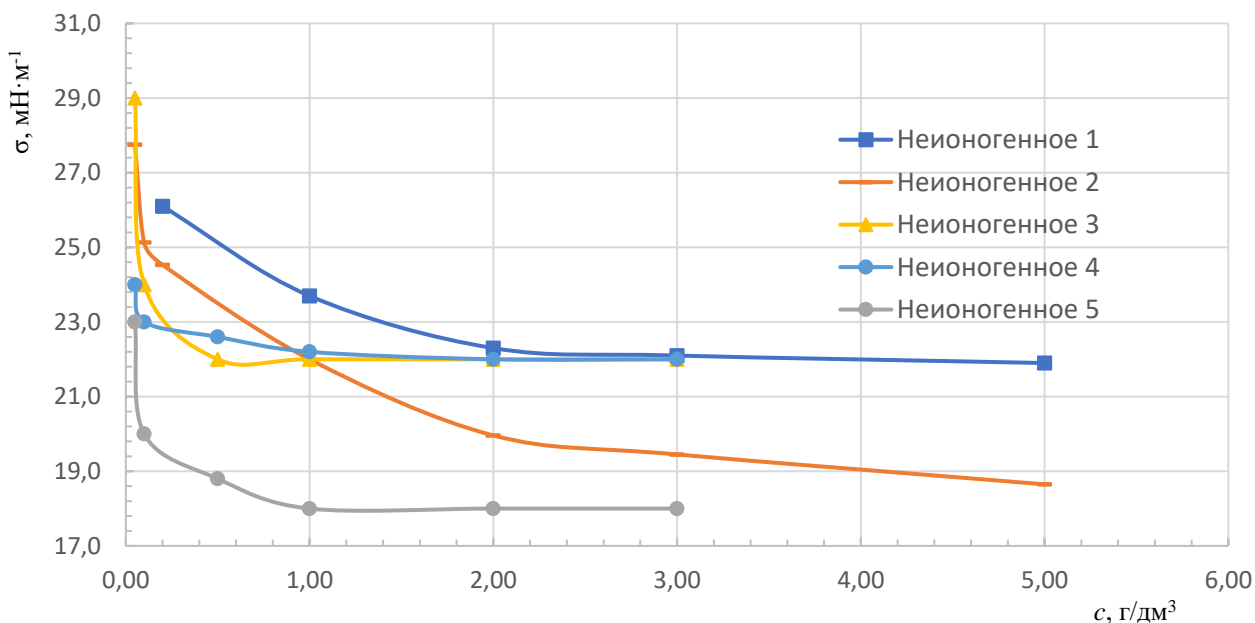


Рисунок 2. – Экспериментальные зависимости поверхностного натяжения от концентрации неионогенных фторированных ПАВ

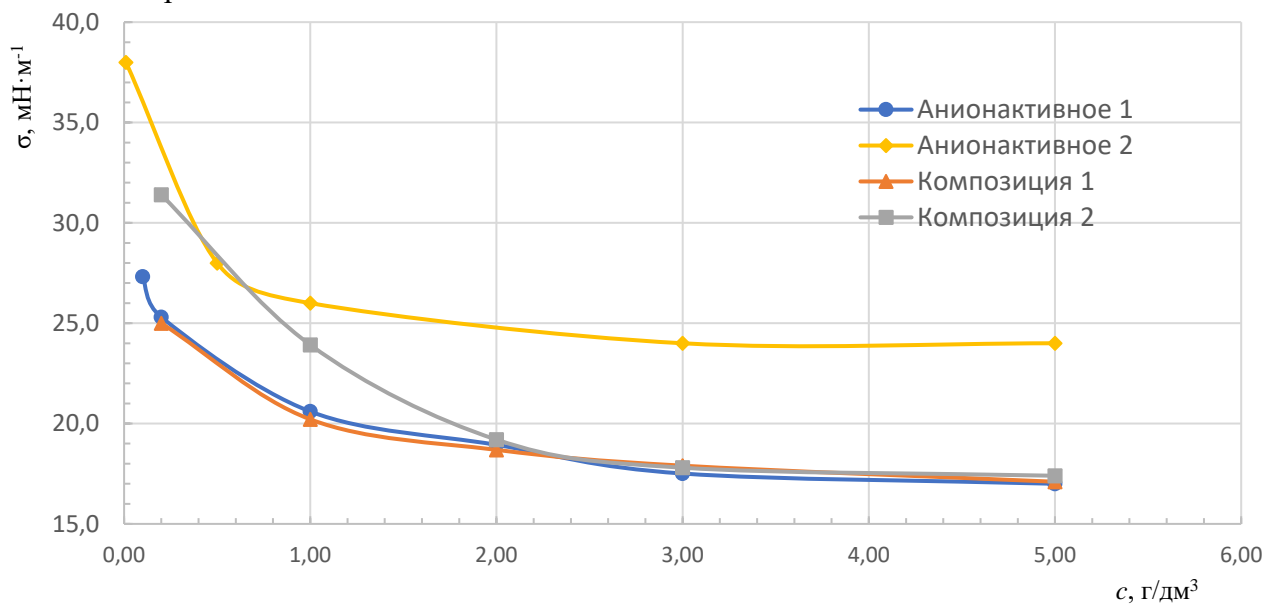
Как видно из рисунка 2, наибольшее снижение поверхностного натяжения достигается с помощью ФПАВ типа Неионогенное 5. Введение 1,00 г/дм³ ФПАВ типа Неионогенное 5 снижает поверхностное натяжение до 18,0 мН·м<sup>-1</sup>. Меньшую активность имеет ФПАВ типа Неионогенное 2, которое снижает поверхностное натяжение до 19,5 мН·м<sup>-1</sup> при введении 3,00 г/дм³. Сравнительно одинаковое поверхностное натяжение наблюдается у растворов Неионогенного 1 и Неионогенных 3–4. При введении 2,00 г/дм³ ФПАВ типа Неионогенное 1 поверхностное натяжение снижается до 22,3 мН·м<sup>-1</sup>. При введении 0,50 г/дм³ ФПАВ типа Неионогенное 3 поверхностное натяжение составляет 22,0 мН·м<sup>-1</sup>.



При введении  $1,00 \text{ г/дм}^3$  ФПАВ типа Неионогенное 4 поверхностное натяжение достигает  $22,0 \text{ мН}\cdot\text{м}^{-1}$ .

На рисунке 3 представлены зависимости поверхностного натяжения от концентрации анионных ФПАВ и концентрации композиций фторированных и углеводородных ПАВ.

Как видно из рисунка 3, введение  $3,00 \text{ г/дм}^3$  ФПАВ типа Анионактивное 1 снижает поверхностное натяжение до  $17,5 \text{ мН}\cdot\text{м}^{-1}$ , Композиция 2 снижает поверхностное натяжение до  $17,8 \text{ мН}\cdot\text{м}^{-1}$ , Композиция 1 снижает поверхностное натяжение до  $17,8 \text{ мН}\cdot\text{м}^{-1}$ , Анионактивное 2 снижает поверхностное натяжение до  $24,0 \text{ мН}\cdot\text{м}^{-1}$ . Наилучшие результаты по снижению поверхностного натяжения достигаются с помощью ФПАВ типа Анионактивное 1.

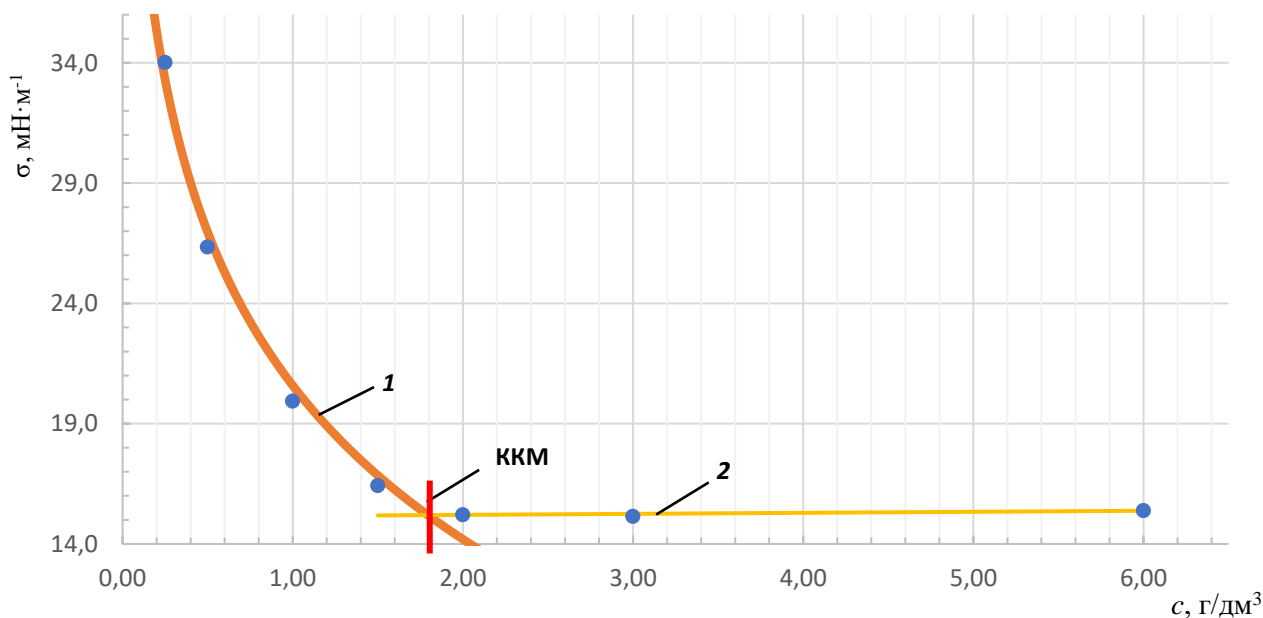


**Рисунок 3. – Экспериментальные зависимости поверхностного натяжения от концентрации анионных ФПАВ и концентрации композиций фторированных и углеводородных ПАВ**

Проанализировав графики зависимостей поверхностного натяжения от концентрации амфотерных, неионогенных и анионактивных ФПАВ можно сделать вывод, что наиболее перспективными ФПАВ в качестве компонентов, активно понижающих поверхностное натяжение раствора, выступают амфотерные ФПАВ типа Амфотерные 4–5: введение ФПАВ Амфотерное 4 в количестве  $0,20 \text{ г/дм}^3$  снижает поверхностное натяжение до  $15,2 \text{ мН}\cdot\text{м}^{-1}$ , при добавлении  $0,30 \text{ г/дм}^3$  ФПАВ Амфотерное 5 поверхностное натяжение падает до  $16,5 \text{ мН}\cdot\text{м}^{-1}$ . Менее перспективным является неионогенное и анионактивное ФПАВ: введение  $1,00 \text{ г/дм}^3$  ФПАВ типа Неионогенное 5 снижает поверхностное натяжение до  $18,0 \text{ мН}\cdot\text{м}^{-1}$ , а  $3,00 \text{ г/дм}^3$  ФПАВ типа Анионактивное 1 снижает поверхностное натяжение до  $17,5 \text{ мН}\cdot\text{м}^{-1}$ . Несмотря на то что данные ФПАВ выполняют условия образования пленки (поверхностное натяжение водного раствора должно быть менее  $18,0 \text{ мН/м}$ , а межфазное натяжение составлять менее  $2,5 \text{ мН/м}$  [2]), в сравнении с амфотерными ФПАВ по количественному наличию в смеси их необходимо значительно больше ( $1,00$  и  $3,00 \text{ г/дм}^3$  против  $0,20$  и  $0,30 \text{ г/дм}^3$ ), что в итоге будет способствовать удорожанию готового состава в целом.

Как было указано выше, ККМ является важнейшей характеристикой ПАВ и их смесей. Для впервые исследуемого ПАВ ККМ неизвестна. Поэтому не ясно, какие экспериментальные значения относятся к области ниже, а какие выше ККМ. Область зависимости поверхностного натяжения от концентрации ПАВ ниже ККМ может быть аппроксимирована уравнением Шишковского (кривая 1, рис. 4), а выше ККМ – линейным уравнением (линия 2, рис. 4). Достижение ККМ определяют по точке пересечения двух экстраполированных кривых, которые отображают зависимость ниже и выше критической концентрации [2].

Для отнесения экспериментальных данных по поверхностному натяжению к области ниже или выше ККМ, а также для определения ККМ была использована методика, приведенная в ГОСТ 29232-1991. Методы определения ККМ основаны на резком изменении физико-химических свойств растворов ПАВ (в нашем случае – поверхностного натяжения  $\sigma$ ) при повышении концентрации ФПАВ и переходе от молекулярного раствора к мицеллярному (рис. 4).



1 – расчетная зависимость  $\sigma = \sigma_0 - A \cdot \ln(K \cdot c + 1)$ , где  $\sigma_0 = 72,4$  мН·м<sup>-1</sup>;  $A = 9,2$  мН·м<sup>-1</sup>;  $K = 270,95$  дм<sup>3</sup>/г;  
 2 – расчетная зависимость  $\sigma = a \cdot c + b$ , где  $a = 0,04$  мН·м<sup>-1</sup>·дм<sup>3</sup>/г;  $b = 15,1$  мН·м<sup>-1</sup>

**Рисунок 4. – Экспериментальные зависимости поверхностного натяжения от концентрации ФПАВ типа Амфотерное 4**

На основании полученных результатов строился график зависимости поверхностного натяжения от концентрации ПАВ. На оси ординат откладывались значения поверхностного натяжения  $\sigma$  (мН·м<sup>-1</sup>), а на оси абсцисс – концентрация  $c$  (г/дм<sup>3</sup>). Для построения графиков использовались средние значения поверхностного натяжения, определенные для каждой концентрации.

Результаты обработки экспериментальных зависимостей поверхностного натяжения от концентрации исследованных ФПАВ (рис. 1–3) по методике, изложенной в ГОСТ 29232-1991, приведены в таблице 2.

**Таблица 2. – Критическая концентрация мицеллообразования  $c_{ККМ}$  и поверхностное натяжение  $\sigma$  при ней для исследованных ФПАВ**

Тип ПАВ	$c_{ККМ}$ (г/дм <sup>3</sup> )	$\sigma$ (мН·м <sup>-1</sup> ) при $c_{ККМ}$	$c_{ККМ}$ (г/дм <sup>3</sup> ), при которой $\sigma = 18$ мН·м <sup>-1</sup>
Амфотерное 1	–	–	2,59
Амфотерное 2	0,28	17,2	0,11
Амфотерное 3	0,17	18,1	0,24
Амфотерное 4	0,21	15,2	0,15
Амфотерное 5	0,31	16,1	0,27
Аниоактивное 1	0,34	17,4	0,29
Аниоактивное 2	0,10	24,0	12,10
Неионогенное 1	0,23	22,2	3,54
Неионогенное 2	0,31	19,4	1,68
Неионогенное 3	0,05	22,0	–
Неионогенное 4	0,15	22,2	3,06
Неионогенное 5	0,10	18,0	0,10
Композиция 1	0,27	18,0	0,27
Композиция 2	0,28	17,8	0,27

Как видно из таблицы 2, наибольшее снижение поверхностного натяжения наблюдается у двух ФПАВ: Амфотерные 4–5, значения ККМ которых составляют 0,18 и 0,31 г/дм<sup>3</sup> соответственно. Наименьшая же концентрация, при которой поверхностное натяжение равно 18,0 мН·м<sup>-1</sup>, наблюдается у ФПАВ типа Амфотерное 2, Амфотерное 4 и Неионогенное 5. Применение данных ФПАВ позволяет уменьшить содержание концентрации ПАВ более чем в два раза в сравнении с другими исследованными ПАВ, представленными в таблице 1.

Необходимость присутствия в составе пенообразователя тех или иных компонентов определяется необходимостью наличия положительного коэффициента растекания в системе фторированного и углеводородного ПАВ и эксплуатационными свойствами. Для повышения растворимости фторированных ПАВ могут использоваться соразтворители, например изопропиловый спирт, 2-бутокси этанол и моноэтиленгликоль. Данные компоненты также снижают температуру кристаллизации пенообразователей и кинематическую вязкость. Также указанные компоненты снижают поверхностное натяжение растворов. Так, при добавлении 5,0 % 2-бутокси этанола в воду поверхностное натяжение раствора снижается до 57,0 мН/м.

С целью установления влияния соразтворителей на поверхностное натяжение нами исследованы растворы, содержащие ФПАВ типа Амфотерное 5 в концентрации от 0,0025 до 0,0600 г/дм<sup>3</sup> и соразтворитель. В качестве соразтворителя использовали изопропиловый спирт, 2-бутокси этанол и этиленгликоль. Концентрация соразтворителя была выше концентрации ФПАВ в 10 раз во всех измерениях. Результаты измерений зависимости поверхностного натяжения от концентрации ФПАВ типа Амфотерное 5 в растворе с соразтворителем приведены на рисунке 5. Также на рисунке приведена зависимость поверхностного натяжения от концентрации для растворов ФПАВ без соразтворителя.

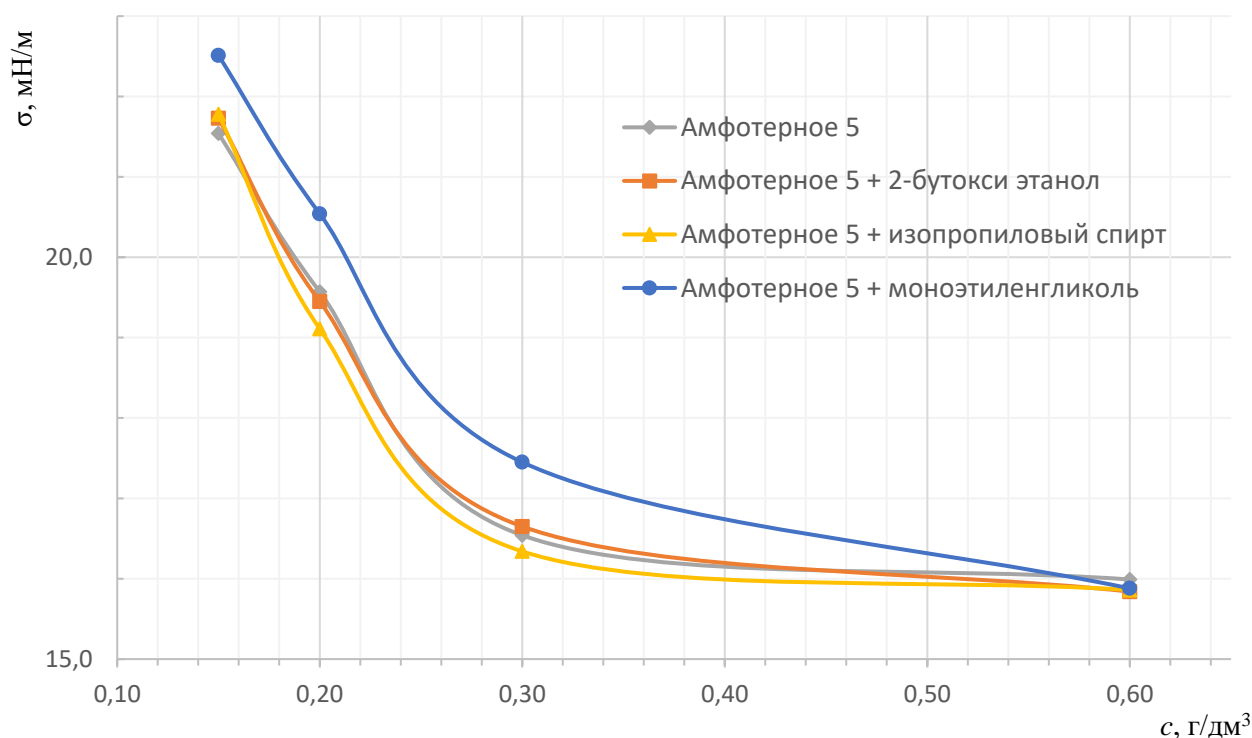


Рисунок 5. – Зависимость поверхностного натяжения от концентрации композиции ФПАВ типа Амфотерное 5 и соразворителя

Из рисунка 5 видно, что использование изопропилового спирта совместно с ФПАВ приводит к снижению поверхностного натяжения на 0,3 мН·м<sup>-1</sup> по сравнению с раствором чистого ПАВ, а использование этиленгликоля – к увеличению поверхностного натяжения

на  $0,7 \text{ мН} \cdot \text{м}^{-1}$  при концентрации  $0,30 \text{ г/дм}^3$ . Введение 2-бутокси этанола практически не влияет на поверхностное натяжение растворов ФПАВ Амфотерное 5. Исходя из того что в составе пенообразователя содержание сорастворителя достигает 10 %, применение изопропилового спирта ввиду его взрывоопасных свойств будет небезопасно. Этиленгликоль, в свою очередь, сильно повышает поверхностное натяжение. Таким образом, в дальнейших исследованиях в качестве сорастворителя принимается 2-бутокси этанол.

На рисунке 6 приведены зависимости поверхностного натяжения от концентрации чистого ФПАВ типа Амфотерное 4 и смеси Амфотерного 4 и 2-бутокси этанола. Концентрация 2-бутокси этанола была выше концентрации ФПАВ в 10 раз во всех измерениях.

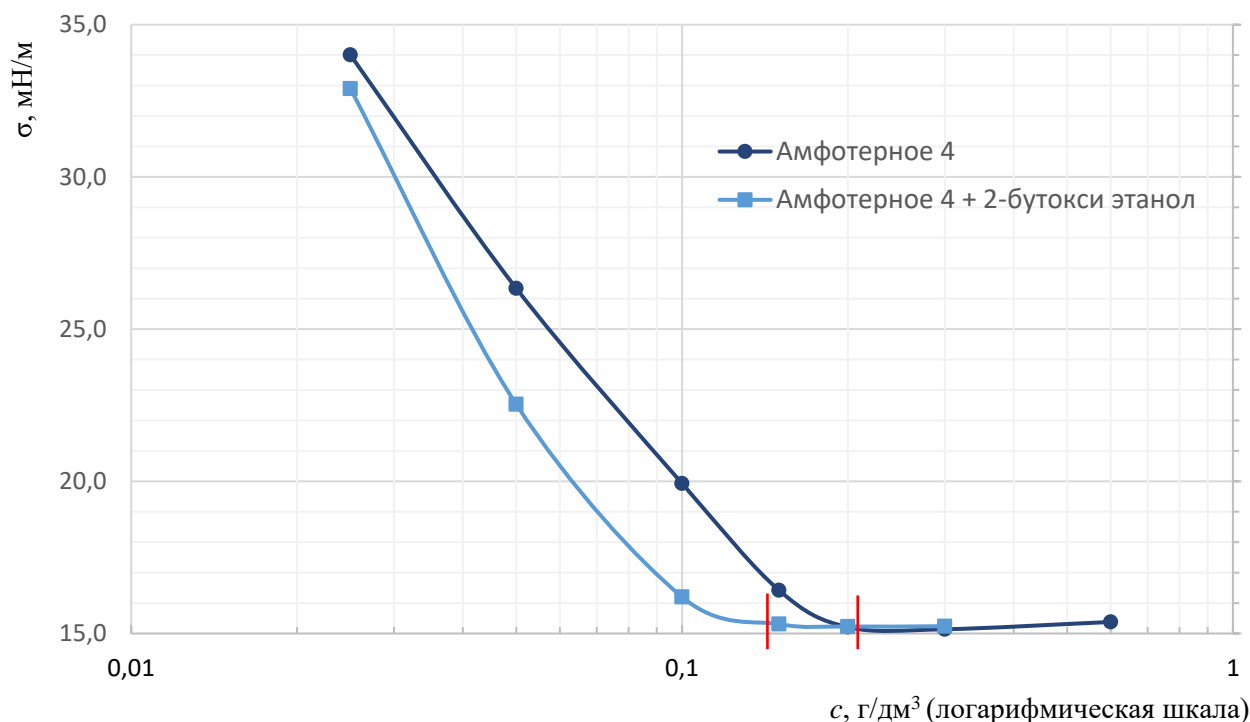


Рисунок 6. – Зависимость поверхностного натяжения от концентрации ФПАВ типа Амфотерное 4 с сорастворителем

Из рисунка 6 видно, что введение 2-бутокси этанола в раствор ФПАВ типа Амфотерное 4 приводит к снижению ККМ до  $0,15 \text{ г/дм}^3$ , в то время как ККМ чистого ФПАВ типа Амфотерное 4 составляет  $0,21 \text{ г/дм}^3$ . Как видно из графика, величина поверхностного натяжения для двух растворов в точках ККМ практически совпадает.

Также интерес представляет снижение поверхностного натяжения при одновременном использовании двух амфотерных ФПАВ. На рисунке 7 представлены зависимости поверхностного натяжения от концентрации смеси ФПАВ типа Амфотерное 4 и Амфотерное 5, и смеси из двух ФПАВ и сорастворителя 2-бутокси этанола в концентрациях ФПАВ от  $0,0025$  до  $0,0600 \text{ г/дм}^3$ . Концентрация сорастворителя была выше концентрации ФПАВ в 10 раз во всех случаях.

Анализ данных, представленных на рисунке 7, позволил установить, что ККМ фторированного ПАВ типа Амфотерное 5 и Амфотерное 4 составляет  $0,31$  и  $0,21 \text{ г/дм}^3$  соответственно. ККМ смеси вышеуказанных ФПАВ составляет  $0,38 \text{ г/дм}^3$ , а смеси ФПАВ и сорастворителя  $0,21 \text{ г/дм}^3$  (табл. 2). Также из рисунка видно, что кривая зависимости поверхностного натяжения от концентрации смеси ФПАВ типа Амфотерное 4 и Амфотерное 5 располагается между кривыми зависимостей индивидуальных ФПАВ, что свидетельствует об отсутствии синергетического эффекта от смешения.

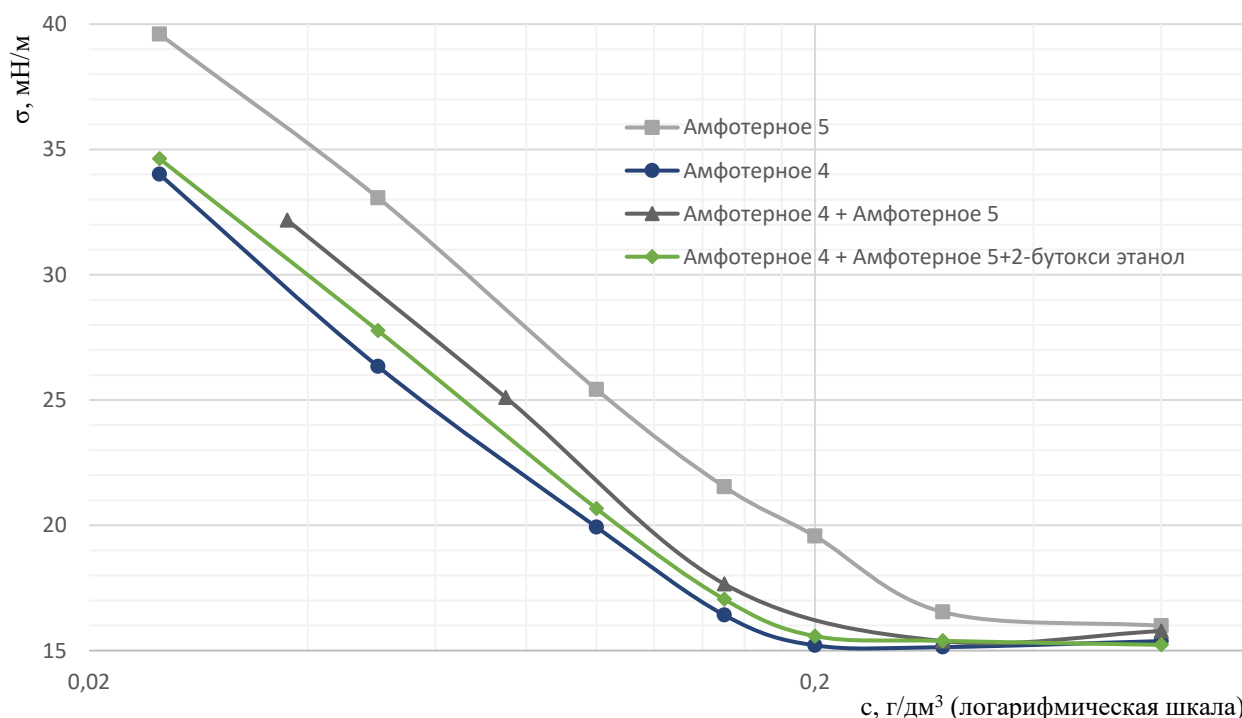


Рисунок 7. – Зависимость поверхностного натяжения от концентрации ФПАВ Амфотерное 4 и Амфотерное 5 с соразвителем

В таблице 3 для исследованных ФПАВ приведены критическая концентрация мицеллообразования  $c_{ккм}$ , поверхностное натяжение при этой концентрации и концентрация фторированных ПАВ, при которой поверхностное натяжение равно  $18,0 \text{ мН}\cdot\text{м}^{-1}$ .

Таблица 3. – Критическая концентрация мицеллообразования  $c_{ккм}$  и поверхностное натяжение  $\sigma$  при ней для исследованных смесей ФПАВ Амфотерное 4 и Амфотерное 5

Тип ФПАВ (смеси)	$c_{ккм}$ (г/дм³)	$\sigma$ (мН·м <sup>-1</sup> ) при $c_{ккм}$	$c_{ккм}$ (г/дм³), при которой $\sigma = 18 \text{ мН}\cdot\text{м}^{-1}$
Амфотерное 5	0,31	16,1	0,27
Амфотерное 4	0,21	15,2	0,15
смесь Амфотерного 4 и Амфотерного 5	0,38	15,5	0,25
смесь Амфотерного 4, Амфотерного 5 и 2-бутокси этанола	0,22	15,5	0,16
смесь Амфотерного 4 и 2-бутокси этанола	0,29	16,7	0,23
смесь Амфотерного 5 и 2-бутокси этанола	0,15	15,3	0,11
смесь Амфотерного 4 и изопропилового спирта	0,28	16,6	0,24
смесь Амфотерного 4 и моноэтиленгликоля	0,26	18,1	0,27

### Заключение

Как было указано выше, для образования изолирующей пленки на н-гептане, имеющем поверхностное натяжение примерно  $20,5 \text{ мН/м}$ , сумма поверхностного натяжения водного раствора фторированного ПАВ и его межфазного натяжения с н-гептаном должна быть менее  $20,5 \text{ мН/м}$ . Следовательно, если межфазное натяжение на границе с гептаном будет  $2,5 \text{ мН/м}$ , то поверхностное натяжение водных растворов ПАВ должно быть не более  $18,0 \text{ мН/м}$ . Данному условию отвечает большинство исследованных ПАВ, за исключением ФПАВ типа Амфотерное 3, Анионоактивное 2 и Неионогенное 1–4. Наиболее перспективными фторированным ПАВ для применения в составе пенообразователей являются ФПАВ типа Амфотерное 2, Амфотерное 4 и Неионогенное 5. Применение данных ФПАВ позволяет использовать концентрации ПАВ значительно меньше в сравнении с другими исследованными ПАВ. Для повышения растворимости ФПАВ в растворе целесообразно использовать 2-бутокси этанол.

Предварительные исследования межфазного натяжения на границе н-гептан – раствор фторированного ПАВ (Амфотерное 4 и 5) показали, что значения межфазного натяжения находятся в интервале от 4,0 до 6,0 мН/м. Следовательно, для снижения межфазного натяжения до значений ниже 2,5 мН/м необходимо использовать добавки других ПАВ.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Иванов, И.Ю. Обзор основных характеристик пленкообразующих пенообразователей и способы их контроля / И.Ю. Иванов, Я.А. Кондакова, О.Д. Навроцкий // Современные пожаробезопасные материалы и технологии: сб. материалов V Междунар. науч.-практ. конф, Иваново, 14 окт. 2021 г. – Иваново: Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2021. – С. 41–47. – EDN: PATKDW.
2. Котов, С.Г. Исследование пленкообразующей и изолирующей способности растворов фторированных поверхностно-активных веществ / С.Г. Котов, О.Д. Навроцкий, Д.С. Котов // Пожаровзрывобезопасность. – 2011. – Т. 20, № 5. – С. 25–35. – EDN: NWHDL D.
3. Корольченко, Д.А. Тушение горючих жидкостей пеной из пленкообразующих пенообразователей / Д.А. Корольченко, А.А. Волков // Пожаровзрывобезопасность. – 2017. – Т. 26, № 8. – С. 45–55. – DOI: 10.18322/PVB.2017.26.08.45-55. – EDN: ZTUOXN.
4. Шароварников, А.Ф. Пенообразователи и пены для тушения пожаров. Состав, свойства, применение / А.Ф. Шароварников, С.А. Шароварников. – М.: Пожнаука, 2005. – 335 с. – EDN: UWCCSP.
5. Кремнийсодержащие производные органических кислот в качестве не загрязняющих окружающую среду огнегасящих пленкообразующих пен на водной основе: пат. RU 2017107082 / Д. Блунк [и др.]. – Оpubл. 29.11.2019. – EDN: RIKSZS.
6. Холмберг, К. Поверхностно-активные вещества и полимеры в водных растворах / К. Холмберг [и др.]; пер. с англ. – М.: БИНОМ. Лаб. знаний, 2013. – 528 с. – EDN: QKBQZV.
7. Волков, В.А. Поверхностно-активные вещества. Синтез и свойства. Часть 1. Синтез и свойства поверхностно-активных веществ. Электронная книга [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.twirpx.com/file/254282/grant>. – Дата доступа: 15.09.2022.
8. Нигметзянов, А.Р. Разработка композиции фторсодержащего пленкообразующего пенообразователя с применением отечественных компонентов / А.Р. Нигметзянов [и др.] // Вестник Казанского технологического университета. – 2014. – Т. 17, № 14. – С. 93–96. – EDN: STIAIV.
9. Саутина, Н.В. Высвобождение ацетил гексапептида-3 с применением жидкокристаллической системы на основе лецитина / Н.В. Саутина [и др.] // Известия высших учебных заведений. Серия: Химия и химическая технология. – 2019. – Т. 62, № 5. – С. 24–30. – DOI: 10.6060/ivkkt.20196205.5772. – EDN: JAEIV.
10. Лахвич, В.В. Исследование свойств пленкообразующих пенообразователей для тушения горючих жидкостей / В.В. Лахвич, Г.А. Вариков // Вестник Командно-инженерного института МЧС Республики Беларусь. – 2014. – № 1 (19). – С. 73–81. – EDN: RBEJFG.

