

Министерство по чрезвычайным ситуациям  
Республики Беларусь

# **ЧРЕЗВЫЧАЙНЫЕ СИТУАЦИИ: ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ И ЛИКВИДАЦИЯ**

**Материалы**  
**VIII Международной научно-практической конференции,**  
**посвященной 20-летию органов и подразделений**  
**по чрезвычайным ситуациям**  
**«Чрезвычайные ситуации: предупреждение и ликвидация»**

Минск  
2019

УДК 614.8.084(476)(082)  
ББК 68.9(4Бей)я43  
Ч-76

Рекомендовано Научно-техническим советом  
учреждения «Научно-исследовательский институт  
пожарной безопасности и проблем чрезвычайных ситуаций»  
МЧС Республики Беларусь

Редакционная коллегия:  
к.т.н. Ю.С. Иванов (*научный редактор*),  
к.х.н. О.Е. Игнашева (*ученый секретарь*),  
к.т.н. А.И. Кицак, к.т.н. А.Н. Скрипко, к.т.н. В.В. Кобяк,  
С.М. Малашенко

**Чрезвычайные ситуации: предупреждение и ликвидация:**  
материалы VIII Международной научно-практической конференции  
посвященной 20-летию органов и подразделений по чрезвычайным  
ситуациям «Чрезвычайные ситуации: предупреждение и ликвидация» /  
редкол.: Ю.С. Иванов [и др.].

**УДК 614.8.084(476)(082)**  
**ББК 68.9(4Бей)я43**

ISBN 978-985-90520-1-9

© Учреждение «Научно-исследовательский  
институт пожарной безопасности и проблем  
чрезвычайных ситуаций»  
МЧС Республики Беларусь, 2019

## СОДЕРЖАНИЕ

### **СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ЛИКВИДАЦИИ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ, ОРГАНИЗАЦИЯ ТУШЕНИЯ ПОЖАРОВ И ЛИКВИДАЦИЯ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ.....9**

Шумай С.М., Иванов Ю.С.

УЛУЧШЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК  
СПЕЦИАЛЬНОЙ ЗАЩИТНОЙ ОБУВИ ПОЖАРНЫХ-СПАСАТЕЛЕЙ  
ЗА СЧЕТ ДОСТИЖЕНИЯ ОПТИМАЛЬНОГО ПОКАЗАТЕЛЯ  
ПО ВОДОНЕПРОНИЦАЕМОСТИ.....9

Булыга Д.М., Волосач А.В.

АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ СПОСОБОВ ЛИКВИДАЦИИ  
ПОСЛЕДСТВИЙ НЕФТЯНЫХ РАЗЛИВОВ.....13

Казарян А.С.

ОПИСАНИЕ МОБИЛЬНЫХ РОБОТОТЕХНИЧЕСКИХ  
КОМПЛЕКСОВ ДЛЯ ПОЖАРНО-СПАСАТЕЛЬНЫХ РАБОТ.....19

Гарибян Р.Г.

АНАЛИЗ ЧАСТОТЫ РАСПРОСТРАНЕНИЯ  
ВНУТРИБОЛЬНИЧНЫХ ИНФЕКЦИЙ ДЫХАТЕЛЬНЫХ ПУТЕЙ  
НАСЕЛЕНИЯ РЕСПУБЛИКИ АРМЕНИЯ В КОНТЕКСТЕ  
ИХ ПРОФИЛАКТИКИ В УСЛОВИЯХ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ  
В ЦЕЛЯХ ПОВЫШЕНИЯ КУЛЬТУРЫ БЕЗОПАСНОСТИ.....27

Казарян А.С.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ СОВРЕМЕННЫХ  
СТАЦИОНАРНЫХ ПОЖАРНЫХ РОБОТОВ И  
РОБОТИЗИРОВАННЫХ КОМПЛЕКСОВ ПОЖАРОТУШЕНИЯ.....39

Тишабаев А.Ю., Хаджиева Б.А., Бойхурозов М.Р.

РОЛЬ ТРАНСПОРТИРОВКИ ПОСТРАДАВШЕГО В ОКАЗАНИИ  
ПЕРВОЙ ПОМОЩИ ПРИ ЧС.....50

Тишабаев А.Ю., Хаджиева Б.А., Бойхурозов М.Р., Султонов С.С.

ПРОРАБОТКИ ВОПРОСА РАЗВЕРТЫВАНИЯ  
ОСНОВНОГО ТАКТИЧЕСКОГО ПОДРАЗДЕЛЕНИЯ.....55

Фирсов А. Г.; Зубань В.В., Загуменнова М.В., Копченков В.Н.

ОБСТАНОВКА С ЧРЕЗВЫЧАЙНЫМИ СИТУАЦИЯМИ  
В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ ЗА ПЕРВОЕ ПОЛУГОДИЕ 2019 г.....59

Копылов Н.П., Кузнецов А.Е., Сушкина Е.Ю., Новикова В.И.