**Исследование фторированных поверхностно-активных веществ  
для разработки пленкообразующего огнетушащего состава**

**Research of fluorinated surfactants for the development  
of a film-forming fire extinguishing composition**

***Иванов Игорь Юрьевич***

Государственное учреждение образования  
«Университет гражданской защиты  
Министерства по чрезвычайным ситуациям  
Республики Беларусь», кафедра  
автоматических систем безопасности,  
старший преподаватель

Адрес: ул. Машиностроителей, 25,  
220118, г. Минск, Беларусь  
Email: igor.ivanovwork8@gmail.com  
ORCID: 0000-0002-1072-2432

***Igor Yu. Ivanov***

State Educational Establishment «University  
of Civil Protection of the Ministry for Emergency  
Situations of the Republic of Belarus»,  
Chair of Automatic System Security,  
Senior Lecturer

Address: Mashinostroiteley str., 25,  
220118, Minsk, Belarus  
Email: igor.ivanovwork8@gmail.com  
ORCID: 0000-0002-1072-2432

***Навроцкий Олег Дмитриевич***

кандидат технических наук, доцент  
Государственное учреждение образования  
«Университет гражданской защиты  
Министерства по чрезвычайным ситуациям  
Республики Беларусь», кафедра  
автоматических систем безопасности, доцент

Адрес: ул. Машиностроителей, 25,  
220118, г. Минск, Беларусь  
Email: Oleg.Navrotsky@gmail.com  
ORCID: 0000-0002-4137-2519

***Oleg D. Navrotskiy***

PhD in Technical Sciences, Associate Professor  
State Educational Establishment «University  
of Civil Protection of the Ministry for Emergency  
Situations of the Republic of Belarus»,  
Chair of Automatic System Security,  
Associate Professor

Address: Mashinostroiteley str., 25,  
220118, Minsk, Belarus  
Email: Oleg.Navrotsky@gmail.com  
ORCID: 0000-0002-4137-2519

***Кондакова Яна Александровна***

Учреждение «Научно-исследовательский  
институт пожарной безопасности  
и проблем чрезвычайных ситуаций»  
Министерства по чрезвычайным ситуациям  
Республики Беларусь, отдел инженерного  
обеспечения пожарной безопасности,  
старший научный сотрудник

Адрес: ул. Солтыса, 183а,  
220046, г. Минск, Беларусь  
Email: janakondakowa777@gmail.com  
ORCID: 0000-0002-2825-6687

***Yana A. Kondakova***

Institution «Scientific and Research Institute  
of Fire Safety and Emergency Situations»  
of the Ministry for Emergency Situations  
of the Republic of Belarus,  
Fire Safety Engineering Department,  
Senior Researcher

Address: Soltysa str., 183a,  
220046, Minsk, Belarus  
Email: janakondakowa777@gmail.com  
ORCID: 0000-0002-2825-6687

***Красавин Василий Ефимович***

Государственное учреждение образования  
«Университет гражданской защиты  
Министерства по чрезвычайным ситуациям  
Республики Беларусь», факультет  
предупреждения и ликвидации  
чрезвычайных ситуаций, курсант

Адрес: ул. Машиностроителей, 25,  
220118, г. Минск, Беларусь  
Email: vasya.vi@mail.ru  
ORCID: 0000-0001-9860-0167

***Vasiliy E. Krasavin***

State Educational Establishment «University  
of Civil Protection of the Ministry for Emergency  
Situations of the Republic of Belarus»,  
Faculty of Emergency Prevention  
and Elimination, cadet

Address: Mashinostroiteley str., 25,  
220118, Minsk, Belarus  
Email: vasya.vi@mail.ru  
ORCID: 0000-0001-9860-0167

**Бусел Михаил Олегович**

кандидат технических наук

Государственное учреждение образования  
«Университет гражданской защиты  
Министерства по чрезвычайным ситуациям  
Республики Беларусь», кафедра химической,  
биологической, радиационной и ядерной  
защиты, доцент

Адрес: ул. Машиностроителей, 25,  
220118, г. Минск, Беларусь

Email: Mischabox@yandex.ru

ORCID: 0000-0001-9467-218X

**Mikhail A. Busel**

PhD in Technical Sciences

State Educational Establishment «University  
of Civil Protection of the Ministry for Emergency  
Situations of the Republic of Belarus»,  
Chair of Chemical, Biological, Radiation  
and Nuclear Protection, Associate Professor

Address: Mashinostroiteley str., 25,  
220118, Minsk, Belarus

Email: Mischabox@yandex.ru

ORCID: 0000-0001-9467-218X



## RESEARCH OF FLUORINATED SURFACTANTS FOR THE DEVELOPMENT OF A FILM-FORMING FIRE EXTINGUISHING COMPOSITION

Ivanov I.U., Navrotsky O.D., Kondakova Ya.A., Krasavin V.E., Busel M.O.

*Purpose.* To study of the dependence of the surface tension of fluorinated surfactants of various chemical nature on their concentration and determine the most suitable fluorinated surfactant for use in film-forming foam concentrates.

*Methods.* The surface tension of the solutions was measured using a KRÜSS K20 automatic tensiometer using the Du Noüy ring method described in ISO 304. The determination of the critical micelle concentration of surfactant solutions in aqueous systems was carried out according to the State Standard 29232-1991.

*Findings.* The results of research of the surface tension of aqueous solutions of anionic, nonionic and amphoteric fluorinated surfactants from various manufacturers are presented. The most promising fluorinated surfactants and co-solvents being used as a part of film-forming foam concentrate for fire extinguishing have been established. The choice of a fluorinated surfactant for the creation of a targeted foaming agent, which makes it possible to obtain an aqueous film on the surface of n-heptane, is substantiated.

*Application field of research.* The results obtained can be used in the development of a formulation of a targeted foaming agent for extinguishing fires.

*Keywords:* targeted foaming agent for extinguishing fires, fluorinated surfactant, surface tension, interfacial tension.

(The date of submitting: October 4, 2022)

### REFERENCES

- Ivanov I.Yu., Navrotsky O.D., Kondakova Ya.A. Obzor osnovnykh kharakteristik plenkoobrazuyushchikh penoobrazovately i sposoby ikh kontrolya [Overview of the main characteristics of film-forming foaming agents and methods of their control]. *Proc. V Intern. scientific-practical conf. «Modern fire-proof materials and technologies»*, Ivanovo, October 14, 2021. Ivanovo: Ivanovo Fire Rescue Academy of the State Fire Service of EMERCOM of Russia, 2021. Pp. 41–47. (rus). EDN: PATKDW.
- Kotov S.G., Navrotsky O.D., Kotov D.S. Issledovanie plenkoobrazuyushchey i izoliruyushchey sposobnosti rastvorov ftorirovannykh poverkhnostno-aktivnykh veshchestv [Investigation of the film-forming and insulating ability of fluorinated surfactants solutions]. *Fire and explosion safety*, 2011. Vol. 20, No. 5. Pp. 25–35. (rus). EDN: NWHDL.
- Korolchenko D.A., Volkov A.A. Tushenie goryuchikh zhidkostey penoy iz plenkoobrazuyushchikh penoobrazovately [Extinguishing of flammable liquids by film forming foaming agents]. *Fire and explosion safety*, 2017. Vol. 26, No. 8. Pp. 45–55. (rus). DOI: 10.18322/PVB.2017.26.08.45-55. EDN: ZTUOXN.
- Sharovarnikov A.F., Sharovarnikov S.A. *Penoobrazovateli i peny dlya tusheniya pozharov. Sostav, svoystva, primeneniye* [Foam concentrates and fire extinguishing foam. Structure, properties, application]. Moscow: Pozhnauka, 2005. 335 p. (rus). EDN: UWCCSP.
- Blunk D., Ie S., Hetzer R.H., et al. *Kremniysoderzhashchie proizvodnye organicheskikh kislot v kachestve ne zagryaznyayushchikh okruzhayushchuyu sredu ognegasyashchikh plenkoobrazuyushchikh pen na vodnoy osnove* [Silicon-containing derivatives of organic acids as non-polluting extinguishing film-forming water-based foams]: patent RU 2017107082. Published 29.11.2019. (rus). EDN: RIKSZS.
- Holmberg K., Jönsson B., Kronberg B., Lindman B. *Surfactants and polymers in aqueous solutions*; translation from English. Moscow: BINOM. Laboratoriya znaniy, 2013. 528 p. (rus). EDN: QKBQZV.
- Volkov V.A. *Poverkhnostno-aktivnye veshchestva. Sintez i svoystva. Chast' 1. Sintez i svoystva poverkhnostno-aktivnykh veshchestv* [Surfactants. Synthesis and properties. Part 1. Synthesis and properties of surfactants]: electronic book, available at: <https://www.twirpx.com/file/254282/grant> (accessed: September 15, 2022). (rus)
- Nigmatzyanov A.R., Kildiyarov A.R., Bazunova M.V., Valiev D.R., Zaikov G.E. Razrabotka kompozitsii ftorsoderzhashchego plenkoobrazuyushchego penoobrazovatelya s primeneniem otechestvennykh komponentov [Development of a composition of a fluorine-containing film-forming foaming

- agent using domestic components]. *Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta*, 2014. Vol. 17, No. 14. Pp. 93–96. (rus). EDN: STIAIV.
9. Sautina N.V., Miftakhova E.M., Silakhina K.V., Galyametdinov Yu.G. Vysvobozhdenie atsetil geksapeptida-3 s primeneniem zhidkokristallicheskoj sistemy na osnove letsitina [Releasing of acetyl hexapeptide-3 using a lecithin based liquid crystal system]. *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Khimiya i Khimicheskaya Tekhnologiya (ChemChemTech)*, 2019. Vol. 62, No. 5. Pp. 24–30. (rus). DOI: 10.6060/ivkkt.20196205.5772. EDN: JIAEIB.
  10. Lakhvich V.V., Varikov G.A. Issledovanie svoystv plenkoobrazuyushchikh penoobrazovateley dlya tusheniya goryuchikh zhidkostey [Study of the properties of film-forming foam concentrates for extinguishing combustible liquids]. *Vestnik Komandno-inzhenerenogo instituta MChS Respubliki Belarus'*, 2014. No. 1 (19). Pp. 73–81. (rus). EDN: RBEJFG.

## ВЛИЯНИЕ ВЫСОТЫ УСТАНОВКИ РУЧНОГО ПОЖАРНОГО СТВОЛА С ОПТИМАЛЬНЫМИ ГЕОМЕТРИЧЕСКИМИ ПАРАМЕТРАМИ НА РАСХОД ОГNETУШАЩЕГО ВЕЩЕСТВА

Морозов А.А.

*Цель.* Проведение экспериментальных исследований по определению расхода огнетушащего вещества при различных напорах насоса при изменении высоты расположения ручного пожарного ствола с оптимальными геометрическими параметрами.

*Методы.* Численное моделирование методом конечных элементов, экспериментальные исследования по разработанной методике с применением аттестованного и калиброванного оборудования.

*Результаты.* Установлено, что размерность у первой ячейки сетки конечных элементов в значительной мере влияет на время проведения расчета: при уменьшении размера ячейки в 2 раза время увеличивается более чем в 5 раз, при этом результаты расчета меняются менее чем на 1 %. Исследовано влияние высоты расположения пожарного ствола на расход огнетушащего вещества при различных напорах пожарного насоса. Установлено, что расчетные значения отличаются от экспериментальных не более чем на 8 %, что на практике не сказывается на процессе тушения пожара.

*Область применения исследований.* Полученные результаты являются основой для расчета геометрических параметров проточной части пожарных стволов и всестороннего изучения их тактико-технических характеристик.

*Ключевые слова:* ручной пожарный ствол, проточная часть, расход огнетушащего вещества, гидравлический расчет насосно-рукавных систем.

(Поступила в редакцию 5 октября 2022 г.)

### Введение

Интенсивное строительство и ввод в эксплуатацию зданий и сооружений общественного и жилого назначения в Республике Беларусь требуют современного подхода к ликвидации возможных пожаров с наименьшими затратами на устранение их последствий. В результате анализа пожаров на данных объектах, произошедших в Республике Беларусь за последние пять лет, можно сделать вывод, что основными факторами, влияющими на время тушения и, соответственно, на ущерб, является рациональное использование огнетушащего вещества, а также возможность проведения боевого развертывания в минимально короткое время с использованием маневренных ручных пожарных стволов. Кроме того, основным путем уменьшения последствий пожаров является снижение объема огнетушащего вещества, необходимого для тушения, и сокращение время тушения.

При этом основным огнетушащим веществом по-прежнему остается вода. Повышению ее огнетушащей способности посвящены исследования многих ученых по всему миру [1–17]. С точки зрения экономических затрат наиболее эффективными являются изменение дисперсности огнетушащего вещества путем применения универсальных пожарных стволов с высоким качеством распыленной струи, а также использование пенообразователей на основе поверхностно-активных веществ (ПАВ) в качестве добавки к воде с целью получения воздушно-механической пены.

В Республике Беларусь для тушения пожаров в жилом секторе и получения распыленных струй наиболее широкое применение получили советские пожарные стволы РСК-50 и СРК-50 [18], а также стволы импортного производства Protek 360 и Protek 366<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Каталог компании Protek [Электронный ресурс] / Protek. – Режим доступа: <https://www.protektfire.com.tw/handline-nozzles/selectable-gallonage-nozzles>. – Дата доступа: 05.10.2022.

В целях импортозамещения были разработаны аналоги пожарного ствола Protek 366 – СПРУ 50/0,7 [19–20] и СПРУК 50/0,7 [21].

Для определения геометрических параметров проточной части пожарного ствола СПРУК 50/0,7 применялся программный продукт ANSYS. На основании численного моделирования движения жидкости в проточной части пожарного ствола методом конечных элементов с последующей оптимизацией значений его геометрических параметров по динамическому давлению на входе и выходе из проточной части, расходу, потерям давления на местных сопротивлениях и скорости потока на выходе из расчетной области получены его оптимальные геометрические параметры.

Суть метода конечных элементов заключается в разбиении некоторой области (жидкости, движущейся в проточной части ручного пожарного ствола), в которой интересующая нас величина изменяется по сложному закону (ищется решение дифференциальных уравнений), на конечное количество подобластей (элементов), связанных между собой в точках соприкосновения. Размер элементов в случае с жидкостью вычисляется на основании числа Рейнольдса и влияет на время и точность расчетов. В работе [21] представлен расчет допустимого размера пристеночной области путем определения размерности параметра у первой ячейки сетки конечных элементов с последующим определением оптимальных размеров проточной части пожарного ствола.

В свою очередь, в работе [22] был выполнен гидравлический расчет насосно-рукавной системы, представляющей собой соединенные в порядке очередности пожарный насос, рукавную линию и пожарный ствол. В данном расчете на основании теоретических данных определяли расход огнетушащего вещества при различных напорах насоса при изменении высоты расположения пожарного ствола. Для проверки результатов данного расчета, а также оценки работы пожарного ствола, изготовленного с оптимальными геометрическими параметрами, представленными в работе [21], были проведены экспериментальные исследования, которые представлены в данной работе.

### Основная часть

Расчет и оптимизация проточной части ручного пожарного ствола представлены в работе [21]. В ней на основе компьютерного моделирования описано движение жидкости по проточной части пожарного ствола, который имеет геометрические размеры, заданные в качестве варьируемых параметров. Модель многофазного течения построена на основе осредненных по Рейнольдсу уравнений Навье – Стокса, которые замыкаются с помощью  $k-\omega$  SST модели турбулентности, основанной на линейной комбинации  $k-\omega$  модели Уилкокса в пристеночных областях и  $k-\varepsilon$  модели вдали от стенок. Для корректного использования низкорейнольдсовых моделей турбулентности был обеспечен допустимый размер пристеночной области путем расчета размерности у первой ячейки сетки конечных элементов. Чем меньший размер имеет ячейка сетки, тем больше количество элементов в конечной модели и тем точнее расчет. Время расчета увеличивается по экспоненте, поэтому важным является определение оптимального значения этого параметра:

$$y = \frac{y^+ \mu}{U_\tau \rho}, \quad (1)$$

где  $\rho$  – плотность среды, кг/м<sup>3</sup> (для воды – 1000 кг/м<sup>3</sup>);

$\mu$  – динамическая вязкость среды, Па·с (для воды –  $1 \cdot 10^{-3}$  Па·с);

$U_\tau$  – скорость сдвига, м/с;

$y^+$  – параметр.

Размеры последующих ячеек вычисляются ANSYS в ходе численного моделирования.

Для расчета размера первой ячейки оценим число Рейнольдса, сдвиговые напряжения у стенки и скорость сдвига.

Число Рейнольдса:

$$Re_d = \frac{\rho U_{cp} d_{\Gamma}}{\mu} = \frac{1000 \cdot 30 \cdot 10 \cdot 10^{-3}}{10^{-3}} = 3 \cdot 10^5, \quad (2)$$

где  $d_{\Gamma}$  – гидравлический диаметр проточного канала, м;

$U_{cp}$  – средняя скорость в потоке, м/с.

Сдвиговые напряжения у стенки:

$$\tau_w = \frac{1}{2} C_f \rho U_{cp}^2 = \frac{1}{2} \cdot 0,0143 \cdot 1000 \cdot 30^2 = 6435 \text{ (Па)}, \quad (3)$$

где  $C_f$  – коэффициент трения, определяли по формуле Конакова:

$$C_f = \frac{1}{(1,8 \lg Re_d - 1,5)^2} = \frac{1}{(1,8 \lg(3 \cdot 10^5) - 1,5)^2} = 0,0143. \quad (4)$$

Скорость сдвига:

$$U_{\tau} = \sqrt{\frac{\tau_w}{\rho}} = \sqrt{\frac{6435}{1000}} = 2,54 \text{ (м/с)}. \quad (5)$$

Приняв значение  $y^+ = 1$ , размер первой ячейки из (2) будет

$$y = \frac{1 \cdot 10^{-3}}{2,54 \cdot 1000} = 0,00039 \cdot 10^{-3} \text{ (м)}. \quad (6)$$

Таким образом, пристеночная область состоит из 20 слоев, ширина которых постепенно возрастает от 0,00039 до 0,16 мм (для значений  $y^+$  от 1 до 400), что в 2 раза меньше значений, представленных в работе [21].

В результате последующих расчетов и проведенной оптимизации установлено, что время их проведения увеличивается более чем в 5 раз, при этом оптимальные значения геометрических параметров проточной части ручного пожарного ствола, обеспечивающие наибольшую скорость выхода струи и наименьшие потери давления при необходимом расходе жидкости меняются менее, чем на 1 % по сравнению с параметрами, приведенными в работе [21]: диаметр дефлектора – 20 мм, диаметр втулки – 9 мм, толщина дефлектора – 4 мм, радиус скругления дефлектора – 2 мм, величина выходного зазора – 3 мм.

**Методы исследования.** Принципиальная схема экспериментальной установки и ее общий вид представлены на рисунках 1 и 2.

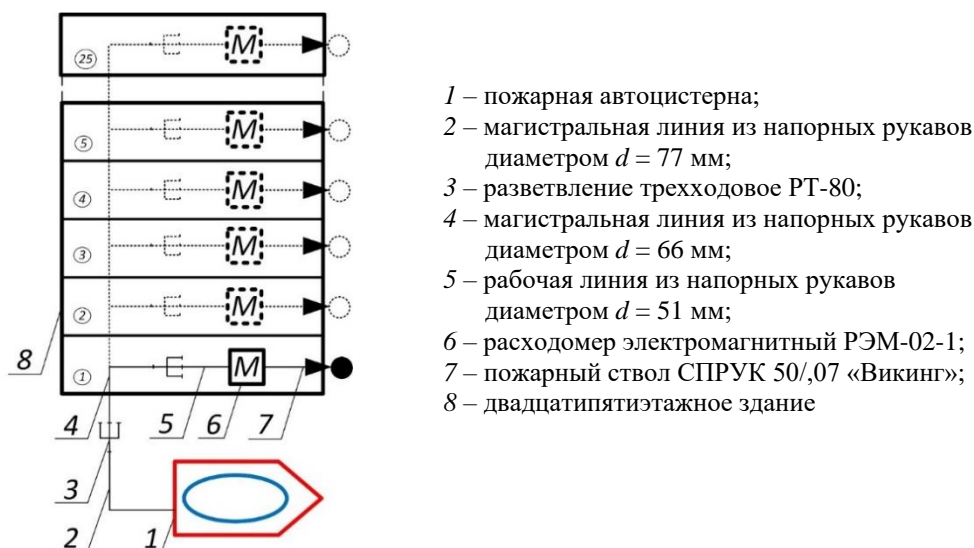


Рисунок 1. – Схема экспериментальной установки

Для подачи в рукавную линию воды использовали центробежный насос НЦПН 40/100 (рис. 2), установленный на автоцистерну АЦ 10,0-40 (6317). Данный насос обеспечивает максимальное давление на выходе 1500 кПа, что соответствует напору в 153 м. Помимо того, в руководстве по эксплуатации<sup>2</sup> НЦПН 40/100 приведено, что номинальная производительность насоса составляет 40 л/с при номинальном напоре 100 м, что достаточно для проведения испытаний с учетом расчетных характеристик ствола [21].



1 – автоцистерна с насосом НЦПН 40/100; 2 – магистральная линия из напорных рукавов диаметром  $d = 77$  мм; 3 – магистральная линия из напорных рукавов диаметром  $d = 66$  мм; 4 – СПРУК 50/0,7 «Викинг»

**Рисунок 2. – Общий вид экспериментальной установки**

Выбор пожарных напорных рукавов для использования в экспериментальной установке обоснован тем, что пожарными подразделениями МЧС Республики Беларусь для доставки огнетушащего вещества (воды, раствора воды и ПО) от автоцистерн к очагу пожара широко используются напорные пожарные рукава с внутренним диаметром 77, 66 и 51 мм. Указанные рукава обладают удельным сопротивлением, которое в значительной мере зависит от диаметра рукава. Согласно техническим характеристикам напорный патрубок насоса НЦПН 40/100 оборудован соединительной головкой для рукавов внутренним диаметром 77 мм, поэтому горизонтальную рукавную линию прокладывали соответствующими рукавами.

Согласно рекомендациям<sup>3</sup> по тушению пожаров в зданиях высотой от 30 м и более прокладка вертикальных магистральных рукавных линий осуществляется напорными рука-

<sup>2</sup> Насос пожарный НЦПН 40/100 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.pozhgidravlika.ru/catalog/ncpn\\_40\\_100\\_v1u](http://www.pozhgidravlika.ru/catalog/ncpn_40_100_v1u). – Дата доступа: 05.10.2022.

<sup>3</sup> Рекомендации по тушению пожаров в зданиях высотой 30 метров и более, кроме высотных: утв. заместителем Министра по ЧС Республики Беларусь от 31.03.2016. – 15 с.

вами внутренним диаметром 66 мм, подсоединенными к горизонтальной магистральной линии с помощью трехходового разветвления. Непосредственно в пожарный ствол огнетушащее вещество поступало по рабочей линии из напорных рукавов с внутренним диаметром 51 мм. При этом рабочая, горизонтальная и вертикальная магистральные линии соединялись между собой трехходовыми разветвлениями.

Таким образом, при выполнении исследований применяли экспериментальное оборудование в соответствии с таблицей 1.

**Таблица 1. – Экспериментальное оборудование**

Наименование оборудования	Характеристика
Центробежный насос НЦПН 40/100	Максимальное давление 1500 кПа; номинальная производительность 40 л/с при номинальном напоре 100 м
Рукав пожарный напорный	Длина – 20 ± 1 м; внутренний диаметр – 77 мм в количестве 1 шт.; длина – 20 ± 1 м; внутренний диаметр – 66 мм в количестве до 2 шт.; длина – 20 ± 1 м; внутренний диаметр – 51 мм в количестве 1 шт.
Разветвление трехходовое РТ-80	Условный проход выходных патрубков: центрального – 77 мм; боковых – 2×51 мм
Переходная головка ГП 70×50	Внутренний диаметр 70×50 мм
Пожарный ствол СПРУК 50/0,7	При третьем положении дозатора и рабочем давлении 700 кПа расход огнетушащего вещества составляет 2,42 л/с

Помимо описанного выше экспериментального оборудования для исследования использовали средства измерения, приведенные в таблице 2.

**Таблица 2. – Средства измерений**

Средства измерений	Диапазон измерений	Пределы допускаемой погрешности	Характеристика измеряемых величин
Расходомер-счетчик электромагнитный РЭМ-02-1 (Dy = 80 мм)	0,8–160 м <sup>3</sup> /ч	Относительная: ± 1 %	Средний объемный расход жидкости
Манометр МВПЗ-Ум-1,5-М20×1,5	0–1000 кПа	Приведенная: ± 0,15 % (± 1,5 кПа)	Измерение избыточного давления
Дальномер лазерный GLM 80	0,05–80 м	Абсолютная: ± 0,01 м	Дальность подачи огнетушащего вещества

*Примечание.* Средства измерений внесены в государственный реестр средств измерений Республики Беларусь<sup>4</sup> и на период проведения исследований имели действующие аттестаты, свидетельства о поверке и (или) калибровке. Условия проведения исследований соответствовали условиям эксплуатации измерительного оборудования.

Для определения расхода воды использовали расходомер-счетчик электромагнитный РЭМ-02-1. Он предназначен для измерения среднего объемного расхода и объема различных электропроводящих жидкостей в широком диапазоне температур и вязкостей в различных условиях эксплуатации<sup>5</sup>. Чувствительность данного прибора по скорости потока составляла 0,02 м/с. Расходомер был установлен в линию, подводящую воду к испытываемому пожарному стволу от насоса автоцистерны (рис. 2).

Сущность методики экспериментальных исследований заключалась в определении расхода огнетушащего вещества при различных напорах насоса (от 10 до 150 м) при изменении высоты расположения пожарного ствола. Ее определяли с помощью лазерного дальномера GLM 80 (табл. 2). Методика экспериментальных исследований разработана в соответствии с требованиями к ручным пожарным стволам, предназначенным для формирования и направления сплошной или распыленной струи огнетушащего вещества<sup>6</sup>.

<sup>4</sup> Государственный реестр средств измерений (стандартных образцов) Республики Беларусь [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.oei.by/grsi?GrsiSearch\[grsi\\_status\]=1](http://www.oei.by/grsi?GrsiSearch[grsi_status]=1). – Дата доступа: 05.10.2022.

<sup>5</sup> Расходомер РЭМ-02 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://termok.nt-rt.ru/images/manuals/Rem\\_02\\_passport.pdf](https://termok.nt-rt.ru/images/manuals/Rem_02_passport.pdf). – Дата доступа: 05.10.2022.

<sup>6</sup> Система стандартов пожарной безопасности. Стволы пожарные ручные. Общие технические условия: СТБ 11.13.14-2009. – Введ. 21.08.09. – Минск: Госстандарт, 2009. – 12 с.



Исследования проводились на территории двадцатипятиэтажного жилого многоквартирного дома по адресу г. Минск, ул. Илимская д. 8. В качестве огнетушащего вещества использовали водопроводную воду. Исследования проводили для третьего положения дозатора ручного пожарного ствола. Эксперимент выполняли в следующей последовательности:

1. Ручной пожарный ствол присоединяли к рукавной линии, проложенной от пожарного насоса автоцистерны АЦ 10,0-40 (6317) на второй этаж здания согласно схеме (рис. 1). При этом проводили измерение высоты расположения ствола по отношению к уровню земли.

2. Дозатор пожарного ствола устанавливали в третье положение (из шести возможных).

3. От насоса автоцистерны в рукавную линию подавали воду. При этом напор насоса повышали до первого контрольного значения 10 м, фиксируя показания манометра в соответствующих записях.

4. Через 20 с после установления течения по расходомеру фиксировали значение расхода.

5. Далее, повторяя п. 3 и 4, напор насоса поэтапно повышали на 10 м до пятнадцатого контрольного значения 150 м. При этом для каждого контрольного значения напора фиксировали данные пяти измерений.

6. Выполняли п. 3–5 на всех этажах здания, фиксируя на каждой высоте расположение пожарного ствола по отношению к уровню земли.

**Результаты и обсуждение.** При обработке экспериментальных данных применяли методики, приведенные в работе [23]. При этом полагали, что распределение случайных ошибок измерений подчиняется нормальному закону распределения Гаусса. Для оценки точности измерений при определении расхода и высоты расположения пожарного ствола применялась методика обработки прямых измерений. Установлено, что относительная погрешность измерений при определении расхода не превысила 4 %, высоты расположения ствола – 10 %.

Результаты экспериментальных исследований по определению расхода огнетушащего вещества приведены в таблице 3 и на рисунке 3.

**Таблица 3. – Результаты экспериментальных исследований**

Высота расположения ствола, м	Напор пожарного насоса, м														
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150
	Расход ручного пожарного ствола, л/с														
5,9	0,55	1,00	1,33	1,61	1,79	2,03	2,18	2,36	2,56	2,70	2,84	2,97	3,12	3,25	3,38
8,8	0,27	0,89	1,23	1,53	1,76	1,95	2,12	2,33	2,50	2,64	2,79	2,91	3,07	3,20	3,33
11,8	–	0,76	1,14	1,46	1,69	1,88	2,09	2,28	2,43	2,59	2,75	2,87	3,03	3,16	3,29
14,7	–	0,61	1,04	1,37	1,62	1,84	2,02	2,20	2,37	2,55	2,70	2,83	2,96	3,12	3,25
17,7	–	0,38	0,95	1,28	1,55	1,74	1,98	2,14	2,32	2,49	2,66	2,78	2,92	3,10	3,21
20,6	–	–	0,81	1,18	1,48	1,71	1,92	2,10	2,28	2,44	2,60	2,73	2,88	3,05	3,17
23,6	–	–	0,67	1,08	1,36	1,64	1,86	2,05	2,24	2,40	2,55	2,68	2,82	3,02	3,13
26,5	–	–	0,47	0,97	1,29	1,57	1,82	2,02	2,19	2,35	2,49	2,65	2,78	2,97	3,08
29,5	–	–	–	0,85	1,21	1,52	1,75	1,96	2,11	2,29	2,45	2,62	2,74	2,91	3,02
32,4	–	–	–	0,71	1,10	1,42	1,66	1,86	2,07	2,22	2,38	2,55	2,70	2,85	3,00
35,4	–	–	–	0,55	1,01	1,33	1,58	1,83	1,99	2,19	2,34	2,50	2,66	2,83	2,94
38,3	–	–	–	0,27	0,92	1,27	1,55	1,71	1,94	2,12	2,31	2,45	2,62	2,78	2,91
41,3	–	–	–	–	0,75	1,16	1,44	1,64	1,91	2,06	2,25	2,42	2,57	2,73	2,88
44,2	–	–	–	–	0,61	1,03	1,34	1,57	1,81	2,02	2,19	2,35	2,53	2,69	2,84
47,2	–	–	–	–	0,39	0,93	1,26	1,52	1,75	1,97	2,15	2,30	2,45	2,65	2,78
50,1	–	–	–	–	–	0,82	1,17	1,46	1,70	1,90	2,08	2,23	2,42	2,60	2,74
53,1	–	–	–	–	–	0,65	1,10	1,39	1,65	1,86	2,00	2,21	2,36	2,55	2,71
56,0	–	–	–	–	–	0,47	0,99	1,28	1,54	1,79	1,94	2,15	2,30	2,51	2,67
59,0	–	–	–	–	–	–	0,86	1,21	1,51	1,70	1,89	2,09	2,26	2,46	2,62
61,9	–	–	–	–	–	–	0,71	1,13	1,43	1,65	1,84	2,04	2,22	2,41	2,58
64,9	–	–	–	–	–	–	0,54	1,04	1,34	1,58	1,82	2,02	2,16	2,38	2,52
67,8	–	–	–	–	–	–	0,27	0,89	1,24	1,51	1,71	1,93	2,10	2,33	2,48
70,8	–	–	–	–	–	–	–	0,76	1,14	1,44	1,65	1,90	2,06	2,25	2,44
73,7	–	–	–	–	–	–	–	0,61	1,04	1,38	1,60	1,78	2,00	2,20	2,39



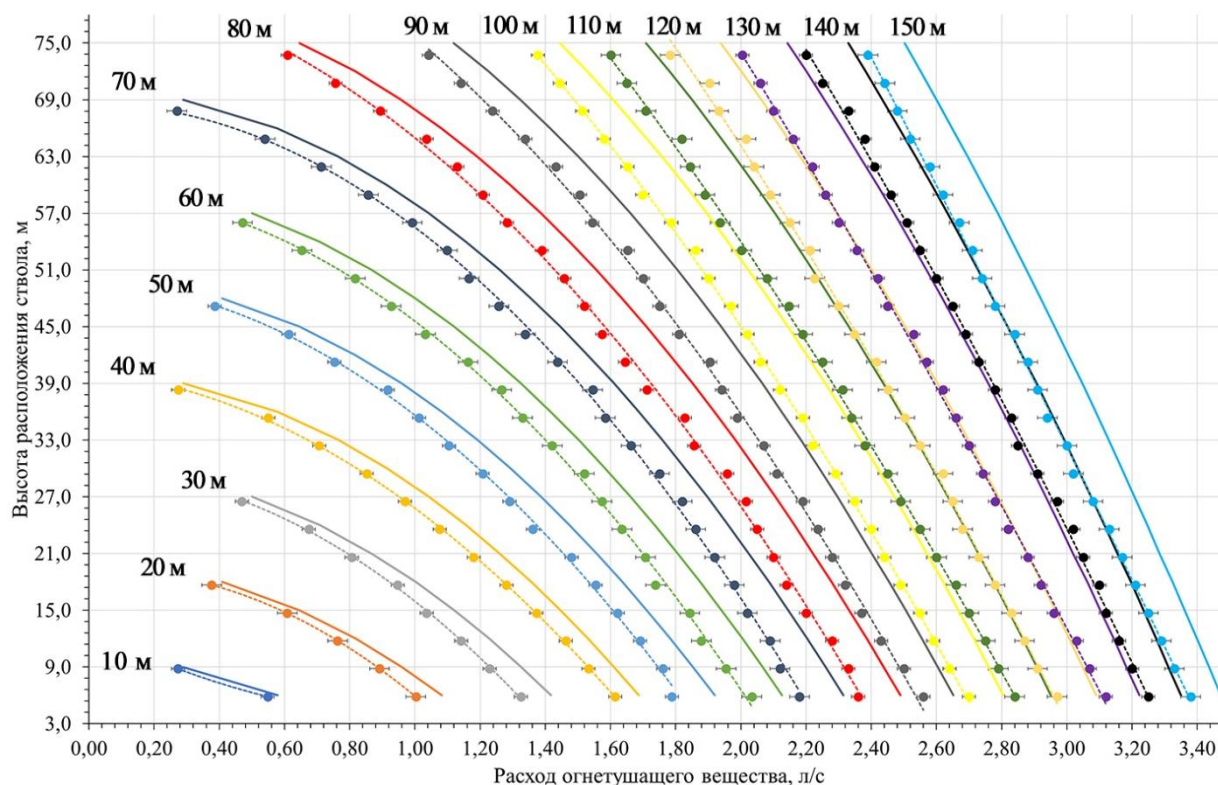


Рисунок 3. – Результаты экспериментальных исследований

Сравним полученные экспериментальные данные и расчетные значения, представленные в работе [22]. В обоих случаях представленные на графиках кривые имеют нелинейный вид. При этом экспериментальные данные несколько меньше расчетных. Так, при напоре насоса в 120 м и высоте подъема ствола 73,7 м расход огнетушащего вещества составляет 1,78 л/с, в то время как расчетным является значение 1,94 л/с, что на 8 % больше. Это обусловлено наличием гидравлического сопротивления рукавной линии, которое хотя и учитывалось при расчетах, но его фактическое значение оказалось большим, что требует дополнительного изучения.

Для подтверждения сходимости расчетных и экспериментальных данных определим степень влияния их различия на процесс тушения пожара.

Успех тушения пожара зависит не только от правильного выбора вида огнетушащего вещества и способа его подачи, но и от количества, которое подают на тушение данного пожара [24]. Огнетушащее вещество можно подавать длительное время малыми дозами, затратить его много, но пожара не потушить. Подача большого количества огнетушащего вещества потребует значительных затрат сил и средств и может причинить дополнительный материальный ущерб. Поэтому в зависимости от вида пожара, способа прекращения горения и применяемого огнетушащего вещества расход его принимают на различные параметры пожара, называемые расчетными. При тушении водой (водой с добавлением поверхностно-активных веществ) способами охлаждения и изоляции за расчетный параметр пожара на практике принимают площадь пожара  $S_{п}$ . В практических расчетах количество огнетушащих веществ  $Q_{тр}$ , требуемое для прекращения горения, определяют по интенсивности подачи этих веществ – количеству огнетушащего вещества, подаваемого в единицу времени на единицу площади (или объема) помещения, где произошел пожар<sup>7</sup>:

<sup>7</sup> Нормы пожарной безопасности Республики Беларусь. Порядок определения необходимого количества сил и средств подразделений по чрезвычайным ситуациям для тушения пожаров: НПБ 64-2017. – Введ. 01.11.17. Минск: Научно-исследовательский институт пожарной безопасности и проблем чрезвычайных ситуаций Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь, 2017. – 31 с.

$$Q_{\text{тр}} = S_{\text{п}} \cdot I_{\text{тр}}, \quad (7)$$

где  $Q_{\text{тр}}$  – требуемый расход огнетушащего вещества, л/с;

$S_{\text{п}}$  – площадь пожара, м<sup>2</sup>;

$I_{\text{тр}}$  – интенсивность подачи огнетушащего вещества, л/(с·м<sup>2</sup>) (для жилых зданий принимается равной 0,15 л/(с·м<sup>2</sup>)).

Очевидно, что с уменьшением расхода огнетушащего вещества при постоянной интенсивности его подачи уменьшается возможная площадь тушения одним стволом. Разница возможных площадей тушения  $\Delta S_{\text{т}}$  (м<sup>2</sup>) может быть найдена из формулы (7) путем определения разности фактических расходов огнетушащего вещества. Так, при напоре насоса в 120 м и высоте подъема ствола 73,7 м имеем

$$\Delta S_{\text{т}} = \Delta Q_{\text{ф}} / I_{\text{тр}} = (1,94 - 1,78) / 0,15 = 1,1 \text{ (м}^2\text{)}, \quad (8)$$

где  $\Delta Q_{\text{ф}}$  – разность фактического расхода огнетушащего вещества, л/с.

Таким образом, отклонение значений экспериментальных данных от расчетных приводит к уменьшению возможной площади тушения одним стволом максимум на 1,1 м<sup>2</sup>. Исходя из практики пожаротушения такая незначительная площадь не влияет на успех тушения пожара, в особенности, когда горением охвачено намного большее пространство (15 м<sup>2</sup> и более).

### Заключение

В результате расчета допустимого размера пристеночной области сетки конечных элементов установлено, что размерность параметра у первой ячейки сетки в значительной мере влияет на время проведения расчета – при уменьшении размера ячейки в 2 раза время увеличивается более чем в 5 раз, при этом точность расчета не дает принципиально новой информации по геометрическим параметрам проточной части пожарного ствола.

На основании анализа проведенных экспериментальных исследований по определению влияния высоты расположения пожарного ствола на расход огнетушащего вещества при различных напорах пожарного насоса можно сделать вывод, что расчетные значения отличаются от экспериментальных не более чем на 8 %, что на практике не сказывается на процессе тушения пожара. Так, отклонение значений экспериментальных данных от расчетных приводит к уменьшению возможной площади тушения одним стволом максимум на 1,1 м<sup>2</sup>, что является незначительным в условиях пожара и может не учитываться. Установлено, что на расхождение экспериментальных и расчетных данных в значительной степени влияет гидравлическое сопротивление пожарных рукавов, которое на практике оказалось большим, чем при расчетах. Этот факт в дальнейшем требует дополнительного изучения.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Takahashi, S. Extinguishment of plastics fires with plain water and wet water / S. Takahashi // Fire Safety Journal. – 1994. – Vol. 22, Iss. 2 – P. 169–179. – DOI: 10.1016/0379-7112(94)90071-X.
2. Grant, G. Fire suppression by water sprays / G. Grant, J. Brenton, D. Drysdale // Progress in Energy and Combustion Science. – 2000. – Vol. 26, Iss. 2. – P. 79–130. DOI: 10.1016/S0360-1285(99)00012-X. – EDN: AELJYB.
3. Torvi, D. Estimating Water Requirements for Firefighting Operations Using FIERA system / D. Torvi [et al.] // Fire Technology. – 2001. – Vol. 37. – P. 235–262. – DOI: 10.1023/A:1012487619577. – EDN: APZGQT.
4. Jinsong, H. A numerical study of the interaction of water spray with a fire plume / H. Jinsong [et al.] // Fire Safety Journal. – 2002. – Vol. 37, Iss. 7. – P. 631–657. DOI: 10.1016/S0379-7112(02)00026-7.
5. Hadjisophocleous, G.V. Water Flow Demands for Firefighting / G.V. Hadjisophocleous, J.K. Richardson // Fire Technology. – 2005. – Vol. 41. – P. 173–191. DOI: 10.1007/s10694-005-1269-6.
6. Xiaomeng, Z. Improvement of water mist's fire-extinguishing efficiency with MC additive / Z. Xiaomeng, L. Guangxuan, C. Bo // Fire Safety Journal. – 2006. – Vol. 41, Iss. 1. – Pp. 39–45. DOI: 10.1016/j.firesaf.2005.08.004.

7. Liu, Z. A study of portable water mist fire extinguishers used for extinguishment of multiple fire types / Z. Liu, A.K. Kim, D. Carpenter // *Fire Safety Journal*. – 2007. – Vol. 42, Iss. 1. – P. 25–42. DOI: 10.1016/j.firesaf.2006.06.008.
8. LeFort, G. Evaluation of Surfactant Enhanced Water Mist Performance / G. LeFort, A.W. Marshall, M. Pabon // *Fire Technology*. – 2009. – Vol. 45. – P. 341–354. DOI: 10.1007/s10694-008-0068-2.
9. Вагапов, Р.Р. Новые возможности повышения огнетушащих свойств воды и водных растворов ПАВ / Р.Р. Вагапов, В.А. Родионов // *Нефтяное хозяйство*. – 2010. – № 11. – С. 123–125. – EDN: NCUOJL.
10. Богданов, П.Н. Перспективы создания комбинированных огнетушащих составов на основе воды и озононеразрушающих хладонов / П.Н. Богданов, Ф.А. Дементьев // *Вестник Санкт-Петербургского университета Государственной противопожарной службы МЧС России*. – 2012. – № 4. – С. 147–150. – EDN: RRVGTGJ.
11. Yao, B. Experimental study of suppressing Poly (methyl methacrylate) fires using water mists / B. Yao [et al.] // *Fire Safety Journal*. – 2012. – Vol. 47. – P. 32–39. DOI: 10.1016/j.firesaf.2011.08.004.
12. Гаджиев, Ш.Г. Исследование огнетушащих и теплозащитных свойств водногелевых составов на основе модифицированных наножидкостей / Ш.Г. Гаджиев [и др.] // *Вестник Санкт-Петербургского университета Государственной противопожарной службы МЧС России*. – 2014. – № 2. – С. 31–37. EDN: STANXR.
13. Таранцев, А.А. Применение модифицированных водных растворов для целей пожаротушения на объектах железнодорожного транспорта / А.А. Таранцев, А.С. Чашин // *Вестник Санкт-Петербургского университета Государственной противопожарной службы МЧС России*. – 2015. – № 2. – С. 30–37. – EDN: UGYDYR.
14. Conroy, M.W. Fuel Surface Cooling by Aqueous Foam: A Pool Fire Suppression Mechanism / M.W. Conroy, R. Ananth // *Fire Technology*. – 2015. – Vol. 51. – P. 667–689. – DOI: 10.1007/s10694-015-0470-5.
15. Yoshida, A. Inhibition of counterflow methane/air diffusion flame by water mist with varying mist diameter / A. Yoshida [et al.] // *Fire Safety Journal*. – 2015. – Vol. 71. – Pp. 217–225. – DOI: 10.1016/j.firesaf.2014.11.030. – EDN: USVLEP.
16. Волков, Р. С. Особенности тушения жидких топлив и органических горючих жидкостей распыленным потоком воды / Р.С. Волков, И.С. Войтков, О.В. Высокоморная // *Пожаровзрывобезопасность*. – 2016. – Т. 25, № 4. – С. 68–75. DOI: 10.18322/PVB.2016.25.04.68-75. – EDN: VWRBLR.
17. Mykhalichko, B. New water-based fire extinguishant: Elaboration, bench-scale tests, and flame extinguishment efficiency determination by cupric chloride aqueous solutions / B. Mykhalichko, H. Lavrenyuk, O. Mykhalichko // *Fire Safety Journal*. – 2019. – Vol. 105. – P. 188–195. – DOI: 10.1016/j.firesaf.2019.03.005. – EDN: KMPGUZ.
18. Чугунова, Т.М. Применение современных ручных пожарных стволов. Плюсы и минусы / Т.М. Чугунова // *Академическая публицистика*. – 2019. – № 6. – С. 65–70. – EDN: JGCQQP.
19. Шафранский, Д.А. О результатах испытания экспериментального образца ствола ручного пожарного универсального СПРУ-50/0,7 / Д.А. Шафранский // *Вестник Командно-инженерного института МЧС Республики Беларусь*. – 2013. – № 1 (17). – С. 68–74. – EDN: SNEITH.
20. Карпенчук, И.В. Разработка и оптимизация гидродинамических параметров отечественной модификации экспериментального образца ствола ручного пожарного универсального / И.В. Карпенчук, Д.А. Шафранский, Н.Г. Янкевич // *Вестник Командно-инженерного института МЧС Республики Беларусь*. – 2013. – № 2 (18). – С. 270–279. – EDN: SNFAMV.
21. Камлюк, А.Н. Расчет и оптимизация геометрии проточного канала пожарного ствола с расходом до 5 л/с / А.Н. Камлюк [и др.] // *Вестник Командно-инженерного института МЧС Республики Беларусь*. – 2016. – № 1 (23). – С. 51–59. – EDN: VKXNTD.
22. Marozau, A. Pump-hose systems with universal fire barrels for extinguishing buildings / A. Marozau [et al.] // *Magazine of Civil Engineering*. – 2021. – Iss. 103 (3). – Article 10305. – 9 p. – DOI: 10.34910/MCE.103.5. – EDN: ALXOEJ.
23. Логунова, О.С. Обработка экспериментальных данных на ЭВМ: учебник / О.С. Логунова, П.Ю. Романов, Е.А. Ильина. – Москва: Издательский Дом «Инфра-М», 2021. – 377 с. – DOI: 10.12737/1064882. – EDN: CPOFPS.
24. Терещнев, В.В. Пожарная тактика: Основы тушения пожаров: учеб. пособие / В.В. Терещнев, А.В. Подгрушный. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2012. – 322 с.

**Влияние высоты установки ручного пожарного ствола с оптимальными геометрическими параметрами на расход огнетушащего вещества**  
**The effect of the height of the installation of a manual fire barrel with optimal geometric parameters on the consumption of extinguishing agent**

**Морозов Артем Александрович**

Государственное учреждение образования  
«Университет гражданской защиты  
Министерства по чрезвычайным ситуациям  
Республики Беларусь», кафедра  
ликвидации чрезвычайных ситуаций,  
старший преподаватель

Адрес: ул. Машиностроителей, 25,  
220118, г. Минск, Беларусь

Email: morozow974@gmail.com

ORCID: 0000-0001-8079-2578

**Artem A. Morozov**

State Educational Establishment «University  
of Civil Protection of the Ministry for Emergency  
Situations of the Republic of Belarus»,  
Chair of Emergency Elimination,  
Senior Lecturer

Address: Mashinostroiteley str., 25,  
220118, Minsk, Belarus

Email: morozow974@gmail.com

ORCID: 0000-0001-8079-2578

## THE EFFECT OF THE HEIGHT OF THE INSTALLATION OF A MANUAL FIRE BARREL WITH OPTIMAL GEOMETRIC PARAMETERS ON THE CONSUMPTION OF EXTINGUISHING AGENT

**Morozov A.A.**

*Purpose.* Conducting experimental studies to determine the consumption of extinguishing agent at different pump force when changing the height of the location of the manual fire barrel with optimal geometric parameters.

*Methods.* Numerical modeling by the finite element method, experimental studies according to the developed methodology using certified and calibrated equipment.

*Findings.* It is found that the dimension  $y$  of the first cell of the finite element grid significantly affects the calculation time – when the cell size is reduced by 2 times, the time increases by more than 5 times, while the calculation results change by less than 1 %. The influence of the height of the location of the fire barrel on the consumption of extinguishing agent at different fire pump forces is investigated. It was found that the calculated values differ from the experimental ones by no more than 8 %, which in practice does not affect the fire extinguishing process.

*Application field of research.* The results obtained are the basis for calculating the geometric parameters of the flow part of fire barrels and a comprehensive study of their tactical and technical characteristics.

*Keywords:* manual fire barrel, flow part, consumption of extinguishing agent; hydraulic calculation of pumping-hose systems.

(The date of submitting: October 5, 2022)

### REFERENCES

1. Takahashi S. Extinguishment of plastics fires with plain water and wet water. *Fire Safety Journal*, 1994. Vol. 22, Iss. 2. Pp. 169–179. DOI: 10.1016/0379-7112(94)90071-X.
2. Grant G., Brenton J., Drysdale D. Fire suppression by water sprays. *Progress in Energy and Combustion Science*, 2000. Vol. 26, Iss. 2. Pp. 79–130. DOI: 10.1016/S0360-1285(99)00012-X. EDN: AELJYB.
3. Torvi D., Hadjisophocleous G., Guenther M.B., Thomas G. Estimating Water Requirements for Fire-fighting Operations Using FIERAsystem. *Fire Technology*, 2001. Vol. 37. Pp. 235–262. DOI: 10.1023/A:1012487619577. EDN: APZGQT.
4. Jinsong H., Kurichi K., Boo C.K., Hong X. A numerical study of the interaction of water spray with a fire plume. *Fire Safety Journal*, 2002. Vol. 37, Iss. 7. Pp. 631–657. DOI: 10.1016/S0379-7112(02)00026-7.
5. Hadjisophocleous G.V., Richardson J.K. Water Flow Demands for Firefighting. *Fire Technology*, 2005. Vol. 41. Pp. 173–191. DOI: 10.1007/s10694-005-1269-6.
6. Xiaomeng Z., Guangxuan L., Bo C. Improvement of water mist's fire-extinguishing efficiency with MC additive. *Fire Safety Journal*, 2006. Vol. 41, No. 1. Pp. 39–45. DOI: 10.1016/j.firesaf.2005.08.004.
7. Liu Z., Kim A.K., Carpenter D. A study of portable water mist fire extinguishers used for extinguishment of multiple fire types. *Fire Safety Journal*, 2007. Vol. 42, Iss. 1. Pp. 25–42. DOI: 10.1016/j.firesaf.2006.06.008.
8. LeFort G., Marshall A.W., Pabon M. Evaluation of Surfactant Enhanced Water Mist Performance. *Fire Technology*, 2009. Vol. 45. Pp. 341–354. DOI: 10.1007/s10694-008-0068-2.
9. Vagapov R.R., Rodionov V.A. Novye vozmozhnosti povysheniya ognetyushashchikh svoystv vody I vodnykh rastvorov PAV [New possibilities of fire-extinguishing performance improvement of water and water-based surfactant solutions]. *Oil Industry*, 2010. No. 11. Pp. 123–125. (rus). EDN: NCUOJL.
10. Bogdanov P.N., Demytyev F.A. Perspektivy sozdaniya kombinirovannykh ognetyushashchikh sostavov na osnove vody i ozononerazrushayushchikh khladonov [Prospects of creation of combined extinguishing agent based on water and ozone nondestructive chladones]. *Vestnik Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia*, 2012. No. 4. Pp. 147–150. (rus). EDN: RRVTGJ.
11. Yao B., Cong B.H., Qin J., Chow W.K. Experimental study of suppressing Poly (methyl methacrylate) fires using water mists. *Fire Safety Journal*, 2012. Vol. 47. Pp. 32–39. DOI: 10.1016/j.firesaf.2011.08.004.
12. Gadzhiev Sh.G., Ivanov A.V., Ivakhnyuk G.K., Kadochnikova E.N. Issledovanie ognetyushashchikh i teplozashchitnykh svoystv vodnogelevykh sostavov na osnove modifitsirovannykh nanozhidkostey

- [Research extinguishing and thermal insulation properties of hydrogels prepared from modified nanofluids]. *Vestnik Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia*, 2014. No. 2. Pp. 31–37. (rus). EDN: STAHR.
13. Tarantsev A.A., Chashchin A.S. Primenenie modifitsirovannykh vodnykh rastvorov dlya tseyley pozharotusheniya na ob"ektakh zhelezнодорожного транспорта [Application of modified water solutions for fire on the objects of railways] *Vestnik Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia*, 2015. No. 2. Pp. 30–37. (rus). EDN: UGYDYR.
  14. Conroy M.W., Ananth R. Fuel Surface Cooling by Aqueous Foam: A Pool Fire Suppression Mechanism. *Fire Technology*, 2015. Vol. 51. Pp. 667–689. DOI: 10.1007/s10694-015-0470-5.
  15. Yoshida A., Kashiwa K., Hashizume S., Naito H. Inhibition of counterflow methane/air diffusion flame by water mist with varying mist diameter. *Fire Safety Journal*, 2015. Vol. 71. Pp. 217–225. DOI: 10.1016/j.firesaf.2014.11.030. EDN: USVLEP.
  16. Volkov R.S., Voytkov I.S., Vysokomornaya O.V. Osobennosti tusheniya zhidkikh topliv i organicheskikh goryuchikh zhidkostey raspylenym potokom vody [Features of extinguishing liquid fuels and organic flammable liquids by an atomized water flow]. *Fire and explosion safety*, 2016. Vol. 25. No. 4. Pp. 68–75. (rus). DOI: 10.18322/PVB.2016.25.04.68-75. EDN: VWRBLR.
  17. Mykhalichko B., Lavrenyuk H., Mykhalichko O. New water-based fire extinguishant: Elaboration, bench-scale tests, and flame extinguishment efficiency determination by cupric chloride aqueous solutions. *Fire Safety Journal*, 2019. Vol. 105. Pp. 188–195. DOI: 10.1016/j.firesaf.2019.03.005. EDN: KMPGUZ.
  18. Chugunova T.M. Primenenie sovremennykh ruchnykh pozharnykh stvolov. Plyusy i minusy [The use of modern manual fire barrels. Advantages and disadvantages]. *Akademicheskaya publitsistika*, 2019. No. 6. Pp. 65–70. (rus). EDN: JGCQQP.
  19. Shafranskiy D.A. O rezul'tatakh ispytaniya eksperimental'nogo obraztsa stvola ruchnogo pozharnogo universal'nogo SPRU-50/0,7 [About the test results of an experimental sample of a universal manual fire barrel SPRU-50/0.7]. *Vestnik Komandno-inzhenernogo instituta MChS Respubliki Belarus'*, 2013. No. 1 (17). Pp. 68–74. (rus). EDN: SNEITH.
  20. Karpenchuk I.V., Shafranskiy D.A., Yankevich N.G. Razrabotka i optimizatsiya gidrodinamicheskikh parametrov otechestvennoy modifikatsii eksperimental'nogo obraztsa stvola ruchnogo pozharnogo universal'nogo [Development and optimization of hydrodynamic parameters of the domestic modification of the experimental sample of universal manual fire barrel] *Vestnik Komandno-inzhenernogo instituta MChS Respubliki Belarus'*, 2013. No. 2 (18). Pp. 270–279. (rus). EDN: SNFAMV.
  21. Kamlyuk A.N., Parmon V.V., Striganova M.Yu., Shirko A.V., Morozov A.A. Raschet i optimizatsiya geometrii protochnogo kanala pozharnogo stvola s raskhodom do 5 l/s [Calculation and optimization of the geometry of the flow channel at a rate of fire of the barrel to 5 l/s]. *Vestnik Komandno-inzhenernogo instituta MChS Respubliki Belarus'*, 2016. No. 1 (23). Pp. 51–59. (rus). EDN: VKXNTD.
  22. Marozau A., Tran Duc H., Kamluk A., Parmon V., Striganova M. Pump-hose systems with universal fire barrels for extinguishing buildings. *Magazine of Civil Engineering*, 2021. Vol. 103. No 3. Article 10305. 9 p. DOI: 10.34910/MCE.103.5. EDN: ALXOEJ.
  23. Logunova O.S., Romanov P.Yu., Il'ina E.A. *Obrabotka eksperimental'nykh dannykh na EVM [Processing of experimental data on a computer]*: textbook. Moscow: Infra-M, 2021. 377 p. (rus). DOI: 10.12737/1064882. EDN: CPOFPS.
  24. Terebnev V.V., Podgrushnyy A.V. *Pozharnaya taktika: Osnovy tusheniya pozharov*: [Fire tactics: The basics of fire extinguishing]: tutorial. Moscow: Academy of State Fire Service of EMERCOM of Russia, 2012. 322 p. (rus)

## ВЛИЯНИЕ РАЗМЕРОВ ЯЧЕЙКИ СЕТКИ И РАССТОЯНИЯ ОТ НЕЕ ДО СОПЛА ПЕНОГЕНЕРИРУЮЩЕГО УСТРОЙСТВА НА ДИСПЕРСНОСТЬ ПЕНЫ

Камлюк А.Н., Лихоманов А.О., Титовец А.Ф., Полочанин Н.С., Грачулин А.В.

*Цель.* Экспериментально оценить влияние размеров ячейки сетки и расстояния от сопла до нее на дисперсность получаемой воздушно-механической пены. На основе полученных экспериментальных данных проверить адекватность теоретических расчетов диаметра пузырька, образующегося на затопленном и незатопленном отверстии.

*Методы.* В процессе выполнения работы применялись основные теоретические и эмпирические методы исследования. Для определения диаметра пузырьков пены применялся многофункциональный графический редактор GIMP.

*Результаты.* Получены эмпирические данные о диаметре пузырьков пены для следующих диапазонов значений переменных параметров: размер ячейки сетки – от 0,5×0,5 до 3,2×3,2 мм; скорость струи пенообразующего раствора на выходе из сопла – от 7 до 17 м/с; расстояние от выходного отверстия сопла до сетки – от 50 до 400 мм. Установлено, что на расстоянии от выходного отверстия сопла до сетки, равном 200 мм, средний диаметр пузырьков пены наиболее близок к теоретически рассчитанным значениям (отклонение не более 26 %, среднее отклонение 14 %).

*Область применения исследований.* Разработка устройств для генерирования воздушно-механической пены на сетках.

*Ключевые слова:* пена, диаметр пузырька, скорость выдувания пузырьков, дисперсность.

(Поступила в редакцию 5 октября 2022 г.)

### Введение

Воздушно-механическая пена (далее – пена) для нужд пожаротушения представляет собой дисперсную систему, состоящую из пузырьков газа, разделенных пленками жидкости [1]. Дисперсность – это физическая величина, характеризующая размер взвешенных частиц в дисперсных системах, которую применительно к пенам можно оценить средним диаметром их пузырьков. Следует отметить, что дисперсность пены является одним из ключевых параметров, влияющих на ее огнетушащую эффективность [2]. При этом дисперсность тем выше, чем меньше средний диаметр пузырьков:

$$D = 1 / d_{п},$$

где  $D$  – дисперсность,  $d_{п}$  – средний диаметр пузырьков пены.

Для определения дисперсности пены наиболее широкое распространение получил метод микрофотографирования пены, заключающийся в прямом определении размеров пузырьков. Из работы французских физиков [3] известно, что основными параметрами, которые могут влиять на диаметр пузырьков, являются размеры ячейки, на которой формируется мыльная пленка, диаметр поперечного сечения потока воздуха, а также скорость потока. Также на диаметр пузырька большое влияние оказывают физико-механические свойства раствора (поверхностное натяжение, вязкость, концентрация поверхностно-активных веществ). Влияние размеров ячеек сетки и скорости подачи раствора пенообразователя, а также расположения сетки в насадке пожарного ствола на кратность получаемой пены рассмотрено в работе [4]. Однако дисперсность пены в указанной работе не исследовалась.

В основу данной работы положена экспериментальная оценка диаметра пузырьков, получаемых при генерировании пены на сетке, а также проверка адекватности расчета диаметра пузырька, образующегося на затопленном и незатопленном отверстии, выполненного в работе [5].



**Основная часть**

**Расчет среднего диаметра пузырька.** В статье [3] показано, что для образования пузырьков необходимо достигнуть минимальную скорость выдувания  $v_{\min}$ . При этом каждому размеру ячейки сетки соответствует определенная минимальная скорость выдувания, которую можно рассчитать по формуле:

$$v_{\min} = \sqrt{\frac{8\sigma}{\rho a}}, \quad (1)$$

где  $a$  – линейный размер ячейки сетки;

$\rho$  – плотность воздуха;

$\sigma$  – поверхностное натяжение.

Далее при расчетах использовались следующие значения физических величин:  $\rho = 1,2 \text{ кг/м}^3$ ,  $\sigma = 0,024 \text{ Н/м}$ .

В соответствии с формулой (1) значения минимальной скорости выдувания для сеток с линейными размерами ячейки  $0,5 \times 0,5$ ;  $1,0 \times 1,0$ ;  $3,2 \times 3,2$  мм приведены в таблице 1. В таблице также указаны значения скорости потока пенообразующего раствора  $v$  при проведении экспериментов и величина их отклонения от  $v_{\min}$ .

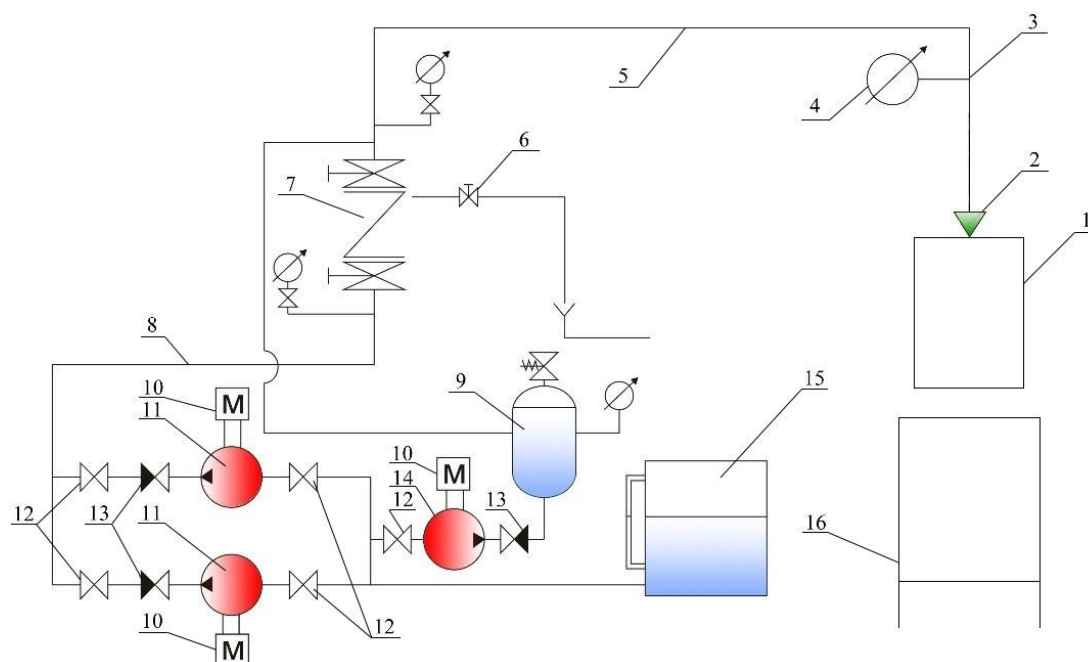
**Таблица 1. – Минимальная (теоретическая) и экспериментальная скорости для получения пены на сетках с различными линейными размерами ячейки**

Линейные размеры ячейки сетки, мм	Минимальная скорость выдувания пузырьков $v_{\min}$ , м/с	Скорость потока пенообразующего раствора в экспериментах $v$ , м/с	Отклонение $v$ от $v_{\min}$ , %
0,5 × 0,5	17,5	17	2,9
1,0 × 1,0	12,4	11	11,3
3,2 × 3,2	6,9	7	1,4

В ходе работы использовалась экспериментальная установка (рис. 1) [6; 7], состоящая из насосной станции, содержащей основной и резервный насосы 11 (Grundfos CR10-03 X-FN-A-E-HQQE, модель А 96689538, напор не менее 0,2 МПа, подача не менее 5 л/с) с электроприводом 10 (MG80С 2-19FT100-Н1, напряжение 220–240 В), регулирующих вентилях 12 на выходе и входе; обратных клапанов 13, подводящего трубопровода 8 диаметром 150 мм, клапана запорного универсального 7 (КЗУ-100), предназначенного для полного перекрытия (открывания) потока рабочей среды, питающего трубопровода 5, кранов ручного пуска 6, пневмобака 9 (PWGF80V type GT H-80V) с обратным клапаном 13 и насосом для поддержания давления в системе 14, предназначенного для повышения давления в системе до расчетного, тарированной емкости для раствора пенообразователя 15, распределительного трубопровода 3 диаметром 25 мм, за которым установлен экспериментальный образец сопла 2, а также манометр 4 для определения давления на входе. Подаваемый из емкости 15 по трубопроводам 6 %-й раствор пенообразователя из сопла 2 попадал на устройство к экспериментальной установке 1, затем образовавшаяся пена поступала в мерную емкость 16.

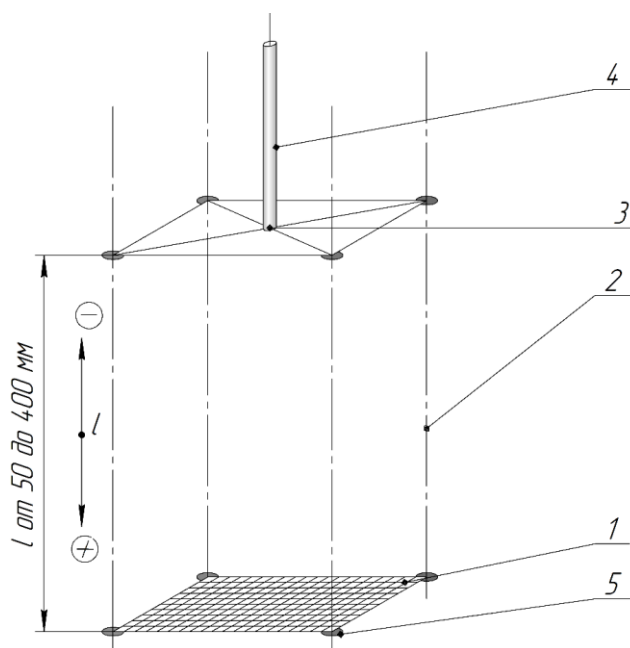
Устройство к экспериментальной установке (рис. 2) состоит из четырех металлических вертикальных ребер, на которых расположены фиксаторы, позволяющие регулировать расстояние от сопла до пеногенерирующей сетки. В нижней части устройства крепится сама сетка, а в верхней части находится держатель для закрепления устройства на трубопроводе экспериментальной установки. Благодаря держателям устройство оперативно может быть смонтировано (демонтировано) на экспериментальной установке.

В емкости 15 (рис. 1) находился предварительно приготовленный рабочий раствор пенообразователя Синтек-бНС (6 %), который в ходе экспериментов с помощью насосов 11 подавался на сетку с необходимой скоростью (табл. 1).



1 – устройство к экспериментальной установке; 2 – сопло; 3 – распределительный трубопровод; 4 – манометр; 5 – питающий трубопровод; 6 – кран ручного пуска; 7 – клапан запорный универсальный; 8 – подводящий трубопровод; 9 – пневмобак; 10 – электроприводы насосов; 11 – основной и резервный насосы; 12 – регулирующие вентили; 13 – обратный клапан; 14 – жокей-насос; 15 – емкость для раствора пенообразователя; 16 – мерная емкость

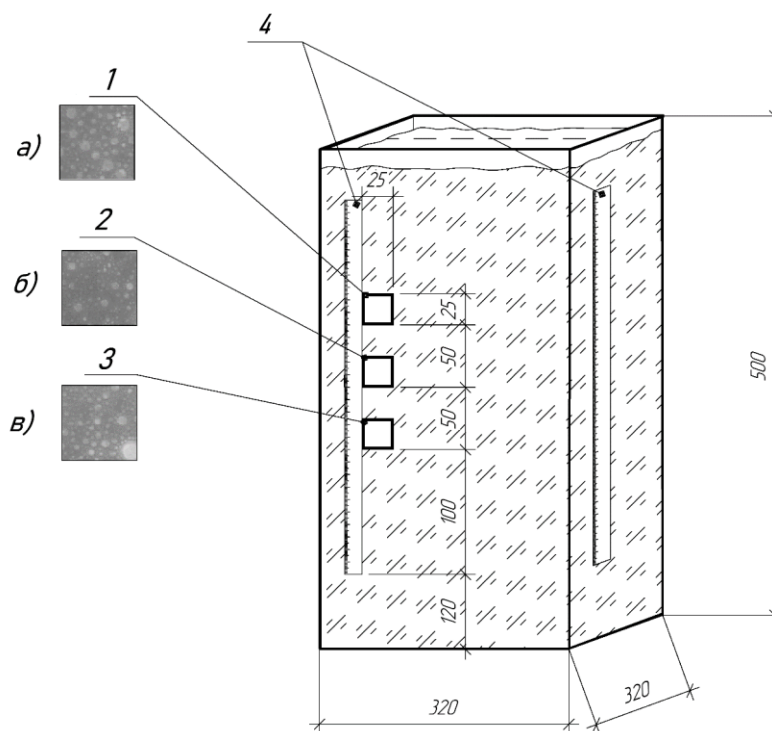
**Рисунок 1. – Схема экспериментальной установки для исследования диаметра пузырьков воздушно-механической пены**



1 – сетка; 2 – металлические вертикальные ребра; 3 – держатель; 4 – трубопровод; 5 – фиксатор

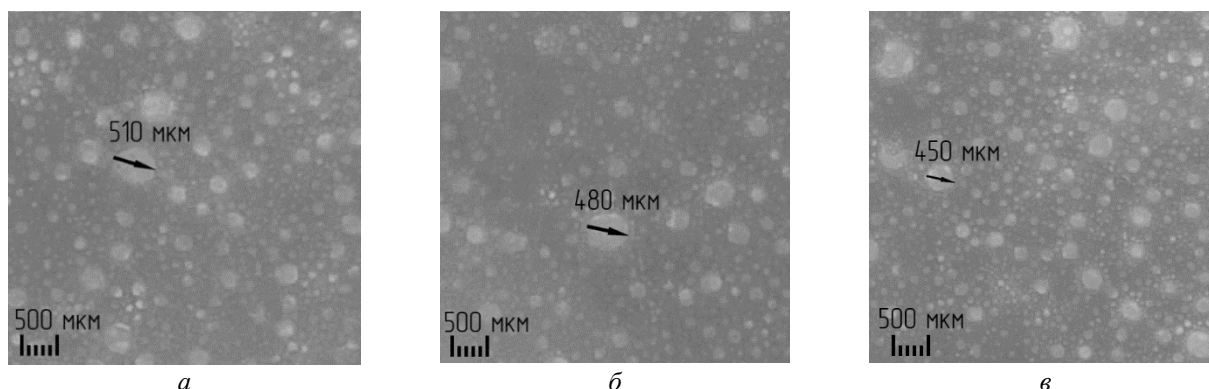
**Рисунок 2. – Устройство к экспериментальной установке**

Под сеткой располагалась мерная емкость объемом 50 л (рис. 3). После заполнения емкости насосы выключались, тем самым прекращался процесс пенообразования. Далее проводилось фотографирование емкости с двух взаимно перпендикулярных сторон, на каждой из которых находилась измерительная линейка для масштабирования фотографий и последующего измерения диаметра пузырьков. Фотосъемка проводилась в проходящем свете при последующем увеличении фотографии в 10 раз.



1 – верхняя зона; 2 – средняя зона; 3 – нижняя зона; 4 – линейка  
**Рисунок 3. – Схема мерной емкости для забора пены**

Измерение среднего диаметра пузырька проводилось в емкости в трех зонах (верхней, средней, нижней), каждая из которых представляла собой квадрат со стороной 25 мм (рис. 3). Нижние границы данных зон располагались на расстоянии 100, 150 и 200 мм от нулевой отметки измерительных линеек по вертикали, а сами линейки фиксировались на наружной поверхности мерной емкости на расстоянии 120 мм от дна мерной емкости для исключения попадания в область фотографирования жидкой фазы разрушившейся пены. Затем при использовании многофункционального графического редактора GIMP проводилось измерение диаметра пузырьков с помощью линейного отрезка с заданным масштабом по фотографиям, сделанным в каждой зоне (верхней, средней, нижней) с двух взаимно перпендикулярных сторон. Далее выполнялся расчет среднего диаметра пузырьков  $d_{п}$ , находящихся в каждой зоне. Примеры измерений по фотографиям в редакторе GIMP представлены на рисунке 4.



**Рисунок 4. – Примеры измерений диаметра пузырька в каждой зоне (а, б, в – верхняя, средняя и нижняя зоны измерений соответственно)**

Эксперименты проводились последовательно с сетками с линейными размерами ячейки  $0,5 \times 0,5$ ;  $1,0 \times 1,0$  и  $3,2 \times 3,2$  мм с фиксированной для каждого вида скоростью

потока раствора пенообразователя  $v$  (17, 11 и 7 м/с соответственно) и при установке самой сетки на расстоянии  $l = 400, 200, 100$  и 50 мм от выходного отверстия сопла на конце трубопровода экспериментальной установки. Фотографирование проводилось спустя 20 с после прекращения подачи пены. Полученные экспериментальные данные представлены в таблице 2.

**Таблица 2. – Средний диаметр пузырьков пены, получаемой на сетках с различным линейным размером ячейки**

Линейные размеры ячейки сетки, мм	0,5 × 0,5	1,0 × 1,0	3,2 × 3,2
	$d_n$ , мм		
	$l = 400$ мм		
Верхняя зона	1,15	1,93	2,10
Средняя зона	1,45	1,50	2,43
Нижняя зона	1,43	1,80	2,10
<b>Среднее по трем зонам</b>	<b>1,34</b>	<b>1,74</b>	<b>2,21</b>
	$l = 200$ мм		
Верхняя зона	1,80	1,70	2,76
Средняя зона	1,62	2,50	3,04
Нижняя зона	1,73	1,40	2,36
<b>Среднее по трем зонам</b>	<b>1,71</b>	<b>1,87</b>	<b>2,72</b>
	$l = 100$ мм		
Верхняя зона	1,57	2,53	2,30
Средняя зона	1,17	1,50	2,43
Нижняя зона	1,09	2,38	2,32
<b>Среднее по трем зонам</b>	<b>1,27</b>	<b>2,14</b>	<b>2,35</b>
	$l = 50$ мм		
Верхняя зона	1,60	1,73	2,17
Средняя зона	1,58	1,89	2,00
Нижняя зона	1,37	1,55	2,34
<b>Среднее по трем зонам</b>	<b>1,52</b>	<b>1,72</b>	<b>2,17</b>

Теоретически определенные значения диаметра пузырьков пены на затопленном и незатопленном отверстии согласно статье [5] приведены в таблице 3.

**Таблица 3. – Результаты теоретического расчета диаметра пузырьков пены для сеток с различным размером ячеек [5]**

Размеры ячейки сетки, мм	0,5 × 0,5	1,0 × 1,0	3,2 × 3,2
$d_n$ , мм:			
– на затопленном отверстии	2,00	2,50	3,80
– на незатопленном отверстии	0,60	1,20	3,60

С учетом того что при получении пены часть пузырьков формируется на сетке (т.е. на незатопленном отверстии), а часть в объеме пены внутри мерной емкости (случай затопленного отверстия), экспериментальные значения  $d_n$  следует ожидать внутри диапазона между значениями, приведенными в таблице 3 для каждого размера ячейки сетки соответственно. Здесь следует пояснить, что после заполнения мерной емкости (рис. 3) и прекращения подачи пены в нее образование пузырьков не заканчивается, а происходит в объеме самой пены по следующему алгоритму: толщина пленок пенообразующего раствора постепенно уменьшается за счет стекания жидкой фазы под действием силы тяжести, что приводит к разрушению части пузырьков пены. При этом происходит перетекание газа, заключенного в этих пузырьках, в объем пены, тем самым образуются новые пузырьки и (или) увеличивается размер уже существующих пузырьков. В качестве допущения принимаем, что скорость перетекания газа равна скорости выдувания пузырьков на сетке. Таким образом, образование пузырьков в объеме пены рассматривается как случай затопленного отверстия.

По результатам измерений, приведенным в таблице 2, видно, что средний диаметр пузырьков пены, получившихся на сетке с размерами ячейки  $0,5 \times 0,5$  мм и  $1,0 \times 1,0$  мм, действительно попадает в диапазоны расчетных значений согласно таблице 3.

Следует отметить, что теоретическая максимальная дисперсность у той пены, которая получена на сетке с размерами ячейки  $0,5 \times 0,5$  мм принимает значения  $D_{\text{теор}} = 0,50\text{--}1,67$  мм<sup>-1</sup> (нижний предел диапазона определен с использованием  $d_{\text{п}}$  для случая затопленного отверстия (табл. 3), а верхний – для незатопленного отверстия соответственно), а на практике  $D_{\text{практ}} = 0,75; 0,58; 0,79$  и  $0,66$  мм<sup>-1</sup> при расстоянии  $l = 400, 200, 100$  и  $50$  мм соответственно.

В ходе экспериментов явно не установлена зависимость среднего диаметра получаемых пузырьков пены, а соответственно, и дисперсности самой пены, от расстояния  $l$ , на котором располагалось сопло для подачи раствора пенообразователя по отношению к сетке. Вместе с тем можно отметить, что наименьшее отклонение результатов измерений от теоретических расчетов наблюдается при расстоянии от сопла до сетки  $l = 200$  мм (не более 26 %, среднее отклонение 14 %), а наименее точным является случай, когда расстояние от сопла до сетки составляло  $l = 50$  мм и размеры ячейки сетки были равны  $3,2 \times 3,2$  мм (наибольшее отклонение 41 %). Для анализа случая с наибольшим отклонением экспериментального результата от теоретического на рисунке 5 представлена гистограмма распределения пузырьков пены. Из гистограммы видно, что более 50 % пузырьков имеют диаметр от 2,0 до 2,5 мм, а пузырьков с диаметром более 3,2 мм меньше 2 %.



**Рисунок 5. – Гистограмма распределения пузырьков пены для случая с наибольшим отклонением экспериментального результата от теоретического (при размерах ячейки сетки  $3,2 \times 3,2$  мм и расстоянии  $l = 50$  мм)**

Можно выделить несколько основных причин отклонения теоретических и экспериментальных данных (до 41 %), полученных при использовании сетки с размерами ячейки  $3,2 \times 3,2$  мм:

1) эксперименты проводились в разные дни на протяжении трех месяцев (июль – сентябрь). Значения влажности и температуры колебались в диапазонах от 40 до 60 % и от 17 до 28 °С соответственно, что могло повлиять на устойчивость пены;

2) фотографирование каждой зоны мерной емкости проводилось спустя 20 с после прекращения подачи пены. За это время часть наиболее крупных пузырьков разрушалась, что в итоге могло существенно повлиять на значение среднего диаметра.

С целью исключения выявленных негативных факторов экспериментальные исследования по определению среднего диаметра пузырьков пены следует проводить строго

в одинаковых условиях (влажность и температура в помещении), а также сократить время фотографирования до 10 с и проводить фотосъемку при увеличении более чем в 10 раз.

### Заключение

В результате экспериментальных исследований процесса генерирования воздушно-механической пены на сетке с использованием многофункционального графического редактора GIMP получены данные о диаметре пузырьков пены для следующих диапазонов значений переменных параметров: размер ячейки сетки – от  $0,5 \times 0,5$  до  $3,2 \times 3,2$  мм; скорость струи пенообразующего раствора на выходе из сопла – от 7 до 17 м/с; расстояние от выходного отверстия сопла до сетки – от 50 до 400 мм. Показано, что средний диаметр пузырьков пены, образовавшихся на сетке с размерами ячейки  $0,5 \times 0,5$  мм и  $1,0 \times 1,0$  мм при различном расстоянии от нее до сопла в достаточной степени соответствует теоретическим значениям, рассчитанным по ранее предложенному авторами [5] методу, основанному на балансе сил в момент отрыва пузырька при его росте на затопленном отверстии в условно покоящейся жидкости, а также на незатопленном отверстии. Наибольшее совпадение теоретических расчетов с экспериментальными данными наблюдается при генерировании пены на сетке, расположенной на расстоянии  $l = 200$  мм от сопла (отклонение значений среднего диаметра пузырьков не более 26 %, а среднее отклонение – 14 %).

Вместе с тем следует отметить, что с помощью теоретического метода наименее точно описывается случай, когда расстояние от сопла до сетки составляет  $l = 50$  мм и размеры ячейки сетки равны  $3,2 \times 3,2$  мм (отклонение до 41 %). Авторами работы отмечается, что причиной этому может являться методика проведения эксперимента, которая должна быть усовершенствована. В частности, экспериментальные исследования по определению среднего диаметра пузырьков пены следует проводить строго в одинаковых условиях (влажность и температура в помещении), а также необходимо сократить время фотографирования до 10 с и проводить фотосъемку при увеличении более чем в 10 раз. Таким образом, для верификации теоретического метода, предложенного в работе [5], требуется проведение дополнительных экспериментов.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Тихомиров, В.К. Пены. Теория и практика их получения и разрушения / В.К. Тихомиров. – М.: Химия, 1975. – 263 с.
2. Камлюк, А.Н. Компрессионная пена для нужд пожарных подразделений / А.Н. Камлюк, А.В. Грачулин. – Минск: УГЗ, – 2019. – 224 с.
3. Salkin, L. Generation Soap Bubbles by Blowing on Soap films / L. Salkin [et. al.] // Physical Review Letters, 2016. – Vol. 116, Iss. 7. – Article 077801. – DOI: 10.1103/PhysRevLett.116.077801.
4. Камлюк, А.Н. Ствол пожарный ручной универсальный комбинированный с расходом до 5 л/с и возможностью формирования воздушно-механической пены / А.Н. Камлюк, А.А. Морозов, В.В. Пармон // Научные и образовательные проблемы гражданской защиты. – 2019. – № 1 (40). – С. 76–85. – EDN: ZEUEPZ.
5. Чан, Д.Х. Оценка диаметра пузырьков и скорости потока пенообразующей смеси для их образования на сетке пеногенерирующих устройств / Д.Х. Чан [и др.] // Вестник Университета гражданской защиты МЧС Беларуси. – 2022. – Т. 6, № 1. – С. 84–94. DOI: 10.33408/2519-237X.2022.6-1.84. – EDN: QAENWG.
6. Лихоманов, А.О. Длина начального участка осесимметричной турбулентной струи, образующейся в пенном розеточном оросителе для автоматических установок пожаротушения / А.О. Лихоманов, А.Н. Камлюк // Вестник Университета гражданской защиты МЧС Беларуси. – 2021. – Т. 5, № 2. – С. 159–173. – DOI: 10.33408/2519-237X.2021.5-2.159. – EDN: ZRNKUV.
7. Качанов, И.В. Установки автоматического пожаротушения с предварительной аэрацией огнетушащей рабочей среды / И.В. Качанов, И.В. Карпенчук, С.Ю. Павлюков. – Минск: БНТУ, 2018. – 149 с.

**Влияние размеров ячейки сетки и расстояния от нее до сопла  
пеногенерирующего устройства на дисперсность пены**  
**Influence of the dimensions of the grid cell and the distance from it to the nozzle  
of the foam-generating device on the foam dispersion**

***Камлюк Андрей Николаевич***

кандидат физико-математических наук,  
доцент

Государственное учреждение образования  
«Университет гражданской защиты  
Министерства по чрезвычайным ситуациям  
Республики Беларусь», заместитель  
начальника университета по научной  
и инновационной деятельности

Адрес: ул. Машиностроителей, 25,  
220118, г. Минск, Беларусь

Email: kan@ucp.by

ORCID: 0000-0002-9347-0778

***Andrey N. Kamlyuk***

PhD in Physics and Mathematics Sciences,  
Associate Professor

State Educational Establishment «University  
of Civil Protection of the Ministry for Emergency  
Situations of the Republic of Belarus»,  
Deputy Chief of the University  
on Scientific and Innovative Activity

Address: Mashinostroiteley str., 25,  
220118, Minsk, Belarus

Email: kan@ucp.by

ORCID: 0000-0002-9347-0778

***Лихоманов Алексей Олегович***

кандидат технических наук

Государственное учреждение образования  
«Университет гражданской защиты  
Министерства по чрезвычайным ситуациям  
Республики Беларусь», кафедра  
автоматических систем безопасности, доцент

Адрес: ул. Машиностроителей, 25,  
220118, г. Минск, Беларусь

Email: alexlikh20@gmail.com

ORCID: 0000-0002-9374-1486

***Aleksey O. Likhomanov***

PhD in Technical Sciences

State Educational Establishment «University  
of Civil Protection of the Ministry for Emergency  
Situations of the Republic of Belarus»,  
Chair of Automatic System Security,  
Associate Professor

Address: Mashinostroiteley str., 25,  
220118, Minsk, Belarus

Email: alexlikh20@gmail.com

ORCID: 0000-0002-9374-1486

***Титовец Артем Федорович***

Государственное учреждение образования  
«Университет гражданской защиты  
Министерства по чрезвычайным ситуациям  
Республики Беларусь», факультет  
техносферной безопасности, курсант

Адрес: ул. Машиностроителей, 25,  
220118, г. Минск, Беларусь

Email: artemlucky619@yandex.ru

ORCID: 0000-0002-9952-6525

***Artem F. Titovets***

State Educational Establishment «University  
of Civil Protection of the Ministry for Emergency  
Situations of the Republic of Belarus»,  
Technosphere Safety Faculty,  
cadet

Address: Mashinostroiteley str., 25,  
220118, Minsk, Belarus

Email: artemlucky619@yandex.ru

ORCID: 0000-0002-9952-6525

***Полочанин Никита Сергеевич***

Государственное учреждение образования  
«Университет гражданской защиты  
Министерства по чрезвычайным ситуациям  
Республики Беларусь», факультет  
предупреждения и ликвидации  
чрезвычайных ситуаций, курсант

Адрес: ул. Машиностроителей, 25,  
220118, г. Минск, Беларусь

Email: nik.polochanin@mail.ru

ORCID: 0000-0001-6066-4683

***Nikita S. Polochanin***

State Educational Establishment «University  
of Civil Protection of the Ministry for Emergency  
Situations of the Republic of Belarus», Faculty  
of Emergency Prevention and Elimination,  
cadet

Address: Mashinostroiteley str., 25,  
220118, Minsk, Belarus

Email: nik.polochanin@mail.ru

ORCID: 0000-0001-6066-4683



**Грачулин Александр Владимирович**

кандидат технических наук, доцент  
Государственное учреждение образования  
«Университет гражданской защиты  
Министерства по чрезвычайным ситуациям  
Республики Беларусь», кафедра  
автоматических систем безопасности,  
старший преподаватель

Адрес: ул. Машиностроителей, 25,  
220118, г. Минск, Беларусь

Email: Grachulin\_a@mail.ru

ORCID: 0000-0003-3832-8258

**Aleksandr V. Grachulin**

PhD in Technical Sciences, Associate Professor  
State Educational Establishment «University  
of Civil Protection of the Ministry for Emergency  
Situations of the Republic of Belarus»,  
Chair of Automatic Safety Systems,  
Senior Lecturer

Address: Mashinostroiteley str., 25,  
220118, Minsk, Belarus

Email: Grachulin\_a@mail.ru

ORCID: 0000-0003-3832-8258

## INFLUENCE OF THE DIMENSIONS OF THE GRID CELL AND THE DISTANCE FROM IT TO THE NOZZLE OF THE FOAM-GENERATING DEVICE ON THE FOAM DISPERSION

**Kamlyuk A.N., Likhomanov A.O., Titovets A.F., Polochanin N.S., Grachulin A.V.**

*Purpose.* To experimentally evaluate the influence of the size of the grid cell and the distance from the nozzle to it on the dispersion of the resulting air-mechanical foam. Based on the obtained experimental data, check the adequacy of theoretical calculations of the diameter of the bubble formed on the flooded and non-flooded holes.

*Methods.* In the course of the work the main theoretical and empirical research methods were used. To determine the diameter of foam bubbles the multifunctional graphic editor GIMP was used.

*Findings.* Empirical data on the diameter of foam bubbles were obtained for the following ranges of variable parameters: grid cell size from  $0.5 \times 0.5$  to  $3.2 \times 3.2$  mm; foaming solution jet velocity at the nozzle outlet from 7 to 17 m/s and the distance from the nozzle outlet to the grid from 50 to 400 mm. It was established that at a distance of 200 mm from the nozzle outlet to the grid the average diameter of the foam bubbles was closest to the theoretically calculated values (deviation no more than 26 %, average deviation 14 %).

*Application field of research.* Development of devices for generating air-mechanical foam on the grids.

*Keywords:* foam, bubble diameter, bubble blowing speed, dispersion.

(The date of submitting: October 5, 2022)

### REFERENCES

1. Tikhomirov V.K. *Peny. Teoriya i praktika ikh polucheniya i razrusheniya* [Foams. Theory and practice of their obtaining and destruction]. Moscow: Khimiya, 1975. 263 p. (rus)
2. Kamlyuk A.N., Grachulin A.V. *Kompressionnaya pena dlya nuzhd pozharnykh podrazdeleniy* [Compressed air foam for the needs of fire departments]: monograph. Minsk: University of Civil Protection, 2019. 223 p. (rus)
3. Salkin L., Schmit A., Panizza P., Courbin L. Generating Soap Bubbles by Blowing on Soap Films. *Physical Review Letters*, 2016. Vol. 116, Iss. 7. Article 077801. DOI: 10.1103/PhysRevLett.116.077801.
4. Kamlyuk A.N., Morozov A.A., Parmon V.V. Stvol pozharный ruchnoy universal'nyy kombinirovanny s raskhodom do 5 l/s i vozmozhnost'yu formirovaniya vozdušno-mekhanicheskoy peny [Universal firefighter manual fire barrel combined with a flow rate of up to 5 l/s and the possibility of forming an air-mechanical foam]. *Nauchnye i obrazovatel'nye problemy grazhdanskoy zashchity*, 2019. No. 1 (40). Pp. 76–85. (rus). EDN: ZEUEPZ.
5. Tran D.H., Kamlyuk A.N., Likhomanov A.O., Grachulin A.V., Platonov A.S., Titovets A.F. Otsenka diametra puzyr'kov i skorosti potoka penoobrazuyushchey smesi dlya ikh obrazovaniya na setke penogeneriruyushchikh ustroystv [Evaluation of the bubbles diameter and the blowing speed of the air-mechanical foam forming bubbles on the screen of the foam generators]. *Journal of Civil Protection*, 2022. Vol. 6, No. 1. Pp. 84–94. (rus). DOI: 10.33408/2519-237X.2022.6-1.84. EDN: QAEHWG.
6. Likhomanov A.O., Kamlyuk A.N. Dlina nachal'nogo uchastka osesimmetrichnoy turbulentnoy strui, obrazuyushchey v pennom rozetochnom orositele dlya avtomaticheskikh ustanovok pozharotusheniya [The breakup length of axisymmetric turbulent jet in the foam deflector type sprinkler for automatic extinguishing systems]. *Journal of Civil Protection*, 2021. Vol. 5., No. 2. Pp. 159–173. (rus). DOI: 10.33408/2519-237X.2021.5-2.159. EDN: ZRNKUV.
7. Kachanov, I.V., Karpenchuk I.V., Pavlyukov S.Yu. *Ustanovki avtomaticheskogo pozharotusheniya s predvaritel'noy aeratsiey ognetushashchey rabochey sredy* [Automatic fire extinguishing installations with preliminary aeration of the fire extinguishing working environment]. Minsk: Belarusian National Technical University, 2018. 149 p. (rus)

## **ВОЗМОЖНЫЙ ПОДХОД К ОПРЕДЕЛЕНИЮ ОБЪЕМА АВАРИЙНО-СПАСАТЕЛЬНЫХ И ДРУГИХ НЕОТЛОЖНЫХ РАБОТ, ВОЗЛАГАЕМЫХ НА ПОЖАРНУЮ АВАРИЙНО-СПАСАТЕЛЬНУЮ СЛУЖБУ ГРАЖДАНСКОЙ ОБОРОНЫ**

**Хроколов В.А.**

*Цель.* Определение объема аварийно-спасательных и других неотложных работ (далее – АСДНР), возлагаемых на пожарную аварийно-спасательную службу гражданской обороны (далее – ПАСС ГО) в ходе ликвидации чрезвычайных ситуаций (далее – ЧС).

*Методы.* Общенаучные методы исследования: анализ и синтез, сравнение и обобщение; методы математической статистики.

*Результаты.* Предложен возможный подход к определению объема АСДНР, возлагаемых на ПАСС ГО при ликвидации ЧС.

*Область применения исследований.* Результаты работы могут быть использованы при планировании мероприятий гражданской обороны.

*Ключевые слова:* гражданская оборона, пожарная аварийно-спасательная служба гражданской обороны, аварийно-спасательные и другие неотложные работы, обычные средства поражения.

(Поступила в редакцию 25 августа 2022 г.)

### **Введение**

В современных военных конфликтах одним из основных способов достижения поставленных целей является бесконтактное воздействие на противника с использованием обычных средств поражения (далее – ОСП), в том числе высокоточных. При этом на первоначальном этапе, как правило, агрессором основные усилия сосредотачиваются на поражении инфраструктуры управления, связи, радиоэлектронной борьбы, а также оборонного потенциала [1]. Поэтому уже с первых дней военного конфликта следует ожидать, что вероятным противником будут нанесены удары не только по объектам управления, связи и РЭБ, но и по объектам экономики и инфраструктуры. А поскольку современные средства поражения позволяют «простреливать» территорию Беларуси на всю глубину, удары могут наноситься по объектам, расположенным в любой точке государства, а не только в полосе ведения боевых действий.

Рассматривая объекты экономики как вероятные цели для поражения стоит отметить, что атаковаться будут не все объекты, а, как правило, имеющие важное оборонное значение. При этом нанесение по ним ударов, вероятнее всего, будет осуществляться не сплошным «накрытием» их территорий, а поражением высокоточными средствами поражения критически важных элементов (далее – КВЭ), под которыми следует понимать производственные, конструктивные и технологические элементы объекта, разрушение которых приведет к прекращению нормального функционирования всего объекта экономики и возникновению ЧС [2], а под поражением КВЭ – вывод его из строя, вследствие чего такой элемент утрачивает работоспособность и возможность выполнять функции в соответствии с предназначением [3].

Как следствие, на территории Республики Беларусь или в отдельной ее местности может сложиться достаточно сложная обстановка, связанная с нарушением управления силами и средствами, нарушением грузопотоков на отдельных участках железнодорожной и автомобильной сети, разрушением трубопроводных систем и временным прекращением поставок газа и нефти, потерями промышленного производства, дезорганизацией межсистемных связей энергосистем и прекращением снабжения потребителей, а также много-

кратным увеличением ЧС. Все это потребует не только восстановления управления отдельными отраслями или регионами, но и проведения большого объема АСДНР.

В этих условиях обеспечение защиты населения от опасностей военного времени, в том числе проведение АСДНР, является одной из приоритетных задач государства, выполнение которой возложено на гражданскую оборону Республики Беларусь (далее – ГО).

### Основная часть

Исследование военных конфликтов конца XX начала XXI в. показывает, что в ходе ведения боевых действий противоборствующими сторонами производится воздействие средствами поражения не только на технику и живую силу противника, участвующую в ведении боевых действий, но и на объекты тыла, а также инфраструктуры противоборствующих сторон. Это приводит к разрушению отдельных объектов, поражению гражданского населения как от непосредственного воздействия средств поражения, так и от возникающих в результате их применения ЧС. При этом ЧС нередко могут быть гораздо более масштабны, чем непосредственное воздействие самого средства поражения на объект. Так, поражение химически опасного объекта может привести к возникновению зоны химического заражения, в разы превышающей размеры самого объекта, разрушение гидротехнических сооружений (плотин, дамб) – к возникновению зон затопления, нанесение ударов по пожаровзрывоопасным объектам приведет не только к возникновению разрушений, но и к пожарам. Более того, как показывает исторический опыт, в том числе специальная военная операция российских войск в Украине, боевые действия часто ведутся в черте населенных пунктов, в которых возможно нахождение большого количества мирных жителей. Все это многократно увеличивает вероятность поражения гражданского населения. Статистика свидетельствует, что с каждым новым военным конфликтом число пострадавшего мирного населения постоянно возрастает. Так, если в ходе Первой мировой войны количество жертв среди мирного населения составило 5 % от всех погибших, то во Второй мировой – 50 %, в войне в Корее – 84 %, а во Вьетнаме – около 90 % [4].

С учетом изложенного очевидно, что в очагах поражения и зонах ЧС, возникающих в результате применения средств поражения, возможно нахождение пострадавших, для оказания помощи которым потребуется проведение АСДНР. Данная задача в соответствии с Законом Республики Беларусь «О гражданской обороне»<sup>1</sup> возлагается на ГО, а непосредственно организация и проведение этих работ согласно постановлению Совета Министров Республики Беларусь от 12 августа 2008 г. № 1151<sup>2</sup> – на ПАСС ГО. Однако силами только данной службы такую задачу часто выполнить не представляется возможным, поэтому в Положении о республиканской пожарной аварийно-спасательной службе гражданской обороны<sup>3</sup> определено, что организация и проведение мероприятий по ликвидации ЧС осуществляется ПАСС ГО во взаимодействии с республиканскими службами ГО.

Кроме того, стоит отметить, что время выживания пострадавших в ЧС, особенно в завалах (табл. 1), ограничено, поэтому работы по их спасению должны проводиться в максимально сжатые сроки и составлять в мирное время не более 100, а в военное время не более 48 ч [5–7]. А для того, чтобы состав сил ГО, привлекаемых для ликвидации последствий применения вероятным противником ОСП, обеспечивал эффективное проведение АСДНР в сроки, обеспечивающие выживание людей, и при этом был экономически

<sup>1</sup> О гражданской обороне [Электронный ресурс]: Закон Респ. Беларусь, 27 ноября 2006 г., № 183-3 // Онлайн-сервис готовых правовых решений iLex. – Минск, 2021. – Режим доступа: <https://ilex-private.ilex.by> – Дата доступа: 05.12.2021.

<sup>2</sup> О службах гражданской обороны [Электронный ресурс]: постановление Совета Министров Респ. Беларусь, 12 августа 2008 г., № 1151 // Онлайн-сервис готовых правовых решений iLex. – Минск, 2022. – Режим доступа: <https://ilex-private.ilex.by>. – Дата доступа: 05.06.2022.

<sup>3</sup> Об утверждении Положения о республиканской пожарной аварийно-спасательной службе гражданской обороны: приказ Мин-ва по чрезвычайным ситуациям Респ. Беларусь, 20 марта 2018 г., № 103.

целесообразен, необходимо обеспечить его рациональный состав. Для решения этой задачи необходимо не только знать общий объем предстоящих работ, но и распределить их между силами ГО, принимающими участие в проведении АСДНР.

**Таблица 1. – Возможные объемы летальных исходов в зонах ЧС в зависимости от времени задержки извлечения людей из-под завалов после их разрушения<sup>4</sup>**

Время задержки извлечения людей из-под завалов, ч	10,5	25,0	43,0	67,0	96,0
Возможные объемы летальных исходов, %	20	40	60	80	100

Изучение технических нормативных правовых актов<sup>5, 6, 7</sup> и расчетных методик<sup>8, 9</sup> [2] показало, что они позволяют определить общий объем АСДНР на конкретных объектах при нанесении ударов ОСП; количество сил и средств, необходимых для проведения этих работ; рациональный состав и численность территориальных гражданских формирований ГО района (города), которые являются составной частью сил ГО. Поэтому определение объема АСДНР, возлагаемых на ПАСС ГО, является актуальной научной задачей, решение которой позволит, с одной стороны, определить рациональный состав сил ГО, привлекаемых к проведению АСДНР, а с другой – обосновать потребность ПАСС ГО в мобилизационных ресурсах.

Для определения вероятного объема АСДНР, выполняемых службой в ходе ликвидации ЧС, автором проанализировано тушение пожаров, произошедших на объектах энергетики, хранения и переработки химических веществ, метрополитена, нефте-, газодобывающих объектах, производственных предприятиях, а также ЧС, связанных с обрушением зданий, сооружений и их элементов, произошедших на территории Беларуси в период с 2012 по 2021 г. Имеющиеся данные обработаны с помощью методов математической статистики.

### **Определение объема АСДНР, выполняемых силами МЧС при тушении пожаров**

Исследование пожаров показало, что за рассматриваемый период на вышеуказанных объектах в Беларуси произошло 717 пожаров, при этом 698 пожаров ликвидированы с участием сил МЧС, 19 без участия сил МЧС, в 83 случаях в ликвидации пожаров принимали участие совместно с личным составом МЧС и работники организаций (табл. 2).

<sup>4</sup> Методические рекомендации по созданию и применению гражданских формирований гражданской обороны: утв. Министром по чрезвычайным ситуациям Респ. Беларусь 27.06.2019 г. – Минск: Мин-во по чрезвычайным ситуациям Респ. Беларусь, 2019. – 44 с.

<sup>5</sup> Пожарная безопасность зданий и сооружений. Строительные нормы проектирования = Пажарная бяспека будынкаў і збудаванняў. Будаўнічыя нормы прасктавання: ТКП 45-2.02-315-2018 (33020) – Введ. 14.02.18. – Минск: Мин-во архитектуры и строительства Респ. Беларусь, 2018. – 51 с.

<sup>6</sup> Противопожарное водоснабжение. Строительные нормы. = Супрацьпажарнае водазабеспячэнне. Будаўнічыя нормы: СН 2.02.02-2019. – Введ. 29.11.19. – Минск: Мин-во архитектуры и строительства Респ. Беларусь, 2020. – 28 с.

<sup>7</sup> Планировка и застройка населенных пунктов. Строительные нормы = Планіроўка і забудова населеных пунктаў. Будаўнічыя нормы: СН 3.01.03-2020. – Введ. 27.11.20. – Минск: Мин-во архитектуры и строительства Респ. Беларусь, 2021. – 69 с.

<sup>8</sup> Об утверждении положения о порядке создания и деятельности гражданских формирований гражданской обороны [Электронный ресурс]: постановление Совета Министров Респ. Беларусь, 19 марта 2008 г., № 413 // Онлайн-сервис готовых правовых решений iLex. – Минск, 2021. – Режим доступа: <https://ilex-private.ilex.by> – Дата доступа: 25.08.2022.

<sup>9</sup> Порядок определения необходимого количества сил и средств подразделений по чрезвычайным ситуациям для тушения пожаров: НПБ 64-2017 – Введ. 27.09.17. – Минск: Мин-во по чрезвычайным ситуациям Респ. Беларусь, 2017. – 27 с.

**Таблица 2. – Пожары на объектах энергетики, хранения и переработки химических веществ, метрополитена, нефте-, газодобывающих объектах, производственных предприятиях в 2012–2021 гг.**

Год	Количество пожаров, $N_{i \text{ пож}}$	Количество пожаров, в ликвидации которых принимали участие силы		Количество личного состава, участвовавшего в тушении пожаров (чел.), $N_{i \text{ пож л/с}}$	
		МЧС, $N_{i \text{ пож МЧС}}$	иных организаций	МЧС, $N_{i \text{ пож л/с МЧС}}$	иных организаций
1	2	3	4	5	6
2012	95	94	9	2885	409
2013	89	85	13	2179	354
2014	100	98	11	2914	355
2015	63	62	7	1905	290
2016	44	44	5	1751	277
2017	51	50	4	1652	285
2018	80	78	7	2176	462
2019	70	66	8	1572	457
2020	65	62	11	1740	403
2021	60	59	8	2100	310
Итого	717	698	83	20874	3602

*Примечание.* Таблица составлена по сведениям, предоставленным Республиканским центром реагирования на чрезвычайные ситуации МЧС Республики Беларусь<sup>10</sup>.

1. Определим долю участия сил МЧС ( $X_{i \text{ пож МЧС}}$ ) в тушении пожаров за каждый год рассматриваемого периода:

$$X_{i \text{ пож МЧС}} = N_{i \text{ пож МЧС}} / N_{i \text{ пож}}, \quad (1)$$

где  $N_{i \text{ пож МЧС}}$  – количество пожаров, ликвидированных с участием сил МЧС в  $i$ -м году;  
 $N_{i \text{ пож}}$  – общее количество произошедших в  $i$ -м году пожаров.

Результаты расчета представим в таблице 3.

**Таблица 3. – Доля участия сил МЧС в тушении пожаров**

Год	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
$X_{i \text{ пож МЧС}}$	0,989	0,955	0,980	0,984	1,000	0,980	0,975	0,943	0,954	0,983

Найдем выборочное среднее значение доли участия сил МЧС в ликвидации пожаров за представленные  $n = 10$  лет:

$$\bar{X}_{\text{пож МЧС}} = \sum_{i=1}^n X_i / n = 0,9743. \quad (2)$$

Доверительный интервал [8] участия сил МЧС в тушении пожаров ( $X_{\text{пож МЧС}}$ ) имеет вид

$$\left( \bar{X} - ts / \sqrt{n}; \bar{X} + ts / \sqrt{n} \right),$$

где  $t = 2,26$  – значение критерия Стьюдента, найденное для выборки из 10 элементов и надежности 0,95;

$s^2$  – исправленная выборочная дисперсия, вычисляемая по формуле  $s^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2$ .

Имеем

$$X_{\text{пож МЧС}} \in (0,9615; 0,9871). \quad (3)$$

Таким образом, в ходе тушения пожаров силами МЧС с доверительной вероятностью 0,95 выполняется  $97,43 \pm 1,28$  % общего объема работ.

<sup>10</sup> О предоставлении сведений: письмо государственного учреждения «Республиканский центр реагирования на чрезвычайные ситуации Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь». Исх. № 54/01/1598 от 23.09.2021.

2. Используя данные таблицы 2, определим долю участия личного состава МЧС ( $X_{i \text{ пож л/с МЧС}}$ ) в тушении пожаров за каждый год рассматриваемого периода (табл. 4)

$$X_{i \text{ пож л/с МЧС}} = N_{i \text{ пож л/с МЧС}} / N_{i \text{ пож л/с}}, \quad (4)$$

где  $N_{i \text{ пож л/с МЧС}}$  – количество личного состава МЧС, принимавшего участие в тушении пожаров в  $i$ -м году;

$N_{i \text{ пож л/с}}$  – общее количество личного состава, принимавшего участие в ликвидации произошедших в  $i$ -м году пожаров.

Результаты расчета представлены в таблице 4.

**Таблица 4. – Доля участия личного состава МЧС в тушении пожаров**

Год	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
$X_{i \text{ пож л/с МЧС}}$	0,876	0,860	0,891	0,868	0,863	0,853	0,825	0,775	0,812	0,871

Как и ранее, найдем для доли участия личного состава МЧС в тушении пожаров ее выборочное среднее значение:

$$\bar{X}_{\text{пож л/с МЧС}} = 0,8494 \quad (5)$$

и доверительный интервал, покрывающий ее с надежностью 0,95:

$$X_{\text{пож л/с МЧС}} \in (0,8243; 0,8745). \quad (6)$$

Следовательно, для выполнения определенного выше объема работ в ходе тушения пожаров количество личного состава МЧС должно составлять не менее 87,45 % от общего количества сил, привлекаемых к тушению.

### **Определение объема АСДНР, выполняемых силами МЧС в ходе ликвидации обрушений зданий, сооружений и их конструкций**

Аналогичным образом были проанализированы ЧС, связанные с обрушением зданий, строений и их конструкций, произошедших на территории Беларуси в 2012–2021 гг.

В результате установлено: за данный период на территории Беларуси произошло 180 обрушений зданий, сооружений и их конструкций. При этом в 86 случаях потребовалось проведение АСДНР, связанных с извлечением пострадавших из завалов (табл. 5).

**Таблица 5. – Обрушения зданий, сооружений и их конструкций в 2012–2021 гг.**

Год	Количество обрушений (всего), $N_{i \text{ обр}}$	Количество обрушений, где проводились АСР по деблокированию пострадавших	Количество обрушений, в которых для деблокирования пострадавших принимали участие силы		Количество личного состава, участвовавшего в проведении АСР (чел.), $N_{i \text{ обр л/с}}$	
			МЧС, $N_{i \text{ обр МЧС}}$	иных организаций	МЧС, $N_{i \text{ обр л/с МЧС}}$	иных организаций
1	2	3	4	5	6	7
2012	33	9	9	9	95	68
2013	20	5	5	5	53	21
2014	19	12	12	12	193	144
2015	8	4	4	4	64	24
2016	11	5	5	5	92	36
2017	12	7	7	7	83	41
2018	23	16	16	16	293	218
2019	32	10	10	10	104	42
2020	13	9	9	9	109	46
2021	9	9	9	9	102	36
Итого	180	86	86	86	1188	676

*Примечание.* Таблица составлена по сведениям, предоставленным Республиканским центром реагирования на чрезвычайные ситуации МЧС Республики Беларусь<sup>11</sup>.

<sup>11</sup> См. сноску 10.



3. Определим долю участия сил МЧС ( $X_{i \text{ обр МЧС}}$ ) в ликвидации обрушений за каждый год рассматриваемого периода (табл. 6):

$$X_{i \text{ обр МЧС}} = N_{i \text{ обр МЧС}} / N_{i \text{ обр}}, \quad (7)$$

где  $N_{i \text{ обр МЧС}}$  – количество обрушений, ликвидированное с участием сил МЧС в  $i$ -м году;  
 $N_{i \text{ обр}}$  – общее количество произошедших в  $i$ -м году обрушений.

Результаты расчета представлены в таблице 6.

**Таблица 6. – Доля участия сил МЧС в ликвидации обрушений**

Год	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
$X_{i \text{ обр МЧС}}$	0,273	0,250	0,632	0,500	0,455	0,583	0,696	0,313	0,692	1,000

Для доли участия сил МЧС в ликвидации обрушений получаем ее выборочное среднее значение:

$$\bar{X}_{\text{обр МЧС}} = 0,5394 \quad (8)$$

и доверительный интервал, покрывающий ее с надежностью 0,95:

$$X_{\text{обр МЧС}} \in (0,3735; 0,7053). \quad (9)$$

Таким образом, силами МЧС с доверительной вероятностью 0,95 выполняется  $53,94 \pm 16,59\%$  общего объема работ, связанных с разборкой завалов для спасения пострадавших.

4. Далее, используя данные таблицы 5, определим долю участия личного состава МЧС ( $X_{i \text{ обр л/с МЧС}}$ ) в проведении АСДНР, связанных с разборкой завалов за каждый год рассматриваемого периода (табл. 7):

$$X_{i \text{ обр л/с МЧС}} = N_{i \text{ обр л/с МЧС}} / N_{i \text{ обр л/с}}, \quad (10)$$

где  $N_{i \text{ обр л/с МЧС}}$  – количество личного состава МЧС, принимавшего участие в проведении АСДНР, связанных с разборкой завалов в  $i$ -м году;

$N_{i \text{ обр л/с}}$  – общее количество личного состава, принимавшего участие в проведении АСДНР, связанных с разборкой произошедших в  $i$ -м году завалов.

**Таблица 7. – Доля участия личного состава МЧС разборке завалов**

Год	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
$X_{i \text{ обр л/с МЧС}}$	0,583	0,716	0,573	0,727	0,719	0,669	0,573	0,712	0,703	0,739

Найдем выборочное среднее значение и доверительный интервал (с надежностью 0,95) доли участия личного состава МЧС в разборке завалов:

$$\bar{X}_{\text{обр л/с МЧС}} = 0,6714; \quad (11)$$

$$X_{\text{обр л/с МЧС}} \in (0,6227; 0,7201). \quad (12)$$

Следовательно, для выполнения объема АСДНР, связанных с разборкой завалов для деблокирования пострадавших, личный состав МЧС должен составлять не менее 72,01 % от общего количества сил, участвующих в проведении данных работ.

### Заключение

Таким образом, полученные в ходе исследования результаты позволяют утверждать следующее:

– при тушении пожаров силами МЧС выполняется не менее 97 % общего объема работ. Количество личного состава МЧС для выполнения данного объема должно быть не менее 87 % общего количества личного состава, участвующего в тушении пожара;

– в ходе разборки завалов для деблокирования и извлечения пострадавших силами МЧС выполняется около 54 % общего объема работ, а личного состава для этого требуется не менее 72 % общего количества привлекаемых сил.

Поскольку маловероятно, что распределение сил и средств, принимающих участие в ликвидации последствий ЧС в военное время кардинально поменяется, можно предположить сохранение этого соотношения. А это позволит применить подобный подход к определению объема АСДНР, возлагаемых на ПАСС ГО, и, как следствие, ввести соответствующий поправочный коэффициент в методики расчета необходимого количества сил и средств для проведения АСДНР в военное время.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Хроколов, В.А. Определение аварийно-спасательных и других неотложных работ, выполняемых пожарной аварийно-спасательной службой гражданской обороны / В.А. Хроколов, А.П. Еремин / Вестник Университета гражданской защиты МЧС Беларуси. – 2022. – Т. 6, № 1. – С. 95–102. – DOI: 10.33408/2519-237X.2022.6-1.95. – EDN: IBJTZN.
2. Кондратьев-Фирсов, В.М. Комплексная методика прогнозирования обстановки, объемов аварийно-спасательных и других неотложных работ при воздействии на объекты экономики обычными современными средствами поражения / В.М. Кондратьев-Фирсов [и др.] // Стратегия гражданской защиты: проблемы и исследования. – 2012. – Т. 2, № 2 (3). – С. 49–55. – EDN: QAYCHP.
3. Бордак, С.С. Методический подход к прогнозированию и оценке обстановки для поддержки принятия решений по организации гражданской обороны в условиях диверсионно-террористического воздействия / С.С. Бордак // Вестник Университета гражданской защиты МЧС Беларуси. – 2021. – Т. 5, № 1. – С. 113–121. – DOI: 10.33408/2519-237X.2021.5-1.113. – EDN: HTZDHO.
4. Воробьев, Ю.Л. Современные войны и гражданская оборона / Ю.Л. Воробьев // Стратегия гражданской защиты: проблемы и исследования. – 2012. – Т. 2, № 1 (2). – С. 791–810. – EDN: OWFYSL.
5. Еремин, А.П. Гражданская защита: учебник для курсантов и слушателей учреждений высшего образования по направлению образования «Защита от чрезвычайных ситуаций» / А.П. Еремин, А.Д. Булва. – Минск: РИВШ, 2013. – 419 с.
6. Обеспечение мероприятий и действий сил ликвидации чрезвычайных ситуаций: учебник в 3 ч.: часть 2. Инженерное обеспечение мероприятий и действий по ликвидации чрезвычайных ситуаций: в 3 кн. / Г.П. Саков, М.П. Цивилев, И.С. Поляков [и др.]; под. общ. ред. С.К. Шойгу. – М.: ЗАО «Папирус», 1998. – Книга 2. Оперативное прогнозирование инженерной обстановки в чрезвычайных ситуациях. – 166 с.
7. Гражданская оборона: учебник / под общ. ред. В.А. Пучкова. – Изд. 2-е переработанное. – М.: ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), 2017. – 414 с.
8. Гмурман, В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика / В.Е. Гмурман – 9-е изд., стер. – М.: Высш. шк., 2003. – 479 с.

**Возможный подход к определению объема аварийно-спасательных и других неотложных работ, возлагаемых на пожарную аварийно-спасательную службу гражданской обороны**

**A possible approach to determining the volume of emergency rescue and other urgent work assigned to the fire emergency and rescue service of civil defense**

*Хроколов Виталий Александрович*

Государственное учреждение образования «Университет гражданской защиты Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь», кафедра управления защитой от чрезвычайных ситуаций, старший преподаватель

Адрес: ул. Машиностроителей, 25,  
220118, г. Минск, Беларусь  
Email: xrvavit2604@gmail.com  
ORCID: 0000-0002-6577-4061

*Vitaliy A. Khrokolov*

State Educational Establishment «University of Civil Protection of the Ministry for Emergency Situations of the Republic of Belarus»,  
Chair of Emergency Management,  
Senior Lecturer

Address: Mashinostroiteley str., 25,  
220118, Minsk, Belarus  
Email: xrvavit2604@gmail.com  
ORCID: 0000-0002-6577-4061

## A POSSIBLE APPROACH TO DETERMINING THE VOLUME OF EMERGENCY RESCUE AND OTHER URGENT WORK ASSIGNED TO THE FIRE EMERGENCY AND RESCUE SERVICE OF CIVIL DEFENSE

**Khrokolov V.A.**

*Purpose.* Determining the scope of emergency rescue and other urgent work assigned to the fire rescue service of civil defense during emergency response.

*Methods.* General scientific research methods: analysis and synthesis, comparison and generalization; methods of mathematical statistics.

*Findings.* A possible approach is proposed to determine the volume of emergency rescue and other urgent work assigned to the fire rescue service of civil defense during the elimination of emergencies.

*Application field of research.* The results of the work can be used in planning civil defense activities.

*Keywords:* civil defense, fire rescue service of civil defense, emergency rescue and other urgent work, conventional means of destruction.

(The date of submitting: August 25, 2022)

### REFERENCES

1. Khrokolov V.A., Eremin A.P. Opredelenie avariyno-spasatel'nykh i drugikh neotlozhnykh rabot, vy-polnyaemykh pozharnoy avariyno-spasatel'noy sluzhboy grazhdanskoy oborony [Determining the types of rescue and other urgent work performed by the fire rescue service of civil defense]. *Journal of Civil Protection*, 2022. Vol. 6, No. 1. Pp. 95–102. (rus). DOI: 10.33408/2519-237X.2022.6-1.95. EDN: IBJTZN.
2. Kondrat'ev-Firsov V.M., Malyshev V.P., Turko S.I., Shevchenko A.V. Kompleksnaya metodika prognozirovaniya obstanovki, ob"emov avariyno-spasatel'nykh i drugikh neotlozhnykh rabot pri vozdeystvii na ob"ekty ekonomiki obychnymi sovremennymi sredstvami porazheniya [A comprehensive methodology for predicting the situation, the volume of emergency rescue and other urgent work when exposed to economic objects by conventional modern means of destruction]. *Strategiya grazhdanskoy zashchity: problemy i issledovaniya*, 2012. Vol. 2, No. 2 (3). Pp. 49–55. (rus). EDN: QAYCHP.
3. Bordak S.S. Metodicheskiy podkhod k prognozirovaniyu i otsenke obstanovki dlya podderzhki prinyatiya resheniy po organizatsii grazhdanskoy oborony v usloviyakh diversionno-terroristicheskogo vozdeystviya [Methodological approach to forecasting and evaluating the situation to support decision-making on the organization of civil defense under the conditions of sabotage-terrorist impact]. *Journal of Civil Protection*, 2021. Vol. 5, No. 1. Pp. 113–121. (rus). DOI: 10.33408/2519-237X.2021.5-1.113. EDN: HTZDHQ.
4. Vorob'ev Yu.L. Sovremennye voyny i grazhdanskaya oborona [Modern wars and civil defense]. *Strategiya grazhdanskoy zashchity: problemy i issledovaniya*, 2012. Vol. 2, No. 1 (2). Pp. 791–810. (rus). EDN: OWFYSL.
5. Eremin A.P., Bulva A.D. *Grazhdanskaya zashchita [Civil protection]*: textbook for cadets and students of higher education institutions in the direction of education «Protection from emergency situations». Minsk: RIVSh, 2013. 419 p. (rus)
6. *Obespechenie meropriyatiy i deystviy sil likvidatsii chrezvychaynykh situatsiy [Ensuring measures and actions of emergency response forces]*: textbook in 3 parts: part 2. Inzhenernoe obespechenie meropriyatiy i deystviy po likvidatsii chrezvychaynykh situatsiy [Engineering support of measures and actions to eliminate emergency situations]: in 3 books. Under the general editorship of S.K. Shoygu. Moscow: ZAO «Papirus», 1998. Book 2. Operativnoe prognozirovanie inzhenernoy obstanovki v chrezvychaynykh situatsiyakh [Operational forecasting of the engineering situation in emergency situations]. 166 p. (rus)
7. *Grazhdanskaya oborona [Civil defense]*: textbook. Under the general editorship of V.A. Puchkov. Moscow: VNII GOChS (FC), 2017. 414 p. (rus)
8. Gmurman V.E. *Teoriya veroyatnostey i matematicheskaya statistika [Probability theory and mathematical statistics]*. 9th ed. Moscow: Vysshaya shkola, 2003. 479 p. (rus)

## ПОЛОВОЗРАСТНЫЕ РАЗЛИЧИЯ В ПРЕДСТАВЛЕНИЯХ О ПСИХОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Голякова И.В., Карпиевич В.А.

*Цель.* Выявить особенности представлений о психологической безопасности у жителей Беларуси с учетом их половозрастных характеристик.

*Методы.* Для оценки представлений о психологической безопасности была использована анкета психологической безопасности, разработанная в лаборатории психологии посттравматического стресса Института психологии РАН Н.Е. Харламенковой с коллективом соавторов. Анкета включает 60 дескрипторов, которые чаще всего ассоциируются у людей с понятием безопасности. Для обработки данных использовались количественный и качественный методы.

*Результаты.* В статье проанализированы различия между мужчинами и женщинами, а также между возрастными группами 18–31 год и старше 31 года в их представлениях о психологической безопасности. Выявлено, что существуют различия в представлениях о психологической безопасности у мужчин и женщин. Также выявлена разница между представителями различных возрастных категорий. Показано, что в представлениях мужчин безопасность связана с контролем и опорой на себя, а в представлениях женщин – с поддержкой и помощью. Некоторые данные соответствуют результатам, полученным в зарубежных исследованиях. Новым являются полученные данные, что для взрослых мужчин здоровье стоит на первом месте, в то же время у женщин и молодых людей этот дескриптор находится на несколько рангов ниже.

*Область применения исследований.* Полученные результаты могут быть использованы специалистами при организации обучения населения правилам безопасности жизнедеятельности. Понимание того, что для конкретной половой или возрастной группы ассоциируется с безопасностью, поможет специалистам в области пропаганды и обучения населения, а также преподавателям основ безопасности жизнедеятельности лучше разработать и подготовить материалы для проведения занятий.

*Ключевые слова:* психологическая безопасность, дескрипторы, половые различия, возрастные различия.

(Поступила в редакцию 29 августа 2022 г.)

### Введение

Проблема психологической безопасности является одной из актуальных в наше время. Большое количество природных и техногенных катастроф наносит не только физический вред, но и психологический. Поэтому возникает важный вопрос, как помочь человеку, попавшему в экстремальную ситуацию. Но еще более важным является вопрос, как научить человека избегать чрезвычайных ситуаций (ЧС), в том числе самому не стать субъектом ЧС.

Российский исследователь Н.Е. Харламенкова считает, что «безопасность человека понимается как конструируемое субъектом пространство жизни, имеющее временные границы и наделенное смыслом, благодаря которому создаются ресурсы для сохранения целостности, стабильности и развития человека, принятия и осознания им на индивидуальном уровне проблемы жизни и смерти» [1, с. 32].

Для того чтобы понять, что для человека является безопасным пространством жизни, следует изучить его представления о безопасности. При этом стоит исходить из того, что в разных социальных группах могут быть свои особенности и отличия.

В частности, гендерные отличия в предпочтениях выбора ассоциаций с психологической безопасностью были исследованы в работах российских авторов [2, с. 58–59; 3, с. 33; 4, с. 111].

В ряде исследований было установлено, что женщины чувствуют себя в большей безопасности в присутствии других людей либо предпочитают полагаться в вопросах безопасности на внешние факторы [5–7]. Также указывается, что пол является фактором, который больше всего влияет на чувство безопасности [8].

Различное отношение к собственной безопасности у мужчин и женщин также подтверждается их пристрастиями к вредным привычкам, что рассматривалось в более ранних исследованиях [9, с. 74].

Возрастные различия в описании состояния безопасности были рассмотрены Н.Е. Харламенковой. Было установлено, что «возрастные различия в описании состояния безопасности проявились в разной степени значимости ориентации на позитивное окружение, а также в отношении к необходимости владеть информацией и иметь жизненный опыт» [10, с. 158].

Некоторые исследования показывают, что существуют различия в вопросах собственной безопасности у молодых людей, при этом жизненный опыт не всегда влияет на их отношение к собственной безопасности [8].

Цель исследования – выявить особенности представлений о психологической безопасности у жителей Беларуси с учетом их половозрастных характеристик.

### Основная часть

**Выборка и методы исследования.** Исследование проводилось на выборке мужчин и женщин (1140 человек в возрасте 18 лет и старше), проживающих во всех регионах республики. Из них: мужчины – 550 (48 %), женщины – 590 (52 %).

В данном исследовании мы не рассматриваем гендерные особенности опрашиваемых. Анализ полученных результатов был проведен исходя из указанного самими респондентами пола.

Исследование проводилось с соблюдением принципа анонимности, респонденты указывали только возраст, половую принадлежность и место проживания.

Данные для анализа сгруппированы по следующим социально-демографическим признакам:

– пол;

– возраст (выделены две группы: 18–31 год, старше 31 года. Такое деление обусловлено ст. 1 Закона Республики Беларусь «Об основах государственной молодежной политики»<sup>1</sup>).

При анализе полученных результатов респонденты, как уже говорилось выше, были разделены на 2 возрастные категории – молодежь (18–31 год) и взрослые (старше 31 года). Первая группа (молодежь) составила 604 (53 %) респондента, вторая (взрослые) – 536 (47 %).

Для оценки представлений о психологической безопасности была использована анкета психологической безопасности, разработанная в лаборатории психологии посттравматического стресса Института психологии РАН Н.Е. Харламенковой с коллективом соавторов. Анкета включает 60 дескрипторов, которые чаще всего ассоциируются у людей с понятием безопасности [10]. Респонденту необходимо оценить, насколько каждый из дескрипторов близок к его представлению о психологической безопасности (от +2 – абсолютно соответствует до –2 – совершенно не соответствует). По результатам опроса оценивается характер ассоциаций и их предпочтение.

Статистический анализ осуществлялся с помощью пакета SPSS. Для оценки различий между двумя независимыми выборками по уровню исследуемого признака использовался непараметрический U–критерий Манна – Уитни. Сравнивались дескрипторы, баллы по которым оказались выше медианы.

<sup>1</sup> Об основах государственной молодежной политики [Электронный ресурс]: Закон Респ. Беларусь, 7 декабря 2009 г. № 65-3 // Онлайн-сервис готовых правовых решений ilex. – Минск, 2022. – Режим доступа: <https://ilx-private.ilx.by> – Дата доступа: 20.08.2022.

**Результаты исследования и их обсуждение.** Для оценки предпочтений в выборе дескрипторов в сравниваемых группах был проведен подсчет суммы баллов по ответам +1 и +2 по каждому из 60 дескрипторов анкеты у всех респондентов группы, а затем были рассчитаны верхние квартили. Результаты представлены в таблицах, где показаны дескрипторы, набравшие наибольшие суммы. Порядковый номер указывает на большее (№ 1) или меньшее (№ 15) предпочтение дескриптора в группе значимых ассоциаций.

Первую пятерку рангов наиболее частотных ассоциаций на слово «безопасность» у мужчин занимают «контроль ситуации», «здоровье», «надежность», «уверенность в себе», «самосохранение» (табл. 1). Если сравнить с предпочтительными ассоциациями у женщин, то у мужчин не вошли «дом, жилье», «равновесие, стабильность», «надежный спутник, опора».

У женщин на первом месте оказались «мир в стране», «надежность», «здоровье», «контроль ситуации», «защита, защищенность». В категорию наиболее предпочитаемых ассоциаций у женщин, по сравнению с мужчинами, не вошли «жизненный опыт, опытность», «уверенность в окружении», «доверие» и «компетентность, ум».

**Таблица 1. – Предпочтения (ранги) в выборе дескрипторов у мужчин и женщин всех возрастов**

Дескрипторы	Ранги	
	М	Ж
Контроль ситуации	1	4
Здоровье	2	3
Надежность	3	2
Уверенность в себе	4	7
Самосохранение	5	6
Жизненный опыт, опытность	6	–
Уверенность в окружении	7	–
Мир в стране	8	1
Поддержка, помощь	9	8
Доверие	10	–
Порядок, соблюдение норм, правил	11	13
Владение информацией	12	12
Компетентность, ум	13	–
Защита, защищенность	14	5
Отсутствие угроз	15	10
Дом, жилье	–	11
Равновесие, стабильность	–	14
Надежный спутник, опора	–	15

*Примечание.* Здесь и далее цифры ранги предпочтения дескриптора в группе значимых ассоциаций: больший (1-й ранг) или меньший (15-й); знак «–» означает, что сумма баллов по данному дескриптору не превышает значения верхнего квартиля и этот дескриптор не входит в группу самых предпочитаемых ассоциаций.

Если сравнить результаты по мужской и женской выборке, то очевидно, что представления о психологической безопасности в обеих группах различаются (табл. 1). В Беларуси мужчины предпочитают рассчитывать на свои внутренние ресурсы, на свои способности. Немаловажное значение придают здоровью. Для мужчин безопасность ассоциируется с помощью и поддержкой окружающих, доверием другим и надежностью, имеет значение мир в стране, порядок, отсутствие угроз.

Безопасность для женщин в первую очередь связана с миром в стране, с домом, защищенностью. Здоровье также входит в первую пятерку предпочитаемых ассоциаций, хотя, если сравнивать с мужчинами, находится только на 3-й позиции. Следует отметить, что для женщин важным является защищенность, они не только хотят быть уверенными в себе, но видят поддержку в надежном спутнике. Окружение и жизненный опыт не относятся к предпочитаемым у женщин ассоциациям с понятием «безопасность».



В возрастной категории от 18 до 31 года в мужской выборке первую пятерку также занимают «контроль ситуации», «надежность», «уверенность в себе», «здоровье», «самосохранение» (табл. 2). Единственной разницей является то, что «здоровье» у молодых мужчин занимает не 2-й ранг, а 4-й. Если сравнить с предпочтительными ассоциациями у девушек, то у парней не вошли «дом, жилье», «равновесие, стабильность», «отсутствие угроз», «чувство комфорта» и «отсутствие тревоги, страха».

У девушек на первом месте оказались «защита, защищенность», «контроль ситуации», «мир в стране», «надежность» и «здоровье». Это не отличается от женской группы в общей выборке. В категорию наиболее предпочитаемых ассоциаций у девушек, по сравнению с парнями, не вошли «жизненный опыт, опытность», «надежные друзья, верность», «владение информацией», «компетентность, ум» и «свобода».

**Таблица 2. – Предпочтения (ранги) в выборе дескрипторов (18–31 год)**

Дескрипторы	Ранги	
	М	Ж
Контроль ситуации	1	2
Надежность	2	4
Уверенность в себе	3	6
Здоровье	4	5
Самосохранение	5	7
Поддержка, помощь	6	8
Уверенность в окружении	7	9
Доверие	8	14
Жизненный опыт, опытность	9	–
Мир в стране	10	3
Компетентность, ум	11	–
Надежные друзья, верность	12	–
Владение информацией	13	–
Защита, защищенность	14	1
Свобода	15	–
Отсутствие угроз	–	10
Равновесие, стабильность	–	15
Дом, жилье	–	12
Чувство комфорта	–	11
Отсутствие тревоги, страха	–	13

Если сравнить результаты по мужской и женской выборке от 18 до 31 года, то очевидно, что представления о психологической безопасности в обеих группах также отличаются друг от друга (табл. 2).

Молодые мужчины больше предпочитают надеяться на себя и контролировать ситуацию. Они считают, что безопасность может гарантировать окружение и надежные друзья, рассчитывают на поддержку. Для них важно доверие, защищенность и необходимость владеть информацией. Мир в стране также входит в ранг наиболее частотных ассоциаций на слово «безопасность». Следует отметить, что для молодежи мужского пола в список значимых рангов вошло и понятие «свобода», что, как мы дальше увидим из исследования, не вошло в группу предпочитаемых рангов ни у мужчин старшего возраста, ни у женской выборки обеих возрастных групп.

Безопасность для девушек в первую очередь связана с миром в стране, с домом, защищенностью. Здоровье также входит в первую пятерку предпочитаемых ассоциаций, при этом находится на один ранг ниже, чем у парней. Для девушек важным является чувство безопасности, которое они связывают с домом, окружающими, чувством комфорта, поддержкой. Они не хотят испытывать чувство страха и угрозы, т.е. им присуще стремление к стабильности. В то же время девушки не считают, что безопасность связана с необходимостью рассчитывать на себя и свои способности, на свой жизненный опыт, на друзей.

В возрастной категории старше 31 года в мужской выборке первую пятерку также занимают «здоровье», «контроль ситуации», «надежность», «уверенность в себе», «жизненный опыт, опытность» (табл. 3). Это практически не отличается от общей мужской выборки. Здесь можно отметить, что для мужчин старше 31 года понятие «безопасность» в первую очередь ассоциируется со здоровьем. Если сравнивать с женской выборкой этого возраста, то в ранги предпочтений у мужчин не вошли такие ассоциации, как «дом, жилье» и «надежный спутник, опора».

У женщин на первом месте оказались «мир в стране», «надежность», «здоровье», «контроль ситуации» и «самосохранение». В категорию наиболее предпочитаемых ассоциаций у женщин, по сравнению с мужчинами, не вошли «жизненный опыт, опытность» и «компетентность, ум».

**Таблица 3. – Предпочтения (ранги) в выборе дескрипторов (18–31 год)**

Дескрипторы	Ранги	
	М	Ж
Здоровье	1	3
Контроль ситуации	2	5
Надежность	3	2
Уверенность в себе	4	11
Жизненный опыт, опытность	5	–
Самосохранение	6	4
Мир в стране	7	1
Порядок, соблюдение норм, правил	8	13
Уверенность в окружении	9	7
Владение информацией	10	9
Отсутствие угроз	11	12
Защита, защищенность	12	6
Равновесие, стабильность	13	14
Компетентность, ум	14	–
Поддержка, помощь	15	8
Дом, жилье	–	10
Надежный спутник, опора	–	15

Если сравнить результаты по мужской и женской выборке старше 31 года, то очевидно, что представления о психологической безопасности в обеих группах приблизительно одинаковые (табл. 3). Существует только отличие в расстановке приоритетов. Взрослые мужчины стремятся контролировать ситуацию и быть уверенными в себе, что должно обеспечивать им безопасность. В целом они стремятся к самосохранению. Безопасность они видят в мире в стране, стабильности, соблюдении норм и порядка. В то же время мужчинам не свойственно такое представление о безопасности, как «мой дом – моя крепость».

У женщин безопасность в первую очередь ассоциируется с миром в стране, защищенностью, окружением. Для них в систему безопасности входит и дом. Здоровье имеет значение в понимании безопасности, но в сравнении с мужчинами оно не является самым приоритетным, а занимает лишь 3-ю позицию. Следует отметить, что для женщин важными являются поддержка и помощь. Женщины в меньшей степени хотят полагаться на себя, предпочитают поддержку в надежном спутнике.

Жизненный опыт и компетентность не относятся к предпочитаемым у женщин ассоциациям с понятием «безопасность».

Сравнивая ранги в выборе дескрипторов мужчинами двух возрастных групп, мы можем отметить, что первая пятерка наибольшего предпочтения в обеих группах практически одинакова: «здоровье», «контроль ситуации», «надежность», «уверенность в себе» (табл. 4). Разница заключается лишь в том, что взрослые мужчины предпочитают в вопросах безопасности опираться на жизненный опыт. Молодежь связывает безопасность скорее с самосохранением.

В ранги предпочтения взрослых мужчин по сравнению с молодежью не вошли «доверие», «надежные друзья, верность» и «свобода». В ранги предпочтения молодежи не вошли «порядок, соблюдение норм, правил», «отсутствие угроз» и «равновесие, стабильность».

**Таблица 4. – Предпочтения (ранги) в выборе дескрипторов мужчинами**

Дескрипторы	Ранги	
	старше 31	18–31
Здоровье	1	4
Контроль ситуации	2	1
Надежность	3	2
Уверенность в себе	4	3
Жизненный опыт, опытность	5	9
Самосохранение	6	5
Мир в стране	7	10
Порядок, соблюдение норм, правил	8	–
Уверенность в окружении	9	7
Владение информацией	10	13
Отсутствие угроз	11	–
Защита, защищенность	12	14
Равновесие, стабильность	13	–
Компетентность, ум	14	11
Поддержка, помощь	15	6
Доверие	–	8
Надежные друзья, верность	–	12
Свобода	–	15

Если сравнивать результаты двух выборок, то можно отметить, что молодежь меньше чем взрослые мужчины озабочена своим здоровьем. Кроме того, молодые парни более беспечны в плане любых угроз. Они не считают важным соблюдать общественные нормы и правила. Представители молодого поколения стремятся быть защищенными, но, в отличие от взрослых, надеются на друзей и склонны доверять. Считают, что свобода позволяет чувствовать себя в большей безопасности.

В целом же мужчины обеих групп предпочитают контролировать ситуацию, готовы в ситуациях возможной опасности полагаться на свой жизненный опыт и ум.

Сравнивая ранги в выборе дескрипторов женщинами двух возрастных групп, мы можем отметить, что первая пятерка наибольшего предпочтения в обеих группах также практически одинакова: «мир в стране», «надежность», «здоровье», «контроль ситуации» (табл. 5). Разница в том, что девушки на первое место ставят защиту и защищенность, а взрослые женщины – мир в стране. Вполне вероятно, что девушки понимают безопасность более широко, чем взрослые.

По сравнению с девушками в группу предпочитаемых дескрипторов у женщин не вошли такие, как «чувство комфорта», «отсутствие тревоги, страха» и «доверие». В группу предпочитаемых дескрипторов у девушек не вошли «владение информацией», «порядок, соблюдение норм, правил» и «надежный спутник, опора».

Как видно из табл. 5, безопасность для женщин обеих групп в первую очередь связана с внешними факторами (мир в стране, защищенность, уверенность в окружении, поддержка, отсутствие угроз и пр.). Здоровье также входит в первую пятерку предпочитаемых ассоциаций, но для представителей обеих возрастных категорий не является первостепенным фактором. Женщины старшего возраста видят безопасность в надежном спутнике. Соблюдение норм и правил, а также владение информацией помогают взрослым женщинам чувствовать себя безопасно.

Таблица 5. – Предпочтения (ранги) в выборе дескрипторов женщинами

Дескрипторы	Ранги	
	старше 31	18–31
Мир в стране	1	3
Надежность	2	4
Здоровье	3	5
Самосохранение	4	7
Контроль ситуации	5	2
Защита, защищенность	6	1
Уверенность в окружении	7	9
Поддержка, помощь	8	8
Владение информацией	9	–
Дом, жилье	10	12
Уверенность в себе	11	6
Отсутствие угроз	12	10
Порядок, соблюдение норм, правил	13	–
Равновесие, стабильность	14	15
Надежный спутник, опора	15	–
Чувство комфорта	–	11
Отсутствие тревоги, страха	–	13
Доверие	–	14

В отличие от взрослых женщин, девушки не связывают владение информацией и соблюдение норм и правил с понятием «безопасность». Они предпочитают больше полагаться на себя. Молодые женщины больше полагаются на защищенность и на контроль ситуации, более уверены в себе. Девушки также связывают безопасность с комфортом, отсутствием страха и доверием другим людям. Соблюдение правил и норм не входит в группу наиболее предпочитаемых ими ассоциаций.

Для того чтобы проверить статистическую значимость различий в выборке между всеми сравниваемыми группами, был применен критерий Манна – Уитни. Сравнивались дескрипторы, баллы по которым оказались выше медианы (табл. 6).

Таблица 5. – Предпочтения (ранги) в выборе дескрипторов женщинами

Группы сравнения	Среднее значение		U	P
	1-й группы	2-й группы		
Мужчины / женщины (табл. 1)	21,33	39,67	175,0	0,000
Мужчины / женщины до 31 г. (табл. 2)	21,92	39,08	192,5	0,000
Мужчины / женщины старше 31 г. (табл. 3)	20,8	40,2	159,0	0,000
Мужчины до 31 г. / старше 31 г. (табл. 4)	21,75	39,25	187,5	0,000
Женщины до 31 г. / старше 31 г. (табл. 5)	24,42	36,58	267,5	0,007

Результаты показали, что среднее значение дескрипторов статистически значимо различалось между всеми группами при уровне значимости  $p \leq 0,01$  (табл. 6). Исходя из полученных данных можно заключить, что во всех выборках существует статистическая значимость различия между сравниваемыми группами в определении дескрипторов безопасности. Это означает, что у мужчин и женщин как в целом, так и среди сравниваемых возрастных групп, существуют различия в представлениях о дескрипторах безопасности. То же самое наблюдается и при сравнении возрастных групп у мужчин и женщин.

### Заключение

Существуют значительные отличия в предпочтениях (рангах) при выборе дескрипторов психологической безопасности у мужчин и женщин как в целом, так и по возрастным группам. Белорусские мужчины предпочитают контролировать ситуацию и больше рассчитывать на себя. Женщины видят безопасность в поддержке и помощи. Для взрослых мужчин на первом месте стоит здоровье. В остальных группах этот дескриптор находится на

несколько рангов ниже. Полученные сведения в некоторой мере соответствуют аналогичным результатам российских исследователей.

Критерий Манна – Уитни показал, что во всех сравниваемых группах выборы предпочитаемых дескрипторов не связаны между собой, что свидетельствует о различиях как между гендерными группами, так и между возрастными. Это также соответствует аналогичным зарубежным результатам.

На основании полученных данных можно предложить следующие рекомендации.

При работе со взрослыми мужчинами стоит больше обращать внимание на их способность держать все под контролем, на приобретение тех навыков самоспасения, которые станут частью их жизненного опыта, помогут стать более уверенными в себе и в своих действиях. Также при работе с данной категорией населения стоит учитывать их ориентацию на сохранение собственного здоровья. Организуя работу с взрослыми женщинами, необходимо обращать внимание на то, что они больше нуждаются в поддержке и защите, меньше стремятся полагаться на себя. Им следует объяснять, как и где лучше и быстрее можно получить помощь при возникновении чрезвычайной ситуации. Жизненный опыт и компетентность не очень помогут им в трудной ситуации, т.к. они не относятся к предпочитаемым у женщин ассоциациям с понятием «безопасность».

Молодые мужчины больше предпочитают надеяться на себя и контролировать ситуацию. Они также считают, что безопасность может гарантировать окружение и надежные друзья, рассчитывают на поддержку. Для них важно доверие, защищенность, а также владение информацией. Мир в стране также входит в ранг наиболее частотных ассоциаций на слово «безопасность». Также следует отметить, что для молодежи мужского пола в список значимых рангов вошло и понятие «свобода», что не вошло в группу предпочитаемых рангов ни у мужчин старшего возраста, ни у женской выборки обеих возрастных групп.

Безопасность для девушек в первую очередь связана с миром в стране, домом, защищенностью. Здоровье также входит в первую пятерку предпочитаемых ассоциаций, при этом находится на один ранг ниже, чем у парней. Девушкам присуще стремление к стабильности. В то же время они не считают, что безопасность связана с необходимостью рассчитывать на себя и свои способности, на свой жизненный опыт, друзей.

Для девушек важным является чувство безопасности, которое они связывают с домом, окружающими, чувством комфорта, поддержкой. Они не хотят испытывать чувство страха и угрозы. Но девушки не связывают собственную безопасность с жизненным опытом, со своими способностями. Как и парни, девушки не ассоциируют безопасность с порядком, соблюдением норм и правил. Также они относятся и к информации.

Исходя из анализа предпочтений при выборе дескрипторов безопасности среди молодежи, важно обратить внимание на правильную организацию работы по пропаганде и обучению правилам безопасности жизнедеятельности. Акцентировать внимание необходимо на получение информации и соблюдение правил безопасности.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Харламенкова, Н.Е. Понятие психологической безопасности и его обоснование с разных научных позиций / Н.Е. Харламенкова // Психологический журнал. – 2019. – Т. 40, № 1. – С. 28–37. – DOI: 10.31857/S020595920002985-9. – EDN: YZRDBB.
2. Харламенкова, Н.Е. Половые и гендерные различия в представлениях о психологической безопасности / Н.Е. Харламенкова // Социальная психология и общество. – 2015. – Т. 6, № 2. – С. 51–60. – EDN: TYRPKT.
3. Куфтяк, Е.В. Возрастные и гендерные особенности жизнеспособности в юношеском возрасте / Е.В. Куфтяк // Вестник Костромского государственного университета. Серия: Педагогика. Психология. СоциокINETика. – 2017. – № 4. – С. 31–33. – EDN: YOSODZ.
4. Лактионова, А.И. Возрастные и гендерные различия жизнеспособности человека. Часть 2 / А.И. Лактионова // Институт психологии Российской академии наук. Организационная психология

- и психология труда. – 2022. – Т. 7, № 1. – С. 96–119. – DOI: 10.38098/ipran.opwp\_2022\_22\_1\_005. – EDN: YUNAYM.
5. Isenhardt, A. Inmate violence and correctional staff burnout: The role of sense of security, gender, and job characteristics / A. Isenhardt, U. Hostettler // *Journal of Interpersonal Violence*. – 2020. – Vol. 35, Iss. 1–2. – P. 173–207. – DOI: 10.1177/0886260516681156.
  6. Chowdhury, S. Examining women’s perception of safety during waiting times at public transport terminals / S. Chowdhury, B. van Wee // *Transport Policy*. – 2020. – Vol. 94. – P. 102–108. DOI: 10.1016/j.tranpol.2020.05.009.
  7. Ouali, L.A.B. Gender Differences in the Perception of Safety in Public Transport / L.A.B. Ouali, D.J. Graham, A. Barron, M. Trompet // *Journal of the Royal Statistical Society: Series A (Statistics in Society)*. – 2020. – Vol. 183, Iss. 3. – P. 737–769. DOI: 10.1111/rssa.12558.
  8. Ceccato, V. Young people’s victimization and safety perceptions along the trip / V. Ceccato, L. Langefors, P. Näsman // *Nordic Journal of Criminology*. – 2021. – Vol. 22, Iss. 1. – P. 106–125. DOI: 10.1080/2578983X.2021.1882744.
  9. Голякова, И.В. Гендерные аспекты безопасности жизнедеятельности / И.В. Голякова, В.А. Карпиевич, Е.Ю. Горошко // *Вестник Магілёўскага дзяржаўнага ўніверсітэта імя А.А. Куляшова. Серыя Д. Эканоміка, сацыялогія, права*. – 2021. – № 1 (57). – С. 70–77. – EDN: KVHDKB.
  10. Харламенкова Н.Е. Представление о психологической безопасности: возрастной и личностный компоненты / Н.Е. Харламенкова // *Современная личность: Психологические исследования* / Отв. ред. М.И. Воловикова, Н.Е. Харламенкова. – М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 2012. – С. 141–160. – EDN: RELDQD.

**Половозрастные различия в представлениях о психологической безопасности**  
**Gender and age differences in representations about psychological safety**

***Голякова Ирина Викторовна***

кандидат юридических наук, доцент  
Государственное учреждение образования  
«Университет гражданской защиты  
Министерства по чрезвычайным ситуациям  
Республики Беларусь», факультет безопасности  
жизнедеятельности, начальник факультета  
Адрес: ул. Машиностроителей, 25,  
220118, г. Минск, Беларусь  
Email: feniks\_irina@mail.ru  
ORCID: 0000-0001-9695-130X

***Irina V. Golyakova***

PhD in Juridical Sciences, Associate Professor  
State Educational Establishment «University  
of Civil Protection of the Ministry for Emergency  
Situations of the Republic of Belarus»,  
Faculty of Life Activity Safety,  
Head of Faculty  
Address: Mashinostroiteley str., 25,  
220118, Minsk, Belarus  
Email: feniks\_irina@mail.ru  
ORCID: 0000-0001-9695-130X

***Карпиевич Виктор Александрович***

кандидат исторических наук, доцент  
Белорусский государственный  
технологический университет,  
кафедра философии и права, доцент  
Адрес: ул. Свердлова, 13а,  
220006, г. Минск, Беларусь  
Email: karpievich68@yandex.by  
ORCID: 0000-0002-6198-618X

***Viktor A. Karpievich***

PhD in Historical Sciences, Associate Professor  
Belarusian State Technological University,  
Chair of Philosophy and Law,  
Associate Professor  
Address: Sverdlova str., 13a,  
220006, Minsk, Belarus  
Email: karpievich68@yandex.by  
ORCID: 0000-0002-6198-618X



## GENDER AND AGE DIFFERENCES IN REPRESENTATIONS ABOUT PSYCHOLOGICAL SAFETY

Golyakova I.V., Karpiyevich V.A.

*Purpose.* To reveal the peculiarities of ideas about psychological safety among the inhabitants of Belarus, taking into account their gender and age characteristics.

*Methods.* To assess ideas about psychological safety, the Questionnaire for Psychological Safety was used, developed in the laboratory of the psychology of post-traumatic stress of the Institute of Psychology of the Russian Academy of Sciences N.E. Kharlamenkova with a team of co-authors. The questionnaire includes 60 descriptors that people most often associate with the concept of security. Quantitative and qualitative methods were used for data processing.

*Findings.* The article analyzes the differences between men and women, as well as between the age groups of 18–31 years old and over 31 years old, in their representations about psychological safety. It was revealed that there are differences in the ideas of psychological safety in men and women. The difference between representatives of different age categories was also revealed. It is shown that in the views of men, safety is associated with control and self-reliance, and in the views of women - with support and assistance. Some data correspond to the results obtained in foreign studies. The novelty consists in the findings that for adult men, health is in the first place, while for women and young people this descriptor is several ranks lower.

*Application field of research.* The results obtained can be used by specialists in the field of teaching the population the rules of life safety. Understanding the representations associated with safety among particular gender or age group will help the educators on life safety to develop classroom materials more effectively.

*Keywords:* psychological safety, descriptors, gender differences, age differences.

(The date of submitting: August 29, 2022)

### REFERENCES

1. Kharlamenkova N.E. Ponyatie psikhologicheskoy bezopasnosti i ego obosnovanie s raznykh nauchnykh pozitsiy [The concept of psychological safety and its justification from different scientific perspectives]. *Psikhologicheskii zhurnal*, 2019. Vol. 40, No. 1. Pp. 28–37. (rus). DOI: 10.31857/S020595920002985-9. EDN: YZRDBB.
2. Kharlamenkova N.E. Polovye i gendernye razlichiya v predstavleniyakh o psikhologicheskoy bezopasnosti [Sex and gender differences in representations of psychological safety]. *Social psychology and society*. 2015. Vol. 6, No. 2. Pp. 51–60. (rus). EDN: TYRPKT.
3. Kuftyak, E.V. Vozrastnye i gendernye osobennosti zhiznesposobnosti v yunosheskom vozraste [Age and gender peculiarities of resilience in youth]. *Vestnik of Kostroma State University. Series: Pedagogy. Psychology. Sociokinetics*, 2017. No. 4. Pp. 31–33. (rus). EDN: YOSODZ.
4. Laktionova A. I. Vozrastnye i gendernye razlichiya zhiznesposobnosti cheloveka. Chast' 2 [Age and gender differences in human resilience. Part 2]. *Institut psikhologii Rossiyskoy akademii nauk. Organizatsionnaya psikhologiya i psikhologiya truda*. 2022. Vol. 7, No. 1. Pp. 96–119. (rus). DOI: 10.38098/ipran.opwp\_2022\_22\_1\_005. EDN: YUNAYM.
5. Isenhardt A., Hostettler U. Inmate violence and correctional staff burnout: The role of sense of security, gender, and job characteristics. *Journal of Interpersonal Violence*, 2020. Vol. 35, Iss. 1–2. Pp. 173–207. DOI: 10.1177/0886260516681156.
6. Chowdhury S., van Wee B. Examining women's perception of safety during waiting times at public transport terminals. *Transport Policy*, 2020. Vol. 94. Pp. 102–108. DOI: 10.1016/j.tranpol.2020.05.009.
7. Ouali L.A.B., Graham D.J., Barron A., Trompet M. Gender Differences in the Perception of Safety in Public Transport. *Journal of the Royal Statistical Society: Series A (Statistics in Society)*, 2020. Vol. 183, Iss. 3. Pp. 737–769. DOI: 10.1111/rssa.12558.
8. Ceccato V., Langefors L., Näsman P. Young people's victimization and safety perceptions along the trip. *Nordic Journal of Criminology*, 2021. Vol. 22, Iss. 1. Pp. 106–125. DOI: 10.1080/2578983X.2021.1882744

9. Golyakova I.V., Karpievich V.A., Goroshko E.Yu. Gendernye aspekty bezopasnosti zhiznedeyatel'nosti [Gender aspects of life safety]. *Vesnik Magileuskaga dzyarzhavnaga universiteta imya A.A. Kulyashova. Seryya D. Ekonomika, satsyialogiya, prava*, 2021. № 1 (57). Pp. 70–77. (rus). EDN: KVHDKB.
10. Kharlamenkova N.E. Predstavlenie o psikhologicheskoy bezopasnosti: vozrastnoy i lichnostnyy komponenty [The concept of psychological safety: age and personality components]. In: Volovikova M.I., Kharlamenkova N.E. (edit.) *Sovremennaya lichnost': Psikhologicheskie issledovaniya* [Modern Personality: Psychological Studies]. Moscow: Institute of Psychology of Russian Academy of Sciences, 2012. Pp. 141–160. (rus). EDN: RELDQD.

## ДИНАМИЧЕСКИЙ АВТОТРЕНАЖЕР УПРАВЛЕНИЯ ПОЖАРНЫМ АВАРИЙНО-СПАСАТЕЛЬНЫМ АВТОМОБИЛЕМ

Полевода И.И., Пасовец В.Н., Лахвич В.В., Денисенко Д.С.

*Цель.* Разработка и внедрение в образовательную деятельность отечественного динамического автотренажера управления пожарным аварийно-спасательным автомобилем, предназначенного для изучения и практической отработки методов и приемов управления пожарной автоцистерной и пожарной автолестницей при экстренном следовании к месту возникновения чрезвычайной ситуации по дорогам различных категорий при различных погодных условиях.

*Методы.* Теоретический анализ, моделирование, измерение.

*Результаты.* Представлен обзор существующих автотренажеров, предназначенных для подготовки водителей грузовых автомобилей. Описан разработанный динамический автотренажер управления пожарным аварийно-спасательным автомобилем, позволяющий готовить водителей 6-го разряда по управлению автомобилями МЧС Республики Беларусь.

*Область применения исследований.* Обучение водителей категории С, автоцистерн, автолестниц, пожарных аварийно-спасательных автомобилей.

*Ключевые слова:* пожарный аварийно-спасательный автомобиль, автоцистерна, динамический автотренажер, водитель, экстренное следование, место возникновения чрезвычайной ситуации.

(Поступила в редакцию 7 октября 2022 г.)

### Введение

В настоящее время достаточно востребованной профессией в органах и подразделениях по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь (далее – органы и подразделения по чрезвычайным ситуациям) является «водитель автомобиля». На должности водителей пожарных аварийно-спасательных автомобилей, оборудованных специальной световой и звуковой сигнализацией, дающей преимущество при движении на дорогах, назначаются работники, имеющие практический стаж управления механическими транспортными средствами соответствующей категории. Управление автоцистернами, заполненными жидкостями, требует не только высокой квалификации, но и значительного практического опыта вождения транспортных средств с изменяющимся центром тяжести. Водители, управляющие автоцистернами, в процессе работы сталкиваются с такими явлениями, как увеличение тормозного пути, неравномерный поворот, раскачивание на поворотах из-за смещения центра тяжести автомобиля.

От профессионализма водителя, правильности и точности его действий зависит как безопасность дорожного движения, так и оперативная ликвидация чрезвычайных ситуаций. На сегодня сложные дорожно-транспортные условия и плотная застройка населенных пунктов предъявляют все более высокие требования к подготовке водителей пожарных аварийно-спасательных автомобилей [1]. Допуск к управлению пожарными аварийно-спасательными автомобилями получают водители, прошедшие подготовку, стажировку и соответствующие испытания.

В процессе обучения водители пожарных аварийно-спасательных автомобилей должны изучить методы оперативного управления автоцистерной при экстренном следовании к месту возникновения чрезвычайной ситуации, а также получить опыт по управлению автотранспортным средством в различных дорожных ситуациях и погодных условиях, что связано со значительными материальными затратами. В настоящее время перспективным методом формирования навыков водителей специального автотранспорта является практи-

ческая отработка приемов и методов управления транспортным средством на автотренажерах, состоящих из рабочего места обучающегося и системы воспроизведения окружающей обстановки [2]. Необходимо отметить, что конструкции современных компьютерных тренажеров отличаются большим разнообразием: от простейших симуляторов вождения до сложных динамических комплексов, позволяющих отрабатывать на практике все методы и приемы управления транспортным средством [3–5]. Ниже представлены наиболее инновационные разработки в данной области.

На данный момент тренажером, наиболее приближенным к реальности и применяемым для обучения вождению грузового автомобиля, является динамический автотренажер «КамАЗ-D». Данный автотренажер получил наибольшее распространение на территории Российской Федерации и других стран СНГ. Автотренажер «КамАЗ-D» представляет собой полноценную кабину автомобиля КамАЗ, установленную на динамической платформе. Данный автотренажер позволяет выполнять такие учебные задания, как ознакомление с органами управления, контрольно-измерительными приборами, запуск двигателя, начало движения, движение с переключением передач в восходящем и нисходящем порядке, остановка в заданном месте, развороты, маневрирование в ограниченных проездах, вождение на автодроме, по равнинной и горной местности [6].

Также в Российской Федерации разработан и применяется автотренажер контраварийного вождения «КамАЗ-Мастер-07/МЧС», представляющий собой оригинальную кабину автомобиля КамАЗ, установленную на динамическую платформу с шестью степенями свободы. Автотренажер позволяет отрабатывать ряд приемов контраварийного и экстремального вождения на автомобиле повышенной проходимости, например маневрирование при экстренном торможении, выход из неуправляемого заноса и т.д. [7].

Таким образом, цель работы состояла в разработке и внедрении образовательную деятельность отечественного динамического автотренажера управления пожарным аварийно-спасательным автомобилем, предназначенного для изучения и практической отработки методов и приемов управления пожарной автоцистерной и пожарной автолестницей при экстренном следовании к месту возникновения чрезвычайной ситуации по дорогам различных категорий при различных погодных условиях.

### **Основная часть**

В Университете гражданской защиты разработан и внедрен в образовательный процесс динамический автотренажер управления пожарным аварийно-спасательным автомобилем. Динамический автотренажер представляет собой современный аппаратно-программный комплекс, предназначенный для изучения и практической отработки методов и приемов управления пожарной автоцистерной и пожарной автолестницей при экстренном следовании к месту возникновения чрезвычайной ситуации по дорогам различных категорий при различных погодных условиях, позволяющий повысить качество и эффективность обучения водителей безопасному управлению пожарной аварийно-спасательной техникой, а также совершенствовать и корректировать имеющиеся навыки управления автомобилем водителей, имеющих стаж вождения и принятых на службу в органы и подразделения по чрезвычайным ситуациям. Основным достоинством автотренажера является возможность безопасной подготовки водителей без расхода горюче-смазочных материалов и износа узлов, агрегатов и деталей автомобиля. Разработанный автотренажер представляет собой полноценную однорядную кабину грузового автомобиля МАЗ с функционирующими органами управления, установленную на динамическую платформу с шестью степенями свободы (рис. 1).

Повышение качества и эффективности обучения при использовании автотренажера по сравнению с классическими методами обучением с использованием учебных автомобилей достигается за счет многократной отработки практических навыков управления пожарным аварийно-спасательным автомобилем. При этом учет в образовательном процессе

запрограммированных в автотренажер специфических параметров автоцистерны, например, таких как разная наполненность цистерны водой, размеры и геометрическая форма, а также влияние различных погодных условий, времени суток, создание в реальном времени опасных дорожных ситуаций с помощью дистанционного пульта управления инструктора, имитирование поломки основных узлов и агрегатов автомобиля, влияющих на управление транспортным средством, позволяет в полном объеме отработать практические навыки вождения. Данный автотренажер позволяет отработать на практике упражнение «Выезд и следование к месту вызова», которое подразумевает использование сигнального громкоговорящего устройства. Отработка данного упражнения с использованием пожарных автомобилей затруднительна, т.к. моделирование дорожно-транспортной обстановки в процессе обучения проблематично.

Автотренажер обеспечивает отработку практических навыков управления пожарной автоцистерной в трех исполнениях: на шасси МАЗ-5337 с колесной формулой 4×2 с объемом перевозимой жидкости 5 м<sup>3</sup>; на шасси МАЗ-6317 с колесной формулой 6×6 с объемом перевозимой жидкости 10 м<sup>3</sup>, на шасси МАЗ-5434 с колесной формулой 4×4 с объемом перевозимой жидкости 5 м<sup>3</sup>, а также пожарной лестницей на шасси МАЗ-5340 с колесной формулой 4×2.



а – вид спереди



б – вид сзади

Рисунок 1. – Динамический автотренажер управления пожарной аварийно-спасательной техникой

В результате воздействия на обучающихся искусственных факторов, позволяющих максимально приблизить условия обучения к условиям работы водителя реального пожарного автомобиля на базе шасси МАЗ за счет демонстрации виртуального изображения местности и закабинного пространства на основе компьютерной генерации, поддержания уровня акустического шума и вибраций, соответствующих уровню шума работающих агрегатов машины в различных режимах, автотренажер обеспечивает эффект присутствия в кабине реального грузового автомобиля. Для придания реалистичности кабина автотренажера оборудована комбинацией приборов, педалями сцепления, тормоза, газа, рычагом переключения передач, краном управления стояночным тормозом, рулевым колесом с комбинированным переключателем, центральным переключателем света, креслом водителя с регулировками сидения и спинки кресла, ремнем безопасности, модулем управления специальным звуковым и световыми сигналами, органами управления включения пожарного насоса, стационарной системой радиосвязи, мониторами, размеры которых соответствуют размерам ветрового и боковых стекол (рис. 2). Указанные приборы и органы управления автомобилем соответствуют руководству по эксплуатации автомобилей МАЗ-5337, МАЗ-6317, МАЗ-5340.



а – вид с водительского места



б – вид с пассажирского места

**Рисунок 2. – Кабина динамического автотренажера управления пожарной аварийно-спасательной техникой**

Автотренажер в процессе работы имитирует пуск двигателя, прогрев его после пуска, остановку двигателя, контроль его работы, приемы трогания с места с различных позиций, в том числе на подъеме и спуске, переключения передач, руления, движения задним ходом, постановку автоцистерны на открытый водоисточник или гидрант с запуском пожарного насоса, изменение скорости движения в диапазоне скоростей реальной машины, движение по инерции, скатывание на подъемах и спусках, торможение с помощью тормозной системы, двигателя и комбинированным способом.



В процессе выполнения упражнений допускаемые обучающимися ошибки фиксируются с выводом информации на монитор инструктора (рис. 3). По окончании выполнения упражнения или группы упражнений автоматически выставляется итоговая оценка. При этом формируется база данных результатов выполнения упражнений обучающимся за весь период обучения.

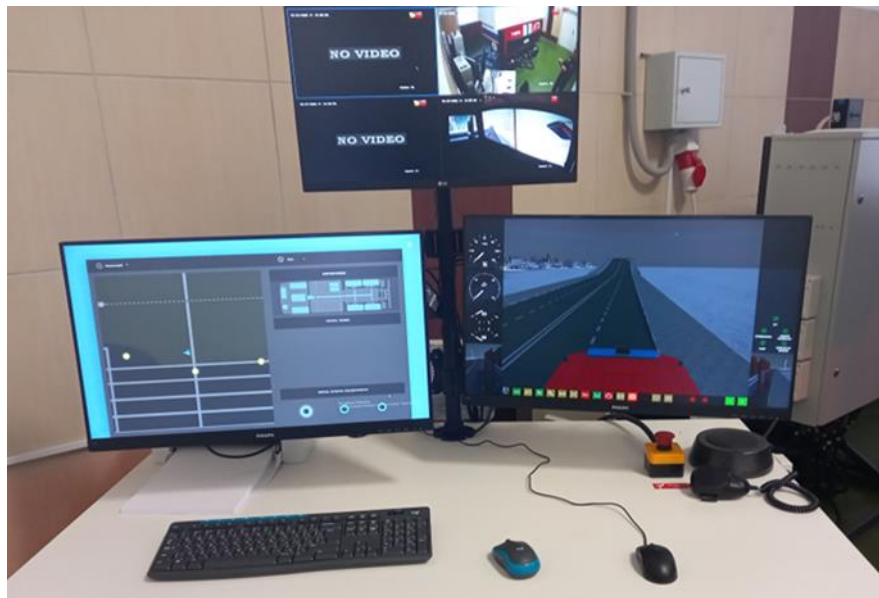


Рисунок 3. – Рабочее место инструктора

В процессе подготовки инструктору предоставлено право выбора упражнений и задание начальных условий выполнения, а также возможность изменения условий их выполнения.

Программное обеспечение автотренажера позволяет контролировать правила проезда перекрестков, использование указателей поворотов и световых приборов, перестроение во время движения автомобиля, превышение скоростного режима, невыполнение требований дорожных знаков и сигналов светофора, выезд на встречную полосу, нарушение правил обгона, остановки и стоянки автомобиля, пересечение дорожной разметки.

Также автотренажер позволяет выполнять комплекс упражнений по подготовке водителей транспортных средств категории С на автодроме. К данным упражнениям относятся начало движения (разгон), переключение передач, торможение (остановка), движение с различной скоростью, движение передним и задним ходом, движение по восьмерке, диагональная парковка, въезд в гараж, постановка в гараж (бокс) передним и задним ходом, габаритная змейка, движение на подъем (эстакаду), габаритный тоннель, габаритные ворота (арка), прямолинейный участок отработки приемов торможения, участок для отработки приемов управления в условиях скользкого покрытия, участок для разворота в ограниченном пространстве, асимметричная змейка, остановка у стоп-линии. С помощью автотренажера возможна подготовка обучающихся к сдаче экзамена в обучающей организации, а также в Государственной автомобильной инспекции Министерства внутренних дел Республики Беларусь на право управления транспортными средствами категории С.

Программное обеспечение автотренажера дает возможность вождения по произвольному маршруту. Данный режим не имеет начальных условий и пошагового контроля выполнения упражнений обучающимися. При этом автоматически контролируется соблюдение обучающимися правил дорожного движения. Фиксируются допущенные в ходе вождения нарушения.

Одной из важных особенностей разработанного автотренажера является реализованный в нем комплекс упражнений контраварийного вождения, который включает следующие элементы: экстренное торможение, сокращение остановочного пути, маневрирование при экстренном торможении, применение антиблокировочной системы, выход из неуправляемого заноса и сноса, маневрирование в критических ситуациях, силовое скольжение, сложные повороты, скоростное вождение, движение в условиях бездорожья, в том числе проселочной дороги, уклонов, скатов, брода, горной, болотистой и песчаной местности, движение на вызов в условиях города с разрешенным отступлением от правил дорожного движения, разворот на участке ограниченных размеров за одноразовое включение передачи заднего хода, заезд задним ходом в бокс, диагональная парковка в бокс, расположенный параллельно направлению движения, за одноразовое включение передачи заднего хода, движение с небольшой скоростью (до 10 км/ч), движение с изменением скорости (до 40 км/ч), движение с изменением направления, использование световых приборов в темное время суток, во время дождя, при тумане и снегопаде, при преднамеренной и вынужденной остановках, выполнение приемов управления при заносе, управление пожарным автомобилем на дорогах общего пользования вне населенного пункта и в населенном пункте, управление пожарным автомобилем при движении в условиях недостаточной видимости и при ограниченной видимости под воздействием внешних факторов (в темное время суток, во время тумана, сильного дождя, снега, слепящего солнца). Представленный автотренажер позволяет отработать указанный комплекс упражнений при обучении водителей как пожарных автоцистерн, так и пожарных автолестниц.

Для более детальной проработки упражнений контраварийного вождения в автотренажере реализована возможность создания в реальном времени опасных дорожных ситуаций с помощью дистанционного пульта управления. Инструктор имеет возможность запрограммировать отказ системы освещения, отказ рулевого управления, отказ тормозной системы, повышение температуры охлаждающей жидкости, неисправность генератора, падение давления масла в двигателе, прокол колеса, подрезание при перестроении, внезапное резкое торможение автомобильного трафика, опасный выезд на встречную полосу, переход пешехода в неполюженном месте.

Автотренажер позволяет осуществлять вождение на разных типах дорог, например с односторонним движением, двусторонним движением, а также на автомагистралях. Возможность комбинирования параметров задач позволяет задавать различный уровень сложности дорожной обстановки.

В настоящее время разработанный автотренажер используется в образовательном процессе по учебной программе производственного обучения для профессиональной подготовки рабочих по профессии 8332-001 «Водитель автомобиля». На автотренажере проводится практическая отработка навыков вождения пожарной аварийно-спасательной техники. В процессе обучения по данной учебной программе рассматриваются вопросы проезда мостов, эстакад, путепроводов, транспортных развязок, железнодорожных переездов, перекрестков, выезда и следования к месту вызова с созданием в реальном времени опасных дорожных ситуаций и имитированием поломки основных узлов и агрегатов автомобиля (отказ системы освещения, отказ рулевого управления, отказ тормозной системы, повышение температуры охлаждающей жидкости, неисправность генератора, падение давления масла в двигателе, прокол колеса), вождение по дорогам общего пользования, управления пожарным автомобилем при движении ночью с отработкой приемов управления при заносе и в стесненных условиях, имитирующих движение на дворовых территориях.

Также автотренажер задействован в образовательном процессе по учебной программе обучающих курсов «Управление пожарными автолестницами» для работников органов и подразделений по чрезвычайным ситуациям.



Перспективным направлением применения данного автотренажера является его использование при обучении водителей по программам «Водитель топливозаправщика» и «Перевозка опасных грузов».

### Заключение

Представлен разработанный отечественный динамический автотренажер управления пожарным аварийно-спасательным автомобилем, позволяющий в процессе подготовки водителей изучить методы и приемы управления автоцистернами на базе шасси МАЗ-5337, МАЗ-6317, МАЗ-5434 при экстренном следовании к месту возникновения чрезвычайной ситуации. Кроме этого, данный автотренажер позволяет изучить методы управления пожарной лестницей на шасси МАЗ-5340, а также расширить практические навыки водителей по управлению грузовым автомобилем при движении в условиях подвижного центра тяжести и влияния различных погодных условий.

Представленная в статье информация может быть полезна для дальнейшего развития науки и техники в области автотренажеров, а также совершенствования методики преподавания управления автотранспортными средствами.

Разработка динамического автотренажера управления пожарным аварийно-спасательным автомобилем осуществлялась в рамках задания 4 государственной научно-технической программы «Современные технологии предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций», номер госрегистрации 20212960.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Calvi, A. A driving simulator study of driver performance on deceleration lanes / A. Calvi, A. Benedetto, M.R. De Blasiis // *Accident Analysis and Prevention*, 2012. – Vol. 45. – P. 195–203. – DOI: 10.1016/j.aap.2011.06.010.
2. Roguski, Ja. Koncepcja symulatora do szkolenia kierowców pojazdów pożarniczych PSP w zakresie zadań realizowanych w ramach krajowego systemu ratowniczo-gaśniczego (KSRG) / Ja. Roguski [et al.] // *Bezpieczeństwo i Technika Pożarnicza*, 2012. – Vol. 28. – P. 71–81.
3. Zhang, Y. Developing a two-stage auditory warning system for safe driving and eco-driving at signalized intersections: A driving simulation study / Y. Zhang [et al.] // *Accident Analysis and Prevention*, 2022. – Vol. 175. – Article 106777. – DOI: 10.1016/j.aap.2022.106777.
4. Economou, A. Intraindividual variability in driving simulator parameters of healthy drivers of different ages / A. Economou [et al.] // *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 2021. – Vol. 78. – P. 91–102. – DOI: 10.1016/j.trf.2021.02.002.
5. Lyu, N. The effect of gender, occupation and experience on behavior while driving on a freeway deceleration lane based on field operational test data / N. Lyu [et al.] // *Accident Analysis and Prevention*, 2018. – Vol. 121. – P. 82–93. – DOI: 10.1016/j.aap.2018.07.034.
6. Автотренажер грузового автомобиля КАМАЗ на базе оригинальной кабины с действующей панелью приборов и штатными органами управления, на динамической платформе [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://markonltd.com.ua/index.php/dinamik-trenajer/dinamik-trenajerkamaz.html>. – Дата доступа: 01.03.2022.
7. Автотренажер контраварийного вождения «КамАЗ-Мастер-07/МЧС» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://zarnitza.ru/catalog/specializirovannaya-podgotovka/dlya-spetsializirovannyh-uchrezhdenij-mchs-i-uchebnye-tsentry/trenazherye-kompleksy-mchs/avtotrenazher-kontravarijnogo-vozhdenija-kamaz-master-mchs-07p-originalnaja-kabina-avtomobilja-kamaz-ustanovlennaja-na-shestistepennuju-dinamicheskiju-platformu>. – Дата доступа: 01.03.2022.

**Динамический автотренажер управления пожарным  
аварийно-спасательным автомобилем**

**Dynamic driving simulator of fire rescue vehicle**

***Полевода Иван Иванович***

кандидат технических наук, доцент  
Государственное учреждение образования  
«Университет гражданской защиты  
Министерства по чрезвычайным ситуациям  
Республики Беларусь»,  
начальник университета

Адрес: ул. Машиностроителей, 25,  
220118, г. Минск, Беларусь

Email: ip@ucp.by

ORCID: 0000-0003-2469-3553

***Ivan I. Palevoda***

PhD in Technical Sciences, Associate Professor  
State Educational Establishment «University  
of Civil Protection of the Ministry for Emergency  
Situations of the Republic of Belarus»,  
Head of University

Address: Mashinostroiteley str., 25,  
220118, Minsk, Belarus

Email: ip@ucp.by

ORCID: 0000-0003-2469-3553

***Пасовец Владимир Николаевич***

кандидат технических наук, доцент  
Государственное учреждение образования  
«Университет гражданской защиты  
Министерства по чрезвычайным ситуациям  
Республики Беларусь», факультет подготовки  
научных кадров, начальник факультета

Адрес: ул. Машиностроителей, 25,  
220118, г. Минск, Беларусь

Email: pasovets\_v@mail.ru

ORCID: 0000-0001-9451-9513

***Vladimir N. Pasovets***

PhD in Technical Sciences, Associate Professor  
State Educational Establishment «University  
of Civil Protection of the Ministry  
for Emergency Situations of the Republic  
of Belarus», Faculty of Postgraduate  
Scientific Education, Head of Faculty

Address: Mashinostroiteley str., 25,  
220118, Minsk, Belarus

Email: pasovets\_v@mail.ru

ORCID: 0000-0001-9451-9513

***Ляхвич Вячеслав Вячеславович***

кандидат технических наук, доцент  
Государственное учреждение образования  
«Университет гражданской защиты  
Министерства по чрезвычайным ситуациям  
Республики Беларусь», кафедра пожарной  
аварийно-спасательной техники,  
преподаватель

Адрес: ул. Машиностроителей, 25,  
220118, г. Минск, Беларусь

Email: slavaspec@rambler.ru

ORCID: 0000-0001-7601-305X

***Vyacheslav V. Lakhvich***

PhD in Technical Sciences, Associate Professor  
State Educational Establishment «University  
of Civil Protection of the Ministry for Emergency  
Situations of the Republic of Belarus»,  
Chair of Fire Rescue Equipment,  
Lecturer

Address: Mashinostroiteley str., 25,  
220118, Minsk, Belarus

Email: slavaspec@rambler.ru

ORCID: 0000-0001-7601-305X

***Денисенко Дмитрий Сергеевич***

Государственное учреждение образования  
«Университет гражданской защиты  
Министерства по чрезвычайным ситуациям  
Республики Беларусь», факультет подготовки  
руководящих кадров, магистрант

Адрес: пр-т Речицкий, 35А,  
246023, г. Гомель, Беларусь

Email: denisenko.dima11@yandex.by

ORCID: 0000-0002-7840-8888

***Dmitriy S. Denisenko***

State Educational Establishment «University  
of Civil Protection of the Ministry for Emergency  
Situations of the Republic of Belarus»,  
Administration Training Faculty,  
graduate student

Address: Rechitskiy ave., 35A,  
246023, Gomel, Belarus

Email: denisenko.dima11@yandex.by

ORCID: 0000-0002-7840-8888

## DYNAMIC DRIVING SIMULATOR OF FIRE RESCUE VEHICLE

**Palevoda I.I., Pasovets V.N., Lakhvich V.V., Denisenko D.S.**

*Purpose.* Development and implementation in educational activities of a domestic dynamic simulator for driving a fire rescue vehicle, designed to study and training the methods and techniques for driving a fire tank truck and a fire ladder truck in an emergency travelling to the place of emergency on roads of various categories under various weather conditions.

*Methods.* Theoretical analysis, modeling, measurement.

*Findings.* A review of existing auto simulators designed for training truck drivers is presented. The developed dynamic simulator for driving a fire rescue vehicle is described, which makes it possible to train drivers of the 6th category in driving vehicles of the Ministry of Emergency Situations of the Republic of Belarus.

*Application field of research.* Training of drivers of category C, tank trucks, ladder trucks, fire rescue vehicles.

*Keywords:* fire rescue vehicle, tank truck, dynamic simulator, driver, emergency travelling, place of emergency.

(The date of submitting: October 7, 2022)

### REFERENCES

1. Calvi A., Benedetto A., De Blasiis M.R. A driving simulator study of driver performance on deceleration lanes. *Accident Analysis and Prevention*, 2012. Vol. 45. Pp. 195–203. DOI: 10.1016/j.aap.2011.06.010.
2. Roguski Ja., Wantoch-Rekowski R., Koszela Ja., Majka A. [Concept of simulator for training fire truck drivers in the national fire-extinguishing system]. *Bezpieczenstwo i Technika Pozarnicza*, 2012. Vol. 28. Pp. 71–81. (pol)
3. Zhang Y., Li X., Yu Q., Yan X. Developing a two-stage auditory warning system for safe driving and eco-driving at signalized intersections: A driving simulation study. *Accident Analysis and Prevention*, 2022. Vol. 175. Article 106777. DOI: 10.1016/j.aap.2022.106777.
4. Economou A., Beratis I., Papadimitriou E., Yannis G., Papageorgiou S.G. Intraindividual variability in driving simulator parameters of healthy drivers of different ages. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 2021. Vol. 78. Pp. 91–102. DOI: 10.1016/j.trf.2021.02.002.
5. Lyu N., Cao Y., Wu Ch., Xu J., Xie L. The effect of gender, occupation and experience on behavior while driving on a freeway deceleration lane based on field operational test data. *Accident Analysis and Prevention*, 2018; Vol. 121. P. 82–93. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.aap.2018.07.034>.
6. *Avtotrenazher gruzovogo avtomobilya KAMAZ na baze original'noy kabiny, s deystvuyushchey panel'yu priborov i shtatnymi organami upravleniya, na dinamicheskoy platforme* [KAMAZ truck trainer based on the original cab with a functioning instrument panel and standard control on a dynamic platform], available at: <http://markonltd.com.ua/index.php/dinamik-trenajer/dinamik-trenajerkamaz.html> (accessed: May 1, 2022). (rus)
7. *Avtotrenazher kontravariynogo vozhdeniya «KamAZ-Master-07/MChS»* [The KAMAZ-Master-07/MChS auto-simulator for emergency driving], available at: <https://zarnitza.ru/catalog/specializirovannaya-podgotovka/dlya-spetsializirovannyh-uchrezhdenij-mchs-i-uchebnye-tseny/trenazhernye-kompleksy-mchs/avtotrenazher-kontravarijnogo-vozhdeniya-kamaz-master-mchs-07p-originalnaja-kabina-avtomobilja-kamaz-ustanovlennaja-na-shestistepennuju-dinamicheskuyu-platformu> (accessed: May 1, 2022). (rus)

## ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ МЧС РОССИИ В ОБЛАСТИ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

**Бурлаченко К.Г., Ефимов А.А., Кадиев Ш.К., Костенко О.Н.,  
Николаенко Е.В., Сафронов Н.А., Степанов Е.В., Чубуков М.А.**

*Цель.* Обзор и анализ основных результатов научно-технической деятельности сотрудников кафедры информационных технологий (в составе учебно-научного комплекса автоматизированных систем и информационных технологий) Академии Государственной противопожарной службы МЧС России.

*Методы.* Общая методология работы предусматривает использование теоретических методов исследования (обзор, описание, анализ).

*Результаты.* В работе проведен анализ основных результатов научно-технической деятельности МЧС России в области информационных технологий на примере достижений кафедры информационных технологий (в составе учебно-научного комплекса) автоматизированных систем и информационных технологий Академии Государственной противопожарной службы МЧС России. Описаны перспективные направления научно-технической деятельности МЧС России в области информационных технологий.

*Область применения исследований.* Результаты обзора и анализа достижений научно-технической деятельности МЧС России в области информационных технологий могут послужить базой для совершенствования и повышения эффективности деятельности, а также определения перспективных направлений развития информационных технологий для сопровождения всех профессиональных направлений деятельности в области пожарной безопасности и чрезвычайных ситуаций.

*Ключевые слова:* информационные технологии, системы, автоматизация, программирование, управление, моделирование, безопасность.

(Поступила в редакцию 15 июля 2022 г.)

### **Введение**

Информационные технологии (ИТ) являются наиболее важной составляющей процесса использования информационных ресурсов общества. К настоящему времени ИТ прошли несколько эволюционных этапов, смена которых определялась главным образом техническим прогрессом, появлением новых технологических средств поиска и переработки данных. Последний по времени этап, часто называемый новым, характеризуется изменением направленности ИТ с развития технических средств на создание стратегического преимущества в любой сфере деятельности.

Ключевыми факторами развития современных информационных технологий в области пожарной безопасности являются растущие потребности общества в информатизации, улучшение работы систем пожарной безопасности, модернизация и ускорение работы с кадровым составом и т.д. В этой области активно развивается кафедра информационных технологий (в составе учебно-научного комплекса) автоматизированных систем и информационных технологий Академии ГПС МЧС России.

Основные направления научно-технической деятельности кафедры:

1. Научное обоснование и разработка методологии проектирования автоматизированных систем пожаровзрывобезопасности потенциально опасных объектов.
2. Методология проектирования инфокоммуникационных систем оперативного управления при ЧС.

3. Методология проектирования автоматизированных информационных систем поддержки принятия управленческих решений в области предотвращения и ликвидации пожаров и ЧС.

Огромный вклад в развитие и становление кафедры, а также информационных технологий в области пожарной безопасности внесли такие деятели, как Н.Г. Топольский, С.Ю. Бутузов, Б.М. Пранов, А.М. Авдеев, И.М. Тетерин, В.В. Симаков, А.В. Матюшин, С.А. Качанов, Д.В. Тараканов и др.

### Основная часть

За период существования кафедры было проведено множество исследований, которые привели к описываемым результатам.

**1. Автоматизированные системы пожаровзрывобезопасности потенциально опасных объектов.** И.М. Тетерин, Н.Г. Топольский, А.А. Лукьянченко и А.В. Федоров разработали извещатель пожарный газовый ИП 435-3А «СЕНСИС» [1]. Целью данной разработки является автоматическое обнаружение угрозы возникновения пожара на ранних стадиях загорания, сопровождающихся появлением характерных для пожара газов, формирование электрического сигнала, а также передача сигнала тревожного сообщения «Пожар» приемно-контрольным приборам, операторам и охране. Помимо этого, ими была создана интегрированная автоматизированная система раннего обнаружения пожара и экологического мониторинга «КАССАНДРА», которая способствует раннему обнаружению аварий, пожаров и других опасных ситуаций по комплексу физических и химических параметров атмосферы контролируемого объема охраняемого объекта.

Н.Г. Топольский, В.В. Симаков и А.В. Мокшанцев создали контрольно-индикационный прибор для измерения толщины льда [2]. Индикационный модуль излучает короткие радиоимпульсы малой мощности и формирует радиоизображение (радарограмму) из отраженных сигналов. С их помощью можно определять толщину льда (или других сред) в радиусе 1–2 м вокруг прибора, если он расположен на высоте 0,3–1 м, без контакта с поверхностью. При использовании GPS/ГЛОНАСС-приемника трек с него записывается одновременно с сигналом о толщине льда и отображается в программе. Совместно с этим данные ученые создали мобильный радиолокационный комплекс поиска пострадавших под завалами. Основными задачами данного комплекса являются оперативный поиск людей за непрозрачными преградами – как движущихся, так и неподвижных; обнаружение людей в бессознательном состоянии по дыханию и сердцебиению; определение местонахождения людей, укрытых за стенами; определение расстояния до объекта (дальность действия – 20 м), а также раздельное обнаружение объектов, находящихся на расстоянии не менее полуметра.

В.И. Зыковым была разработана беспроводная система пожарной сигнализации и оповещения «СТРЕЛЕЦ-МОНИТОРИНГ», которая обеспечивает раннее обнаружение пожара с автоматической передачей сигнала тревоги по радиоканалу диспетчеру в центр ЕДДС города [3]. В настоящее время значительное количество объектов Москвы и Московской области оснащены системой радиоканального мониторинга пожарной безопасности «Стрелец-Мониторинг». Это позволило в автоматическом режиме (без участия персонала объекта) передавать сигналы тревоги в экстренную службу, тем самым значительно сократить время реагирования на сигнал тревоги.

А.В. Смирнов, Р.Ш. Хабибулин и Д.В. Тараканов создали программу для рационального распределения ресурсов в многоагентной системе управления пожарной безопасности на производственных объектах химической отрасли, которая предназначена для решения задач распределения ресурсов в сложных системах управления обеспечением пожарной безопасности [4]. Программа позволяет на основе количественной информации о предпочтительности задач обеспечения пожарной безопасности в сложных производственных системах произвести ранжирование вариантов распределения ресурсов.

Ежегодно кафедра разрабатывает программные продукты, на которые в последующем получают свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ. Примером таких работ могут служить: «Автоматизация результатов проверки государственного надзора МЧС России» (авторы: А.П. Сатин, Я.В. Маховский и др.); «Программный комплекс интеграции системы управления эвакуацией людей с АСУТП<sup>1</sup> на нефтегазовом объекте» (авторы: Н.Г. Топольский, Р.Ш. Хабибулин, Д.В. Шихалев и др.); «Модуль визуализации зон распределения потенциального риска на территории нефтегазовых объектов» (авторы: Р.Ш. Хабибулин, Д.В. Шихалев, С.В. Гудин); «Прогнозирование отказов средств вычислительной техники» (авторы: С.Ю. Бутузов, А.Ю. Любавский) и др.

На сегодня ученые и исследователи кафедры работают по многим направлениям развития и внедрения информационных технологий в области пожарной безопасности.

Еще одним направлением работы кафедры является создание моделей и алгоритмов поддержки принятия решений по организации эвакуации людей при пожарах в торгово-развлекательных центрах.

Здания торгово-развлекательных центров имеют большую степень потенциальной пожарной опасности, т.к. на небольшую площадь приходится значительное количество пожарной нагрузки, а также наблюдается массовое скопление людей. Пожары на таких объектах приводят к трагическим последствиям, сопровождающимся гибелью людей [5].

Результаты отечественных и зарубежных исследований в области эвакуации свидетельствуют о том, что поведение персонала – один из ключевых факторов, влияющих на безопасность людей при пожаре [6]. Однако анализ информации о крупных пожарах на таких объектах показал, что персонал торгово-развлекательных центров, отвечающий за организацию и управление эвакуацией, не всегда проходит обучение и имеет практические навыки действий при пожаре, что негативно влияет на рассматриваемый процесс. Рассмотрены отечественные и зарубежные научные работы, посвященные изучению процессов эвакуации людей из зданий. Определено, что в настоящее время вопрос поддержки принятия решений по организации эвакуации не рассматривался детально. Проведен анализ нормативных требований к организации оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре. Выявлено, что имеющиеся инструкции по действиям персонала направлены на уточнение порядка действий при возникновении пожара, а не на то, как и каким образом организовать процесс эвакуации [7].

Помимо этого, на кафедре активно ведется работа по планированию технического обслуживания системы противопожарной защиты. Исследования Н.А. Сафронова, А.А. Мурзина и А.В. Смирнова направлены на реализацию профилактических мероприятий по исключению отказов систем противопожарной защиты (СППЗ). В качестве решения предложена информационная система, включающая три основные функции: моделирование процедуры принятия решений для планирования мероприятий по обслуживанию СППЗ, адаптация теоретических результатов моделирования под фактическую структуру СППЗ предприятия и, как следствие, рациональное управление техническим обслуживанием СППЗ промышленных предприятий.

Принятие решений по планированию технического обслуживания системы противопожарной защиты предприятия должно основываться и проводиться с учетом периодичности выполнения мероприятий, установленной техническим регламентом, определенным законодательством.

План проведения технического обслуживания СППЗ, реализованной на предприятии, должен включать наименование мероприятий и процедур по техническому обслуживанию, а также действий по поддержке в состоянии работоспособности специального программного обеспечения.

---

<sup>1</sup> АСУТП – автоматизированная система управления технологическим процессом.

Таким образом, для каждого мероприятия по техническому обслуживанию должен быть установлен приоритет (важность) его выполнения, а последовательность выполнения мероприятий должна быть организована на основе следующего принципа: действовать от более предпочтительных мероприятий к менее предпочтительным.

Создаваемая система поддержки принятия решений для планирования обслуживания подсистем СППЗ позволит эффективно (радиально) предотвратить возникновение конфликтной ситуации, связанной с распределением времени, необходимого на выполнение всех предписанных мероприятий [8].

Для устойчивого социально-экономического развития страны и минимизации потерь от пожаров совершенствуется информационное обеспечение служб экстренного реагирования России. Для этого в соответствии с распоряжением Правительства Российской Федерации разработана концепция единого информационного пространства в части, касающейся оперативного управления пожарными подразделениями, которая реализуется в создании систем поддержки управления.

При прибытии пожарных формирований к месту пожара одной из главных задач является спасение пострадавших в случаях невозможности самостоятельной эвакуации. На объектах внедряются системы позиционирования персонала, позволяющие контролировать местонахождение рабочих на территории предприятия. Информация, получаемая от систем позиционирования, может существенно повысить эффективность поисковых работ [9–11]. Стоит отметить, что при развитии пожара различные коммуникации предприятия могут выйти из строя, включая систему позиционирования персонала. Как следствие, актуальность полученной информации от данных систем будет неоднозначна. В настоящее время методов, моделей и алгоритмов использования результатов мониторинга от систем позиционирования персонала при поиске пострадавших не разработано.

**2. Инфокоммуникационные системы оперативного управления при ЧС.** Значимым направлением научных исследований кафедры является разработка управленческих технологий и механизмов для кадрового обеспечения системы МЧС России, в том числе для оптимизации образовательного процесса, являющегося элементом управления в системе МЧС России. В разработках ученые кафедры используют принципы информационного обмена, в основе которых лежат соционические типы личности.

Определение соционических типов личности – это изучение процессов обмена информацией человека с окружающим и внутренним миром, а также между людьми как типами информационного метаболизма. Информационный метаболизм представляет собой процесс усвоения, обработки и передачи информации психикой человека и существует на стыке трех дисциплин: психологии, социологии и информатики.

В исследованиях С.Ю. Бутузова, Д.А. Бережного, Е.В. Николаенко, направленных на раскрытие вопроса о зависимости качества выполнения работы определенной направленности от психотипа личности, выявлено преимущественное преобладание определенных соционических типов личности среди сотрудников силовых структур, в частности в Государственной противопожарной службе МЧС России. В работах определены наиболее подходящие типы: логико-сенсорный экстраверт, логико-сенсорный интроверт и этико-сенсорный экстраверт [12; 13].

Методы соционики имеют широкое применение и эффективны в управлении крупными предприятиями в нефтегазовой промышленности, при формировании коллективов для работы с вынужденной длительной изоляцией или работе в экстремальных условиях. Соционические подходы активно используются в кадровом обеспечении силовых структур, например при определении общих склонностей личности к различным видам правоохранительной деятельности, а также в авиационной деятельности при формировании экипажей воздушных судов.

Такое широкое применение методов определения типов информационного обмена позволяет использовать их в качестве управленческой технологии кадровой политики МЧС

России. Изучение соционических типов личности курсантов образовательных организаций МЧС России и включение этой переменной в модель обеспечит оптимизацию образовательного процесса, в основе которой лежат механизмы по формированию функциональной, информационной и целенаправленной структуры коллектива.

Следует отметить, что комплектование личного состава структурных подразделений МЧС России для выполнения служебных задач компетентными и профессиональными сотрудниками является одной из важнейших задач системы МЧС России.

В настоящее время значительно возрастает нагрузка на кадровый аппарат в части сбора, хранения, учета, обработки, обобщения, анализа информации и личных данных сотрудников организации системы МЧС России, что затрудняет принятие верных управленческих решений, в частности расстановки личного состава на соответствующие должности.

Проблемой расстановки кадровых ресурсов в современных условиях, изменением профессиональных требований к сотрудникам, в том числе вызванных цифровизацией и цифровой трансформацией системы управления, изменением алгоритмов управления и проблемой нехватки фонда рабочего времени в условиях резкого возрастания информационных потоков занимается О.Н. Костенко.

Цифровая трансформация, сокращение рутинных операций и переход на выработку решений на основе использования больших данных – основные направления для повышения оперативности и качества принимаемых решений для эффективного выполнения задач для достижения национальных целей развития.

В связи с возрастанием потоков информации на различных уровнях управления для успешного функционирования подразделений федеральной противопожарной службы МЧС России требуется высокий уровень подготовки, а также необходимые знания и умения для выполнения все усложняющихся функциональных обязанностей.

**3. Автоматизированные информационные системы поддержки принятия управленческих решений в области предотвращения и ликвидации пожаров и ЧС.** Использование систем позиционирования в составе автоматизированных систем мониторинга, предупреждения и ликвидации пожаров позволяет получать оперативную информацию в условиях задымления, что выгодно отличает данный вид систем от систем наблюдения и визуализации.

Разработана схема реализации работы системы позиционирования в составе автоматизированных систем мониторинга, предупреждения и ликвидации пожаров (рис. 1).

Предлагается использование систем позиционирования в следующих функциональных подсистемах автоматизированной системы пожаровзрывобезопасности [11] по осуществлению мониторинга, предупреждения и ликвидации пожаров в зданиях (рис. 2).

В работе отражены следующие основные результаты по исследованию систем позиционирования в составе автоматизированных систем мониторинга, предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций и пожаров:

– предложены направления использования систем позиционирования персонала при поиске и спасении пострадавших;

– разработана схема реализации работы систем позиционирования в составе автоматизированных систем мониторинга, предупреждения и ликвидации пожаров.

Успешное прогнозирование и ликвидация чрезвычайных ситуаций (ЧС), расчет состава сил и средств (СИС), своевременная и качественная помощь пострадавшим при ЧС техногенного характера достигается за счет эффективной организации деятельности органов управления МЧС России.

Настоящий период характеризуется развитием глобальных проблем, потенциально приводящим к росту чрезвычайных ситуаций. К ним можно отнести глобальное изменение климата, постоянный рост масштабов техногенной сферы.



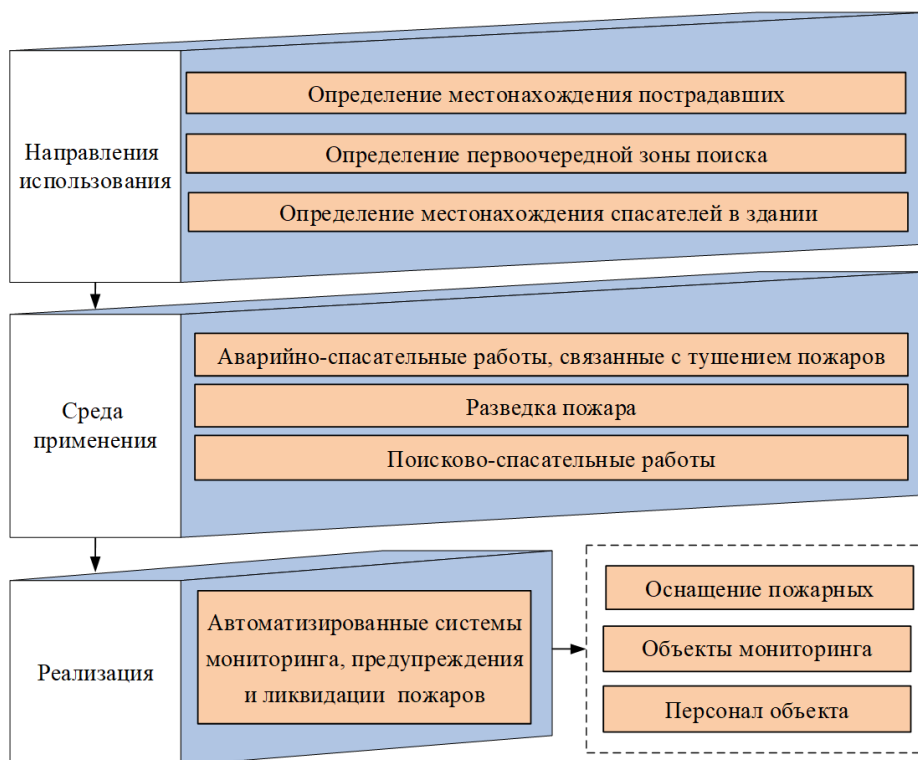


Рисунок 1. – Схема реализации работы систем позиционирования в составе автоматизированных систем мониторинга, предупреждения и ликвидации пожаров

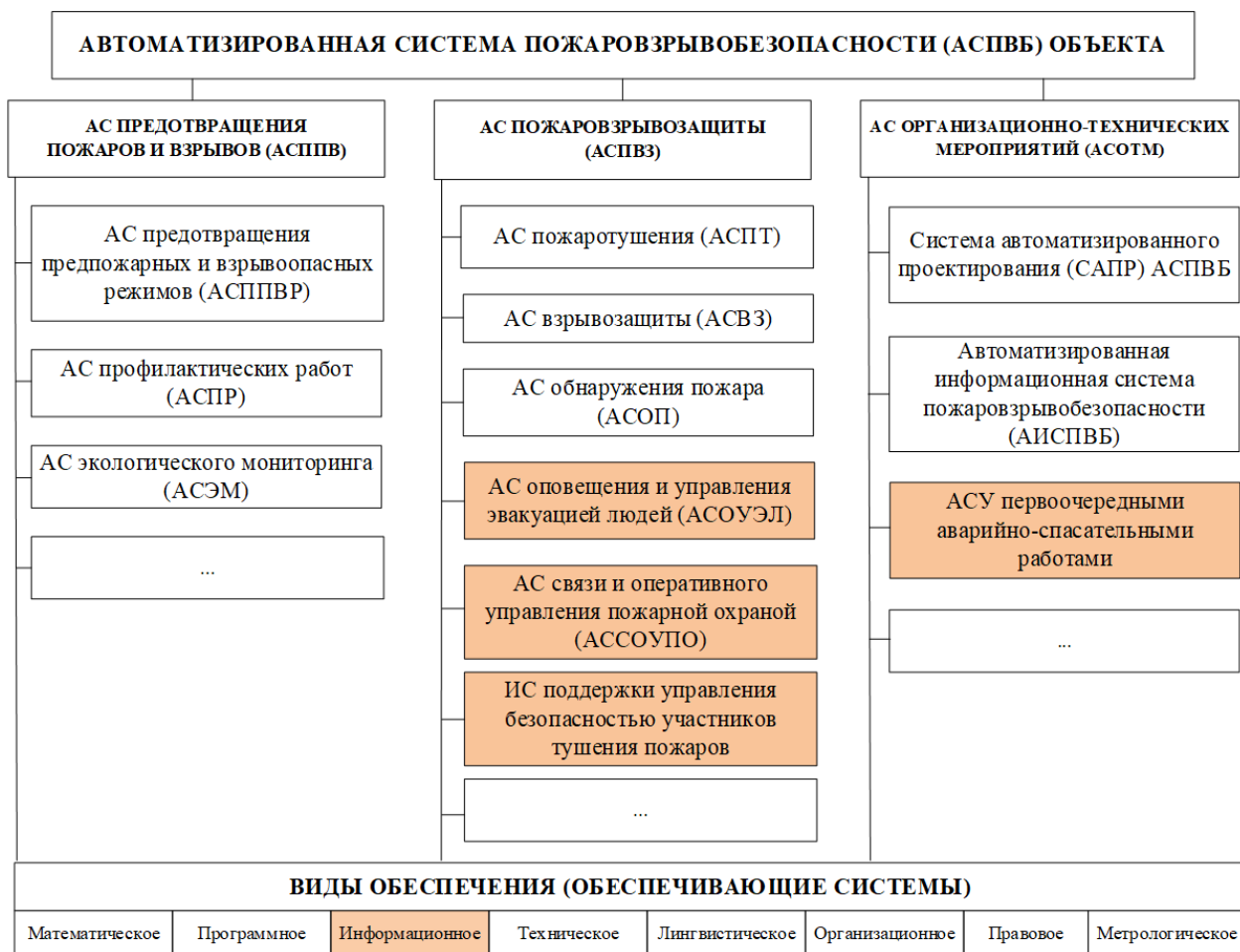


Рисунок 2. – Обобщенная структура автоматизированной системы пожаровзрывобезопасности (АСПВБ) объекта

Сейчас значительное внимание уделяется вопросам безопасности жизнедеятельности, техносферной безопасности, экологии, охране окружающей среды и в связи с этим – прогнозированию кризисных и чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера и их последствий.

Планирование и принятие адекватных и оперативных управленческих решений в области обеспечения безопасности, предупреждения и снижения последствий ЧС невозможны без решения задач классификации. Своевременное классифицирование чрезвычайной ситуации определит дальнейшее успешное прогнозирование ЧС, поможет оказать своевременную помощь пострадавшим, рассчитать количество необходимых сил и средств.

Для решения этих задач требуется комплексный подход, который включает разработку и анализ баз знаний по характеристикам чрезвычайных ситуаций, учет и внедрение экспертных данных по предотвращению чрезвычайных ситуаций, а также модели классификации на основе математических алгоритмов.

Актуальность темы исследования обусловлена необходимостью разработки методов и алгоритмов поддержки принятия управленческих решений по реагированию на ЧС, а также их реализации в виде компьютерных информационных систем, позволяющих снизить время принятия решений в условиях большого количества исходной информации за счет использования интеллектуальных технологий, экспертных данных и баз знаний.

Для определения задач предметной области был выбран способ построения диаграммы Исикавы (рис. 3) как способ определения причинно-следственных взаимосвязей между факторами и последствиями исследуемой области. Определены 6 факторов для построения диаграммы: человек, методика, управление, контроль, информационные технологии, внешняя среда.

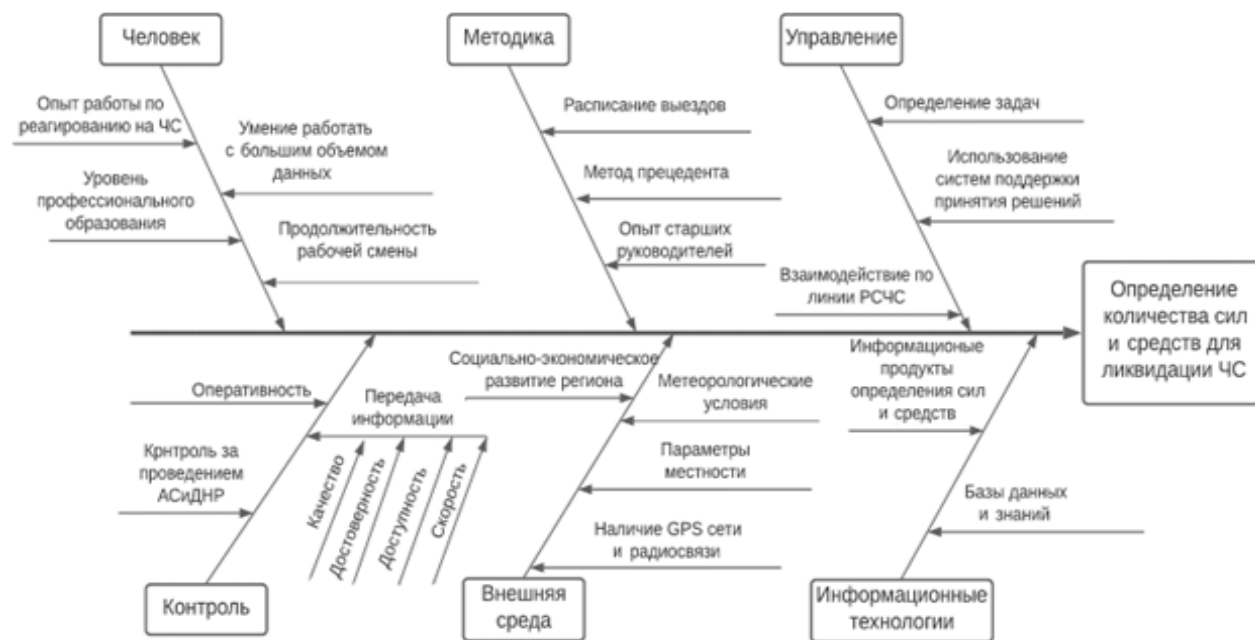


Рисунок 3. – Диаграмма Исикавы

В исследовании описаны два подхода к решению задачи:

1. Онтологический, который заключается в разработке онтологической модели (рис. 4) реагирования на ЧС техногенного характера. Создание алгоритма поиска прецедентов реагирования в онтологической базе знаний ЧС.

2. Применение методов машинного обучения. В данном случае обобщены информационные донесения по чрезвычайным ситуациям, случившимся за период с 2016 по 2021 г. в 15 субъектах России. Создана база данных ЧС, определена тестовая выборка, разработан алгоритм классификации ЧС с целью определения необходимого количества сил и средств.

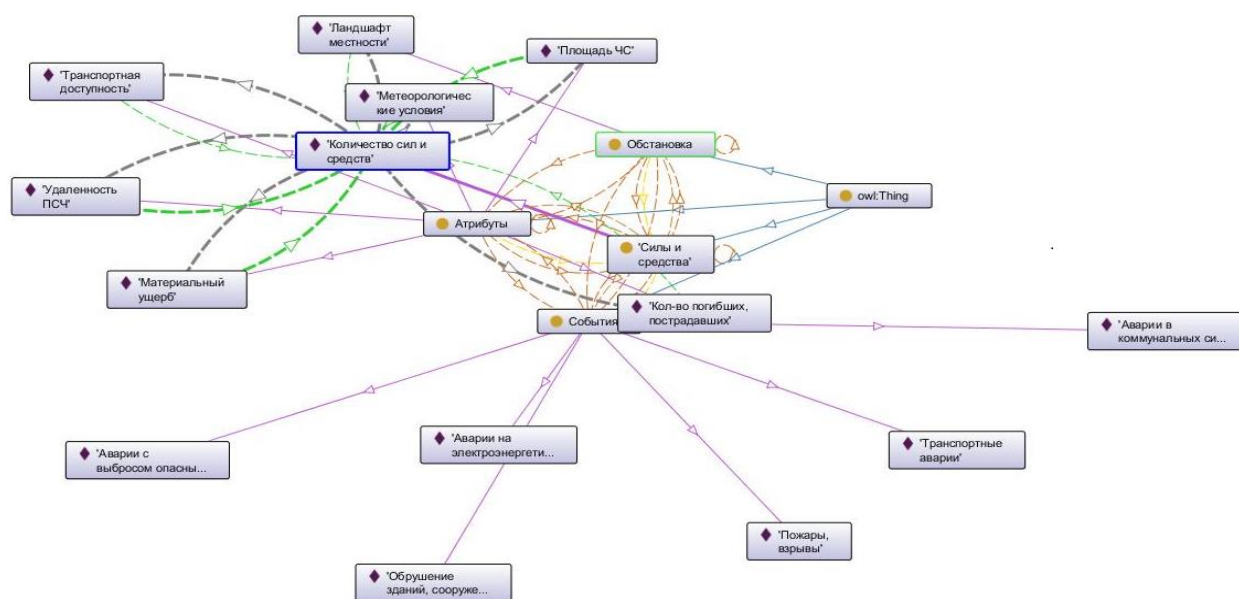


Рисунок 4. – Онтологическая модель реагирования на ЧС

Для работы по поиску прецедентов в онтологической среде используется метод ближайшего соседа. Данный метод относится к классу методов, работа которых основывается на хранении данных в памяти для сравнения с новыми элементами. При появлении новой записи для прогнозирования находятся отклонения между этой записью и подобными наборами данных, и наиболее подобная (или «ближний сосед») идентифицируется.

Алгоритм поиска прецедентов реагирования на чрезвычайные ситуации техногенного характера изображен на рисунке 5.

Таким образом, предложена концепция определения сил и средств для ликвидации чрезвычайных ситуаций техногенного характера. В рамках этой концепции определены критерии чрезвычайных ситуаций (на основе экспертного опроса), им присвоены коэффициенты, сформирована база прецедентов в виде онтологических моделей реагирования. Вместе с тем разработан алгоритм поиска прецедента реагирования на чрезвычайные ситуации техногенного характера [14–17].

Также на кафедре информационных технологий активно ведет работу в области государственного пожарного надзора К.Г. Бурлаченко. Она изучает возможности применения метода анализа иерархий для разработки систем поддержки принятия управленческих решений по обеспечению профилактики пожарной безопасности, а также возможности применения специальных компьютерных программ в качестве информационных подсистем поддержки принятия решений с библиотекой моделей, основанной на методе аналитической иерархии планирования рабочего времени инспекторского состава государственного пожарного надзора, а также рассматривает возможности применения специальных компьютерных программ, которые позволяют сократить время опроса экспертов. Это оптимизирует трудозатраты при планировании рабочего времени инспекторского состава государственного пожарного надзора, что позволяет увеличивать время на выполнение профилактических и других мероприятий и повысить их качество.

Совместно с сотрудниками кафедры исследователь изучает возможности применения специальных компьютерных программ в качестве информационных подсистем поддержки принятия решений с различными библиотеками моделей для планирования рабочего времени инспекторского состава государственного пожарного надзора. Дополнительно в рамках исследований рассматривался вопрос определения основных проблем планирования деятельности инженерно-инспекторского состава государственного пожарного надзора. Группой исследователей были разработаны компьютерные программы в среде BorlandDelphy 7, позволяющие менять критерии и альтернативы в зависимости от изменений

предпочтений исследуемого руководителя. Продолжаются исследования в области информатизации надзорной деятельности с целью оптимизации трудозатрат без изменения штатной численности [18; 19].

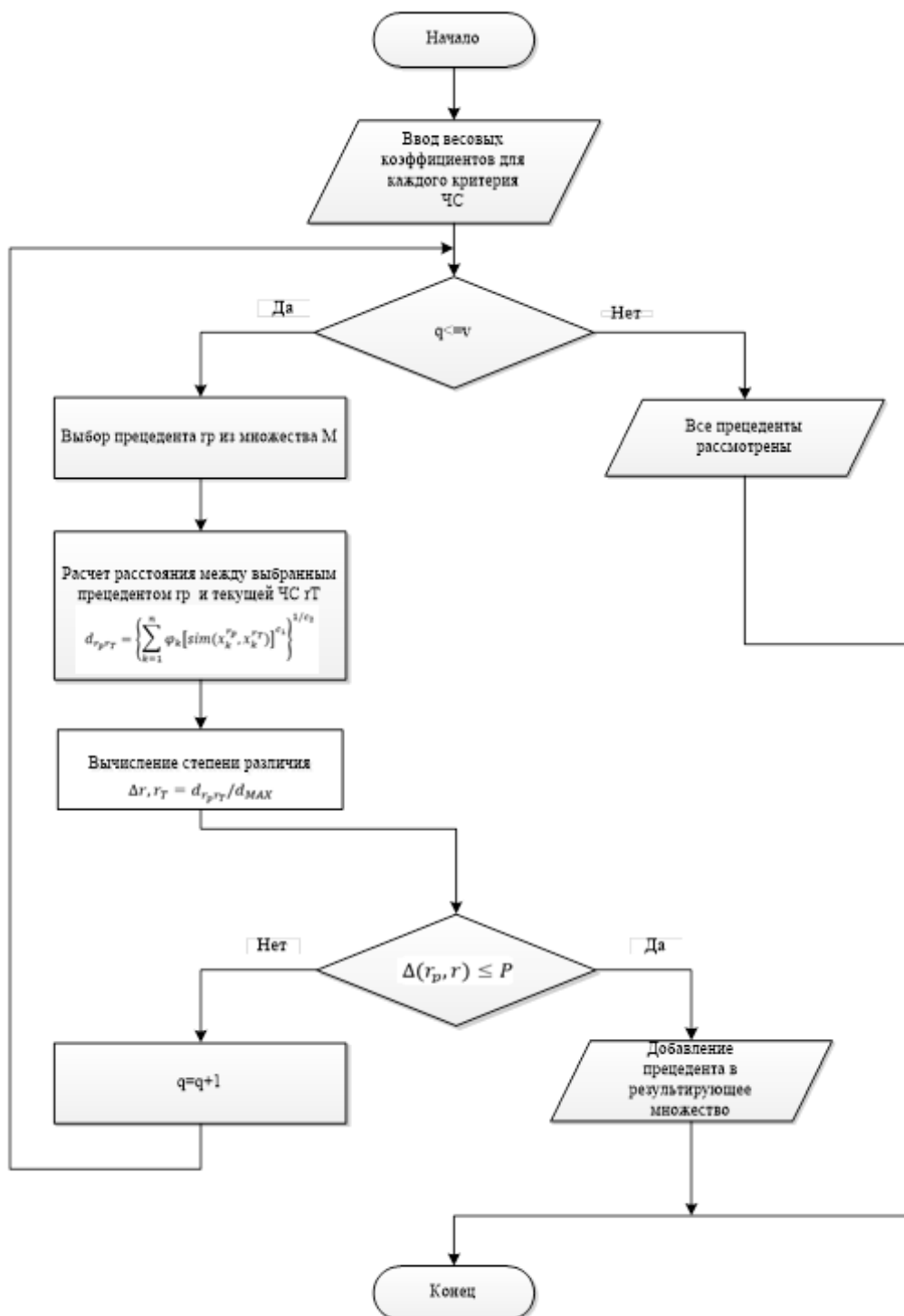


Рисунок 5. – Алгоритм поиска прецедентов из онтологической базы знаний ЧС

Для решения выявленных проблем на кафедре ведутся следующие работы:

1. Разработка модели и алгоритмов действий персонала при организации эвакуации людей, ее валидация и верификация.

2. Проведение компьютерного моделирования эвакуации при пожаре с учетом разработанной модели с целью оценки существующей модели принятия решений и подбор наиболее рациональных действий для организации эвакуации.

3. Разработка информационно-аналитической системы поддержки управления для организации процесса эвакуации, а также разработка специального программного обеспечения для подготовки персонала к действиям по организации такого процесса.

Рутинные операции с большим объемом информации нередко производят вручную, что создает большую нагрузку на сотрудников кадровых подразделений в условиях ограниченного фонда рабочего времени.

Возникает сложность с обработкой и анализом представленной информации о сотруднике, что затрудняет принятие верного решения по расстановке кадров. Необходимо создание программного продукта для удобного, более наглядного представления и сравнения кандидатов для оценки компетентности личного состава и последующего назначения на соответствующие должности.

Внедрение современных информационных технологий, специализированных программных продуктов позволит вести учет личного состава, сократить временные затраты на анализ и обработку большого объема информации, уменьшить вероятность ошибок при заполнении документов и отчетов. В целом это поможет кадровой службе стать более квалифицированной, технически оснащенной, постоянно совершенствующей свою деятельность, способной эффективно решать вопросы кадрового обеспечения деятельности МЧС России.

В настоящее время остается необходимость оптимизировать и автоматизировать работу по сбору, хранению, учету, обработке, обобщению и анализу информации и личных данных сотрудников для качественного и результативного распределения фонда рабочего времени сотрудников кадрового аппарата в целом и для комплектования личного состава структурных подразделений МЧС России профессиональными, компетентными сотрудниками в соответствии с их квалификацией и профессиональной подготовкой, а также совершенствовать систему автоматизированного управления кадровыми ресурсами для поддержки принятия управленческих решений при решении кадровых вопросов. Необходима разработка моделей и алгоритмов, применимых для процесса поддержки принятия управленческих решений кадровых вопросов в подразделениях системы МЧС России, что позволит работникам кадровых подразделений более результативно и качественно выполнять возложенные задачи [20].

Таким образом, актуальность исследования определяется необходимостью внедрения современных моделей и алгоритмов поддержки управления и создания программно-аппаратного комплекса при поиске пострадавших в зданиях с использованием систем позиционирования.

### **Заключение**

Ученые и исследователи кафедры работают по многим направлениям развития и внедрения информационных технологий в области пожарной безопасности. Результаты разработок и реализация содержания проектов инновационного развития кафедры позволяют повысить возможности и эффективность деятельности в области пожарной безопасности и чрезвычайных ситуаций.

Развитие различных информационных технологий в деятельности МЧС России ускоряется с каждым годом. То, что сегодня кажется новинкой, высшим достижением научно-технического прогресса, через некоторое время станет обыденным. Но линия развития современных технологий, в том числе в сфере обработки информации, уже намечена: компьютер будет выполнять все большее число трудоемких и энергозатратных операций, а человеку остается лишь контролировать процесс. Уже сейчас при аналитической работе и оперативном реагировании в МЧС используется передовое программное обеспечение, например, СЭД – система юридически значимого электронного документооборота МЧС России, Система-112 – система обеспечения вызова экстренных оперативных служб по единому номеру 112 на территории России.

На основе обзора и анализа основных результатов научно-технической деятельности сотрудников кафедры информационных технологий Академии ГПС МЧС России следует отметить, что с каждым годом исследователи все больше внимания уделяют перспективным направлениям научно-технической деятельности МЧС России в области информационных технологий. Приоритетным для ученых и исследователей является результат, позволяющий оптимизировать деятельность по управлению и принятию решения для ускорения принятия решения, что отвечает политике МЧС России для спасения человеческих жизней и предупреждения чрезвычайных ситуаций.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Тетерин, И.М. Извещатель пожарный газовый ИП 435-3А «Сенсис» / И.М. Тетерин [и др.] // Научно-технический каталог – 2013: Лучшие технические разработки ученых Академии ГПС МЧС России в области пожарной безопасности. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2013. – С. 50–51.
2. Симаков, В.В. Контрольно-индикационный прибор для определения толщины и структуры льда / В.В. Симаков, А.Д. Зеркаль, Г.М. Серегин // Системы и средства связи, телевидения и радиовещания. – 2012. – № 1–2. – С. 67–69. – EDN: PCAJKN.
3. Бутко, В.С. Беспроводной мониторинг обеспечения пожарной безопасности зданий и сооружений критически важных объектов / В.С. Бутко, В.И. Зыков // Пожары и чрезвычайные ситуации: предотвращение, ликвидация. – 2020. – № 2. – С. 6–15. – DOI: 10.25257/FE.2020.2.6-15. – EDN: DHJUDK.
4. Программа для рационального распределения ресурсов в многоагентной системе управления пожарной безопасности на производственных объектах химической отрасли: свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ RU 2018660019 / А.В. Смирнов, Р.Ш. Хабибуллин, Д.В. Тараканов. – Оубл. 15.08.2018.
5. Бахарев, В.Е. Пожары, произошедшие на объектах с массовым пребыванием людей в Российской Федерации за период с 2009 года по 2018 год / В.Е. Бахарев, В.С. Зальцман, Д.С. Фомин // World science: problems and innovations: сб. статей XXVIII Междунар. науч.-практ. конф., Пенза, 30 янв. 2019 г.: в 2 ч. – Пенза: МЦНС «Наука и Просвещение», 2019. – Ч. 1. – С. 85–88. – EDN: VTLJJD.
6. Ефимов, А.А. Влияние действий сотрудников службы безопасности на процесс эвакуации / А.А. Ефимов // Проблемы техносферной безопасности: материалы XI Междунар. науч.-практ. конф. молодых ученых и специалистов, Москва, 19 апр. 2022 г. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2022. – С. 123–127. – EDN: DLVGUW.
7. Ефимов, А.А. Методика опроса персонала торгово-развлекательных центров для формализации процесса принятия решений по организации и управлению эвакуацией / А.А. Ефимов, Д.В. Шихалев, Р.А. Григорян // Пожары и чрезвычайные ситуации: предотвращение, ликвидация. – 2021. – № 2. – С. 54–60. – DOI: 10.25257/FE.2021.2.54-60. – EDN: NIUFAX.
8. Мурзин, А.А. Исследование процедуры принятия решений по планированию технического обслуживания системы противопожарной защиты / А.А. Мурзин, Н.А. Сафронов, А.В. Смирнов // Современные проблемы гражданской защиты. – 2022. – № 2 (43). С. 43–49. – EDN: MDRLGN.
9. Степанов Е.В. Сравнительный анализ систем позиционирования персонала на потенциально опасных промышленных объектах // Системы безопасности: материалы 28-й Междунар. науч.-техн. конф., Москва, 28 нояб. 2019 г. – М.: Академия ГПС МЧС России. – С. 123–127. – EDN: VTLZAS.
10. Степанов, Е.В. Применение системы позиционирования персонала в автоматизированной системе поддержки принятия решения / Е.В. Степанов // Современные пожаробезопасные материалы и технологии: материалы III Междунар. науч.-практ. конф., Иваново, 11 декабря 2019 г. – ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России. – С. 534–538.
11. Топольский, Н.Г. Основы автоматизированных систем пожаровзрывобезопасности объектов / Н.Г. Топольский. – М.: Изд-во Моск. ин-та пожар. безопасности, 1997. – 164 с.
12. Абрамова, Н.Б. Распределение типов информационного метаболизма сотрудников противопожарной службы МЧС России / Н.Б. Абрамова, С.Ю. Бутузов, С.С. Долгополов // Менеджмент и кадры: психология управления, соционика и социология. – 2012 – № 11. – С. 5–12. – EDN: ZCQJIT.

13. Бережной, Д.А. Математическая цифровая модель оценки эффективности информационного метаболизма должностных лиц системы оповещения в чрезвычайной ситуации / Д.А. Бережной, С.Ю. Бутузов, Е.В. Николаенко // Технологии техносферной безопасности. – 2022. – Вып. 1 (95). – С. 131–140. – DOI: 10.25257/TTS.2022.1.95.131-140. – EDN: UIFMLI.
14. Кадиев, Ш.К. Анализ предметной области антикризисного управления при получении сигнала о чрезвычайной ситуации / Ш.К. Кадиев, Р.Ш. Хабибулин // Пожары и чрезвычайные ситуации: предотвращение, ликвидация. – 2021. – № 3. – С. 75–81. – DOI: 10.25257/FE.2021.3.75-81. – EDN: GNMXGC.
15. Кадиев, Ш.К. Обзор исследований в области классификации для машинного обучения при разработке интеллектуальных систем поддержки принятия управленческих решений / Ш.К. Кадиев, Р.Ш. Хабибулин, П.П. Годлевский, В.Л. Семиков // Технологии техносферной безопасности. – 2020. – Вып. 3 (89). – С. 20–29. – DOI: 10.25257/TTS.2020.3.89.20-29. – EDN: KEQTFM.
16. Кадиев, Ш.К. Применение методов машинного обучения для классификации чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера / Ш.К. Кадиев, Р.Ш. Хабибулин // Информатика: проблемы, методы, технологии: материалы XXI Междунар. науч.-практ. конф., Воронеж, Воронежский государственный университет, 10–12 фев. 2021 г. – Воронеж: ВЭЛБОРН, 2021. – С. 1402–1406.
17. Кадиев, Ш.К. Разработка систем поддержки принятия решений при ликвидации ЧС с помощью машинного обучения / Ш.К. Кадиев, Р.Ш. Хабибулин // Безопасность человека и общества: совершенствование системы реагирования и управления защитой от чрезвычайных ситуаций: материалы IV Междунар. заочной науч.-практ. конф., Минск, Университет гражданской защиты МЧС Беларуси, 30 нояб. 2020 г. – Минск: УГЗ, 2020. – С. 169–171.
18. Сатин, А.П. Некоторые особенности планирования профилактических мероприятий / А.П. Сатин, К.Г. Бурлаченко, С.В. Репин // Пожары и чрезвычайные ситуации: предотвращение, ликвидация. – 2022. – № 1. – С. 78–86. – DOI: 10.25257/FE.2022.1.78-86. – EDN: OVOPHC.
19. Сатин, А.П. Некоторые особенности устойчивого функционирования подразделения надзорной деятельности / А.П. Сатин, К.Г. Бурлаченко, С.В. Репин // Технологии техносферной безопасности. – 2021. – № 3 (93). – С. 42–60. – DOI: 10.25257/TTS.2021.3.93.42-60. – EDN: KEQTFM.
20. Костенко, О.Н. Некоторые особенности кадровой работы в системе МЧС России / О.Н. Костенко // Проблемы техносферной безопасности: материалы XI Междунар. науч.-практ. конф. молодых ученых и специалистов, Москва, 19 апр. 2022 г. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2022. – С. 283–286. – EDN: JZUSHD.

**Перспективные направления научно-технической деятельности МЧС России  
в области информационных технологий**

**Prospective directions of scientific and technical activities  
of the Ministry of Emergency Situations of Russia  
in the field of information technologies**

**Бурлаченко Ксения Григорьевна**

Академия Государственной противопожарной службы МЧС России, факультет подготовки научно-педагогических кадров, адъюнкт

Адрес: ул. Бориса Галушкина, 4,  
129366, г. Москва, Россия

Email: ksenia\_burlachenko@mail.ru

ORCID: 0000-0001-9913-8293

**Ksenia G. Burlachenko**

Academy of State Fire Service of EMERCOM of Russia, Faculty of Training of Scientific and Pedagogical Personnel, adjunct

Address: Borisa Galushkina str., 4,  
129366, Moscow, Russia

Email: ksenia\_burlachenko@mail.ru

ORCID: 0000-0001-9913-8293

**Ефимов Андрей Александрович**

Академия Государственной противопожарной службы МЧС России, факультет подготовки научно-педагогических кадров, адъюнкт

Адрес: ул. Бориса Галушкина, 4,  
129366, г. Москва, Россия

Email: supportsystem.01@rambler.ru

ORCID: 0000-0001-9882-4531

**Andrey A. Efimov**

Academy of State Fire Service of EMERCOM of Russia, Faculty of Training of Scientific and Pedagogical Personnel, adjunct

Address: Borisa Galushkina str., 4,  
129366, Moscow, Russia

Email: supportsystem.01@rambler.ru

ORCID: 0000-0001-9882-4531

**Кадиев Шамиль Кудрудинович**

Академия Государственной противопожарной службы МЧС России, факультет подготовки научно-педагогических кадров, адъюнкт

Адрес: ул. Бориса Галушкина, 4,  
129366, г. Москва, Россия

Email: kadiev\_s@inbox.ru

ORCID: 0000-0002-8009-2552

**Shamil K. Kadiev**

Academy of State Fire Service of EMERCOM of Russia, Faculty of Training of Scientific and Pedagogical Personnel, adjunct

Address: Borisa Galushkina str., 4,  
129366, Moscow, Russia

Email: kadiev\_s@inbox.ru

ORCID: 0000-0002-8009-2552

**Костенко Олеся Николаевна**

Академия Государственной противопожарной службы МЧС России, факультет подготовки научно-педагогических кадров, адъюнкт

Адрес: ул. Бориса Галушкина, 4,  
129366, г. Москва, Россия

Email: soul\_005@mail.ru

ORCID: 0000-0001-6626-9406

**Olesya N. Kostenko**

Academy of State Fire Service of EMERCOM of Russia, Faculty of Training of Scientific and Pedagogical Personnel, adjunct

Address: Borisa Galushkina str., 4,  
129366, Moscow, Russia

Email: soul\_005@mail.ru

ORCID: 0000-0001-6626-9406

**Николаенко Елизавета Владимировна**

Академия Государственной противопожарной службы МЧС России, факультет подготовки научно-педагогических кадров, адъюнкт

Адрес: ул. Бориса Галушкина, 4,  
129366, г. Москва, Россия

Email: asty86@mail.ru

ORCID: 0000-0003-2067-8639

**Elizaveta V. Nikolaenko**

Academy of State Fire Service of EMERCOM of Russia, Faculty of Training of Scientific and Pedagogical Personnel, adjunct

Address: Borisa Galushkina str., 4,  
129366, Moscow, Russia

Email: asty86@mail.ru

ORCID: 0000-0003-2067-8639



**Сафронов Николай Алексеевич**

Академия Государственной противопожарной службы МЧС России, факультет подготовки научно-педагогических кадров, адъюнкт

Адрес: ул. Бориса Галушкина, 4,  
129366, г. Москва, Россия

Email: nikolaysafronov98@yandex.ru

ORCID: 0000-0002-9204-5649

**Nikolay A. Safronov**

Academy of State Fire Service of EMERCOM of Russia, Faculty of Training of Scientific and Pedagogical Personnel, adjunct

Address: Borisa Galushkina str., 4,  
129366, Moscow, Russia

Email: nikolaysafronov98@yandex.ru

ORCID: 0000-0002-9204-5649

**Степанов Егор Владимирович**

Академия Государственной противопожарной службы МЧС России, факультет подготовки научно-педагогических кадров, адъюнкт

Адрес: ул. Бориса Галушкина, 4,  
129366, г. Москва, Россия

Email: stepanov9619@mail.ru

ORCID: 0000-0002-6185-4312

**Egor V. Stepanov**

Academy of State Fire Service of EMERCOM of Russia, Faculty of Training of Scientific and Pedagogical Personnel, adjunct

Address: Borisa Galushkina str., 4,  
129366, Moscow, Russia

Email: stepanov9619@mail.ru

ORCID: 0000-0002-6185-4312

**Чубуков Михаил Андреевич**

Академия Государственной противопожарной службы МЧС России, факультет подготовки научно-педагогических кадров, адъюнкт

Адрес: ул. Бориса Галушкина, 4,  
129366, г. Москва, Россия

Email: mixail-ch@bk.ru

ORCID: 0000-0002-5585-9619

**Mikhail A. Chubukov**

Academy of State Fire Service of EMERCOM of Russia, Faculty of Training of Scientific and Pedagogical Personnel, adjunct

Address: Borisa Galushkina str., 4,  
129366, Moscow, Russia

Email: mixail-ch@bk.ru

ORCID: 0000-0002-5585-9619

**PROSPECTIVE DIRECTIONS OF SCIENTIFIC AND TECHNICAL ACTIVITIES  
OF THE MINISTRY OF EMERGENCY SITUATIONS OF RUSSIA  
IN THE FIELD OF INFORMATION TECHNOLOGIES**

**Burlachenko K.G., Efimov A.A., Kadiev Sh.K., Kostenko O.N.,  
Nikolaenko E.V., Safronov N.A., Stepanov E.V., Chubukov M.A.**

*Purpose.* Review and analysis of the main results of scientific and technical activities of employees of the Department of Information Technology (as part of the educational and scientific complex of automated systems and information technology) of the State Fire Academy of EMERCOM of Russia.

*Methods.* The general methodology of the work involves the use of theoretical methods of research (review, description, analysis).

*Findings.* An analysis of the main results of scientific and technical activities of the Ministry of Emergency Situations of Russia in the field of information technologies on the example of the achievements of the Department of Information Technologies (as part of the training and research complex) of automated systems and information technologies of the State Fire Academy of EMERCOM of Russia was carried out. Prospective directions of scientific and technical activity of the Ministry of Emergency Situations of Russia in the field of information technologies are described.

*Application field of research.* The results of the review and analysis of advances in scientific and technical activities of the Ministry of Emergency Situations of Russia in the field of information technologies may serve as a basis for improving and increasing the efficiency of activities, as well as determine promising areas of information technology to support all professional areas of activity in the field of fire safety and emergencies.

*Keywords:* information technologies, systems, automation, programming, control, modeling, safety.

(The date of submitting: July 1, 2022)

**REFERENCES**

1. Teterin I.M. et al. Izveshchatel' pozharnyy gazovyy IP 435-3A «Sensis» [Gas fire detector IP 435-3A «Sensis»]. *Scientific and technical catalog – 2013: The best technical developments of scientists of the State Fire Academy of EMERCOM of Russia in the field of fire safety*. Moscow: State Fire Academy of EMERCOM of Russia, 2013. Pp. 50–51. (rus)
2. Simakov V.V., Zerkal' A.D., Seregin G.M. Kontrol'no-indikatsionnyy pribor dlya opredeleniya tolshchiny i struktury l'da [Control and indication device for determining the thickness and structure of ice]. *Sistemy i sredstva svyazi, televideniya i radioveshchaniya*, 2012. No. 1–2. Pp. 67–69. (rus). EDN: PCAJKN.
3. Butko V.S., Zykov V.I. Besprovodnoy monitoring obespecheniya pozharnoy bezopasnosti zdaniy i sooruzheniy kriticheski vazhnykh ob"ektov [Wireless monitoring of fire safety provision in buildings and constructions of critical facilities]. *Fires and emergencies: prevention, elimination*, 2020. No. 2. Pp. 6–15. (rus). DOI: 10.25257/FE.2020.2.6-15. EDN: DHJUDK.
4. Smirnov A.V., Khabibulin R.Sh., Tarakanov D.V. *Programma dlya ratsional'nogo raspredeleniya resursov v mnogoagentnoy sisteme upravleniya pozharnoy bezopasnosti na proizvodstvennykh ob"ektakh khimicheskoy otrasli* [Program for rational resource allocation in a multi-agent fire safety management system at chemical industry facilities]: certificate of state registration of the computer program RU 2018660019. Publ. 15.08.2018. (rus)
5. Bakharev V.E., Zal'tsman V.S., Fomin D.S. Pozhary, proizoshedshie na ob"ektakh s massovym prebyvaniem lyudey v Rossiyskoy Federatsii za period s 2009 goda po 2018 god [The fires occurred on objects with mass stay of people in the Russian Federation for the period from 2009 to 2018]. *Proc. XXVII Intern. scientific-practical. conf. «World science: problems and innovations»*, Penza, January 30, 2019. In 2 parts. Penza: Nauka i Prosveshchenie, 2019. Part 1. Pp. 85–88. (rus). EDN: VTLJJD.
6. Efimov A.A. Vliyanie deystviy sotrudnikov sluzhby bezopasnosti na protsess evakuatsii [The impact of the actions of security personnel on the evacuation process]. *Proc. XI Intern. scientific-practical. conf. of young scientists and specialists «Problems of technosphere safety»*, Moscow, April 19, 2022. Moscow: State Fire Academy of EMERCOM of Russia, 2022. Pp. 123–127. (rus). EDN: DLVGUW.

7. Efimov A.A., Shikhalev D.V., Grigoryan R.A. Metodika oprosa personala torгово-razvlekatel'nykh tsentrov dlya formalizatsii protsessa prinyatiya resheniy po organizatsii i upravleniyu evakuatsiyey [Survey procedure of shopping and entertainment centers staff for formalizing the decision-making process on the organization and evacuation management] *Fires and emergencies: prevention, elimination*, 2021. No. 2. Pp. 54–60. (rus). DOI: 10.25257/FE.2021.2.54-60. EDN: NIUFAX.
8. Murzin A.A., Safronov N.A., Smirnov A.V. Issledovanie protsedury prinyatiya resheniy po planirovaniyu tekhnicheskogo obsluzhivaniya sistemy protivopozharnoy zashchity [Study of the decision-making procedure for planning the maintenance of the fire protection system]. *Sovremennye problemy grazhdanskoj zashchity*, 2022. No. 2 (43). Pp. 43–49. (rus). EDN: MDRLGN.
9. Stepanov E.V. Sravnitel'nyy analiz sistem pozitsionirovaniya personala na potentsial'no opasnykh promyshlennykh ob"ektakh [Comparative analysis of personnel positioning systems at potentially hazardous industrial objects]. *Proc. 28th Intern. scientific-technical conf. «Safety systems»*, Moscow, November 28, 2022. Moscow: State Fire Academy of EMERCOM of Russia, 2019. Pp. 123–127. (rus). EDN: VTLZAS.
10. Stepanov E.V. Primenenie sistemy pozitsionirovaniya personala v avtomatizirovannoy sisteme podderzhki prinyatiya resheniya [Application of personnel positioning system in an automated decision support system]. *Proc. III Intern. scientific-practical conf. «Modern fireproof materials and technologies»*, Ivanovo, December 11, 2019. Ivanovo Fire Rescue Academy of the State Fire Service of EMERCOM of Russia. Pp. 534–538. (rus)
11. Topol'skiy N.G. Osnovy avtomatizirovannykh sistem pozharovzryvobezopasnosti ob"ektov [Fundamentals of automated systems of fire and explosion safety of objects]. Moscow Institute of Fire Safety of the Ministry of Internal Affairs of Russia, 1997. 164 p. (rus)
12. Abramova N.B., Butuzov S.Yu., Dolgoplov S.S. Raspredelenie tipov informatsionnogo metabolizma sotrudnikov protivopozharnoy sluzhby MChS Rossii [The investigation of distribution of types of information metabolism in the fire-fighting service]. *Management and Personnel: psychology of management, socionics and sociology*, 2012. No. 11. Pp. 5–12. (rus). EDN: ZCQJIT.
13. Berezhnoy D.A., Butuzov S.Yu., Nikolaenko E.V. Matematicheskaya tsifrovaya model' otsenki effektivnosti informatsionnogo metabolizma dolzhnostnykh lits sistemy opoveshcheniya v chrezvychaynoy situatsii [Mathematical digital model for evaluating the effectiveness of information metabolism of officials of the warning system in an emergency]. *Technology of technosphere safety*, 2022. Iss. 1 (95). Pp. 131–140. (rus). DOI: 10.25257/TTS.2022.1.95.131-140. EDN: UIFMLI.
14. Kadiev Sh.K., Khabibulin R.Sh. Analiz predmetnoy oblasti antikrizisnogo upravleniya pri poluchenii signala o chrezvychaynoy situatsii [Analysis of the subject area of crisis management on receiving a signal about an emergency]. *Fire and emergencies: prevention, elimination*, 2021. No. 3. Pp. 75–81. (rus). DOI: 10.25257/FE.2021.3.75-81. EDN: GNMXGC.
15. Kadiev Sh.K., Khabibulin R.Sh., Godlevskiy P.P., Semikov V.L. Obzor issledovaniy v oblasti klassifikatsii dlya mashinnogo obucheniya pri razrabotke intellektual'nykh sistem podderzhki prinyatiya upravlencheskikh resheniy [Review of classification studies for machine learning in the development of intelligent management decision support systems]. *Technology of technosphere safety*, 2020. Iss. 3 (89). Pp. 20–29. (rus). DOI: 10.25257/TTS.2020.3.89.20-29. – EDN: KEQTFM.
16. Kadiev Sh.K., Khabibulin R.Sh. Primenenie metodov mashinnogo obucheniya dlya klassifikatsii chrezvychaynykh situatsiy prirodnoy i tekhnogennoy kharaktera [Application of machine learning methods for natural and technogenic emergencies classification]. *Proc. XXI Intern. scientific-practical conf. «Informatics: problems, methods, technologies»*, Voronezh State University, February 10–12, 2021. Voronezh: VELBORN, 2021. Pp. 1402–1406. (rus)
17. Kadiev Sh.K., Khabibulin R.Sh. Razrabotka sistem podderzhki prinyatiya resheniy pri likvidatsii ChS s pomoshch'yu mashinnogo obucheniya [Development of decision-making support systems in emergency response with the help of machine learning]. *Proc. IV Intern. correspondence scientific-practical conf. «Bezopasnost' cheloveka i obshchestva: sovershenstvovanie sistemy reagirovaniya i upravleniya zashchitoy ot chrezvychaynykh situatsiy»*, Minsk, November 30, 2020. Minsk: University of Civil Protection, 2020. Pp. 169–171. (rus)
18. Satin A.P., Burlachenko K.G., Repin S.V. Nekotorye osobennosti planirovaniya profilakticheskikh meropriyatiy [Some features of planning preventive measures]. *Fires and emergencies: prevention, elimination*, 2022. No. 1. Pp. 78–86. (rus). DOI: 10.25257/FE.2022.1.78-86. EDN: JAKFTE.

- 
19. Satin A.P., Burlachenko K.G., Repin S.V. Nekotorye osobennosti ustoychivogo funktsionirovaniya podrazdeleniya nadzornoy deyatel'nosti [Some features of sustainable functioning of the supervision division]. *Technology of technosphere safety*, 2021. Iss. 3 (93). Pp. 42–60. (rus). DOI: 10.25257/FE.2022.1.78-86. – EDN: OVOPHC.
  20. Kostenko O.N. Nekotorye osobennosti kadrovoy raboty v sisteme MChS Rossii [Some features of personnel work in the system of EMERCOM of Russia]. *Proc. XI Intern. scientific-practical. conf. of young scientists and specialists «Problems of technosphere safety»*, Moscow, April 19, 2022. Moscow: State Fire Academy of EMERCOM of Russia, 2022. Pp. 283–286. (rus). EDN: JZUSHD.

**ПРАВИЛА ПРЕДОСТАВЛЕНИЯ  
статей для публикации в научном журнале  
«Вестник Университета гражданской защиты МЧС Беларуси»**

1. Направляемые в Вестник Университета гражданской защиты МЧС Беларуси статьи должны представлять результаты научных исследований и испытаний, описания технических устройств и программно-информационных продуктов, проблемные обзоры, краткие сообщения, комментарии к нормативным техническим документам, справочные материалы и т.п.

2. Объем научной статьи, учитываемой в качестве публикации по теме диссертации, должен составлять не менее 0,35 авторского листа (14 000 печатных знаков, включая пробелы между словами, знаки препинания, цифры и др.). В этот объем входят таблицы, фотографии, графики, рисунки и список литературы.

3. Статья предоставляется в двух экземплярах. Второй экземпляр статьи должен быть постранично пронумерован и подписан всеми авторами. К рукописи статьи прилагаются: а) рекомендация кафедры, научной лаборатории или учреждения образования; б) экспертное заключение о возможности опубликования статьи в открытой печати; в) подписанный лицензионный договор на право опубликования статьи (заключается с каждым автором отдельно и печатается с двух сторон на одном листе). Форма договора размещена на сайте журнала: <https://journals.ucp.by>.

4. Электронная версия статьи, подготовленная в текстовом редакторе Microsoft Word, предоставляется на стандартных носителях либо по электронной почте на адрес: [vestnik@ucp.by](mailto:vestnik@ucp.by). Рисунки прилагаются дополнительно как отдельные файлы графического формата.

5. Материал статьи излагается в следующем порядке:

1) информация об авторах (на отдельном листе): фамилия, имя, отчество – полностью, ученая степень, ученое звание, место работы (полное название, адрес с указанием индекса и страны), должность, рабочий телефон, email (обязательно), имеющиеся персональные идентификационные номера в наукометрических базах (при этом обязательным является указание SPIN-кода РИНЦ, идентификатора ORCID). Если авторов несколько, указывается корреспондент по вопросам содержания статьи;

2) номер УДК (универсальная десятичная классификация);

3) название статьи;

4) аннотация (не менее 200 и не более 300 слов) является основным источником информации о статье, может публиковаться самостоятельно в реферативных журналах и информационных системах в отрыве от основного текста и, следовательно, должна быть понятной без обращения к самой публикации. Аннотация должна раскрывать: *цель* (определяется круг рассматриваемых вопросов, обозначаются цель и задачи работы, объект и предмет исследования); *методы* (излагаются подходы, методы и технологии исследования); *результаты* (приводятся наиболее значимые теоретические положения, экспериментальные данные, подчеркивается их актуальность и новизна); *область применения исследований* (описываются возможности использования полученных результатов, отмечается их научно-практическая значимость);

5) ключевые слова и словосочетания статьи (не более 12 слов);

6) дата поступления статьи (месяц и год);

7) введение; основная часть статьи; заключение, завершаемое четко сформулированными выводами;

8) указание на источник финансирования (если статья подготовлена в рамках выполнения гранта научных исследований);

9) список цитированной литературы. Для каждого источника указывается (при наличии) его DOI. Эксперты международных наукометрических баз данных негативно воспринимают включение в список цитированной литературы источников локального характера (постановлений, законов, инструкций, неопубликованных отчетов, диссертаций, авторефератов и т.п.), электронных материалов и ресурсов сети Интернет. Поэтому ссылки на такие источники рекомендуем оформлять в виде постраничных сносок со сквозной нумерацией.

На отдельной странице на английском языке приводятся следующие сведения: информация об авторах; название статьи; аннотация, обязательно включающая следующие пункты: purpose, methods, findings, application field of research; ключевые слова и словосочетания; транслитерация на латинице и перевод на английский язык списка цитированной литературы.

Для русскоязычных источников в транслитерации на латинице приводятся фамилия, имя, отчество авторов, названия статей, журналов (если нет англоязычного названия), материалов конференций, издательств и на английском языке – названия публикаций и выходные сведения (город, том и номер издания, страницы). Для транслитерации на латиницу следует применять систему транслитерации BGN, при этом можно использовать интернет-ресурсы, например сайт: <http://translit.net>.

Основные требования к оформлению статей, предоставляемых в научный журнал, и пример оформления статьи размещены на сайте издания: <https://journals.ucp.by>.

6. Содержание разделов статьи, таблицы, рисунки, цитированная литература должны отвечать требованиям межгосударственного стандарта ГОСТ 7.1-2003 и Инструкции о порядке оформления квалификационной научной работы (диссертации) на соискание ученых степеней кандидата и доктора наук, автореферата и публикаций по теме диссертации, утвержденной постановлением ВАК Беларуси от 28 февраля 2014 г. № 3.

7. Редакция оставляет за собой право на изменения, не искажающие основного содержания статьи. Рукописи отклоненных статей авторам не возвращаются.

**ГОСУДАРСТВЕННОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ «УНИВЕРСИТЕТ ГРАЖДАНСКОЙ ЗАЩИТЫ  
МИНИСТЕРСТВА ПО ЧРЕЗВЫЧАЙНЫМ СИТУАЦИЯМ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ»**

**Факультет заочного обучения**

**Проводит:**

**Подготовку по специальностям:**

**1-94 01 01 «Предупреждение и ликвидация чрезвычайных ситуаций»** с присвоением квалификации «Инженер по предупреждению и ликвидации чрезвычайных ситуаций». Форма обучения – заочная. Полный срок обучения – 5 лет, сокращенный – 3 года.

По окончании обучения выдается диплом о высшем образовании государственного образца.

**Факультет безопасности жизнедеятельности**

**Проводит:**

**Переподготовку лиц с высшим образованием по специальностям:**

**1-94 02 72 «Инжиниринг безопасности объектов строительства»** с присвоением квалификации «Инженер по безопасности». Срок обучения – 18 месяцев. Форма обучения – заочная (три сессии).

**1-94 02 71 «Промышленная безопасность»** с присвоением квалификации «Инженер по промышленной безопасности». Срок обучения – 18 месяцев. Форма обучения – заочная (три сессии).

По окончании обучения выдается диплом государственного образца о переподготовке на уровне высшего образования.

**Повышение квалификации для руководящих работников и специалистов, имеющих высшее или среднее специальное образование, по образовательным программам:**

- «Экспертная деятельность» (дистанционная форма обучения);
- «Пожарная безопасность. Предупреждение чрезвычайных ситуаций. Инженерно-технические мероприятия гражданской обороны» (очная/дистанционная форма обучения);
- «Монтаж, наладка и техническое обслуживание систем пожарной автоматики и противодымной защиты» (очная/дистанционная форма обучения);
- «Техническое обслуживание систем пожарной автоматики» (очная форма обучения);
- «Проектирование систем пожарной автоматики и противодымной защиты» (очная/дистанционная форма обучения);
- «Лица, осуществляющие капитальный ремонт (перезарядку) огнетушителей, торговлю средствами противопожарной защиты» (очная/дистанционная форма обучения);
- «Выполнение работ с применением огнезащитных составов (инженерно-технические работники)» (очная/дистанционная форма обучения);
- «Обеспечение пожарной безопасности на объектах Республики Беларусь» (очная/дистанционная форма обучения);
- «Обеспечение пожарной безопасности на объектах с массовым пребыванием людей» (очная/дистанционная форма обучения);
- «Промышленная безопасность» (дистанционная форма обучения);
- «Организация и обеспечение промышленной безопасности предприятий химической промышленности, хранения и переработки зерна, аммиачных и хлораторных установок» (дистанционная форма обучения);
- «Организация и обеспечение промышленной безопасности при обращении пиротехнических изделий» (дистанционная форма обучения);
- «Безопасность горных работ» (дистанционная форма обучения);
- «Радиационная безопасность» (при использовании источников ионизирующего излучения в медицинских целях) (очная/дистанционная форма обучения);
- «Радиационная безопасность» (при использовании источников ионизирующего излучения, в целях отличных от медицинских) (очная/дистанционная форма обучения);
- «Основы обеспечения ядерной и радиационной безопасности» (для лиц, участвующих в обеспечении ядерной и радиационной безопасности при эксплуатации объектов использования атомной энергии) (очная/дистанционная форма обучения);
- «Категорирование помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности» (очная форма обучения);
- «Охрана труда» (очная/дистанционная форма обучения);
- «Противодействие коррупции» (очная/дистанционная форма обучения);
- «Защита от чрезвычайных ситуаций» (очная/дистанционная форма обучения).

**Обучающие курсы для лиц, имеющих профессионально-техническое и общее среднее образование, по образовательным программам:**

- «Монтаж, наладка и техническое обслуживание систем пожарной автоматики и противодымной защиты» (очная/дистанционная форма обучения);
- «Техническое обслуживание систем пожарной автоматики» (очная форма обучения);
- «Выполнение работ с применением огнезащитных составов (исполнители работ)» (очная/дистанционная форма обучения);
- «Защита от чрезвычайных ситуаций» (дистанционная форма обучения);
- «Обеспечение пожарной безопасности на объектах с массовым пребыванием людей» (очная форма обучения).

**Семинары по образовательным программам:**

- «Оказание первой помощи пострадавшим в ЧС»;
- «Расчет предела огнестойкости (железобетонных, металлических, деревянных, каменных строительных конструкций»;
- «Расчет времени эвакуации людей при пожаре»;
- «Расчет температурного режима пожара в помещении»;
- «Расчет величины противопожарных разрывов между зданиями, сооружениями и наружными установками»;
- «Расчет площади легкобросываемых конструкций»;
- «Категорирование помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности»;
- «Порядок проектирования пассивной противопожарной защиты зданий различного назначения»;
- «Оптимизация затрат на обеспечение требований пожарной безопасности на основании расчетных методов»;
- «Порядок подготовки организации к пожарно-техническому обследованию»;
- «Охрана труда в организациях непромышленной сферы».

**Подготовку лиц к поступлению в учреждения образования Республики Беларусь по учебным предметам:** математика, физика, русский язык, русский язык как иностранный, белорусский язык, английский язык, немецкий язык, французский язык, история, обществоведение, химия (очная/дистанционная форма обучения).

**Обучение проводит профессорско-преподавательский состав университета и ведущие специалисты Республики Беларусь в области пожарной и промышленной безопасности.**

Наш адрес: 220118, г. Минск, ул. Машиностроителей, 25,  
ФЗО: тел/факс +37517 340-71-89,  
ФБЖ: тел. +37517 340-69-55, факс +37517 340-35-58, email: [fpipk@ucp.by](mailto:fpipk@ucp.by).

Дополнительная информация размещена на сайте университета: <http://ucp.by>  
в разделе «Повышение квалификации»

Научный журнал

**Вестник**  
**Университета гражданской защиты МЧС Беларуси**  
***Том 6, № 4, 2022***

Подписано в печать 16.11.2022.  
Формат 60x84 1/8.  
Бумага офсетная. Цифровая печать.  
Гарнитура Таймс.  
Усл. печ. л. 13,36. Уч.-изд. л. 12,16.  
Тираж 35 экз. Заказ 098-2022.

Издатель и полиграфическое исполнение:  
Государственное учреждение образования  
«Университет гражданской защиты Министерства  
по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь».  
Свидетельство о государственной регистрации издателя,  
изготовителя, распространителя печатных изданий  
№ 1/259 от 14.10.2016.  
Ул. Машиностроителей, 25, 220118, Минск.