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ АВИАЦИОННОГО

СПОСОБА ТУШЕНИЯ ЛАНДШАФТНЫХ ПОЖАРОВ.....	69
Кузнецов М.В., Сафонов А.В.	
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНЫХ СТЕКЛОВОЛОКНИСТЫХ ТКАНЫХ КАТАЛИТИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ЛИКВИДАЦИИ ПОСЛЕДСТВИЙ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ ПРИРОДНОГО И ТЕХНОГЕННОГО ХАРАКТЕРА, А ТАКЖЕ ИХ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ.....	73
Курмашов А.Н.	
НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ СИЛ ОВД, ВНУТРЕННИХ ВОЙСК И МЧС В ХОДЕ ЛИКВИДАЦИИ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ СОЦИАЛЬНОГО ХАРАКТЕРА, ПРЕСЕЧЕНИЯ МАССОВЫХ БЕСПОРЯДКОВ В НАСЕЛЕННОМ ПУНКТЕ.....	80
Костюк К.А., Смиловенко О.О.	
ПОВЫШЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ТРУДА ПОЖАРНОГО-СПАСАТЕЛЯ ПОСРЕДСТВОМ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОВЕДЕНИЯ РАЗБОРА ЗАВАЛОВ.....	84
Хакимова Д.А., Нуркулов Ф.Н.	
РАЗРАБОТКА ОГНЕЗАЩИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ СПЕЦОДЕЖДЫ.....	91
Горовых О.Г., Канина М.А.	
ПРИМЕНЕНИЕ ОЗОНАТОРА ПРИ ДЕМЕРКУРИЗАЦИИ ЗАГРЯЗНЕННЫХ РТУТЬЮ ПОМЕЩЕНИЙ.....	98
Кодрик А.И., Титенко А.Н., Виноградов С.А., Шахов С.М.	
РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ УСТАНОВКИ ДЛЯ ГЕНЕРАЦИИ КОМПРЕССИОННОЙ ПЕНЫ.....	103
Ахмедов М.А., Сираджитдинов А.Б.	
О ПОЖАРАХ ПРИ СИЛЬНЫХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯХ.....	116
Юрьев Ю.И., Подболотов К.Б.	
ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ МНОГОСЛОЙНЫХ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ СИСТЕМ ПРИ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОМ НАГРЕВЕ.....	124
Комар Д.И., Быстров Е.В., Коновалов Е.А., Прибылев С.В., Ильющонок А.В., Казаков Б.В.	
ОБУЧЕНИЕ РЕАГИРОВАНИЮ НА РАДИАЦИОННЫЕ АВАРИЙНЫЕ СИТУАЦИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДОВ И СРЕДСТВ МОДЕЛИРОВАНИЯ РАДИОАКТИВНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ МЕСТНОСТИ.....	127



Кожемякин В.А

ПРОЕКТИРОВАНИЕ И ПРИМЕНЕНИЕ ДАТЧИКОВ  
РАДИАЦИИ В СОСТАВЕ ДИСТАНЦИОННО УПРАВЛЯЕМЫХ  
БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ  
АППАРАТОВ.....133

Железняков А.В.

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ И  
ЛИКВИДАЦИИ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ  
НА ОСНОВЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА  
ОБЩЕСТВЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ.....146

Кузьмицкий А.М.

УПРЕЖДАЮЩЕЕ ОБУЧЕНИЕ  
ПО ФОРМИРОВАНИЮ КОМПЕТЕНЦИЙ  
ДЛЯ ДЕЙСТВИЙ В ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ.....154

Покалюк В.Н.

ПОДГОТОВКА КВАЛИФИЦИРОВАННЫХ РАБОЧИХ  
ДЛЯ ОПЕРАТИВНО-СПАСАТЕЛЬНОЙ СЛУЖБЫ  
ГРАЖДАНСКОЙ ЗАЩИТЫ УКРАИНЫ.....160

Лихоманов А.О., Камлюк А.Н., Грачулин А.В.

ЭВОЛЮЦИЯ ПЕННЫХ ПОЖАРНЫХ ОРОСИТЕЛЕЙ.....167

Рева О.В., Криваль Д.В.

ТЕРМОДЕСТРУКЦИЯ ФОСФАТОВ АММОНИЯ,  
ПРОЯВЛЯЮЩИХ ОГНЕЗАЩИТНЫЙ ЭФФЕКТ  
ПО ОТНОШЕНИЮ К ПОЛИАМИДУ-6.....179

Рева О.В., Богданова В.В., Назарович А.Н.

ХЕМОПРИВЯЗКА НЕОРГАНИЧЕСКИХ ОГНЕЗАЩИТНЫХ  
КОМПОЗИЦИЙ К ОКСОДИАЗОЛЬНЫМ МАТЕРИАЛАМ  
ТИПА «АРСЕЛОН» .....189

Богданова В.В., Кобец О.И., Буряя О.Н.

ВЛИЯНИЕ ПОРО-, КАРКАСО- И КОКСООБРАЗУЮЩИХ  
КОМПОНЕНТОВ НА СВОЙСТВА ТЕРМОВСПЕНИВАЕМОГО  
ПОЛИМЕРНОГО КОМПОЗИЦИОННОГО МАТЕРИАЛА  
ДЛЯ ПРОТИВОПОЖАРНОГО ОГНЕТЕРМОЗАЩИТНОГО  
УСТРОЙСТВА.....199

Шеремет Т.В.

ЗАЩИТНЫЕ СВОЙСТВА СПЕЦИАЛЬНОЙ ЗАЩИТНОЙ ОДЕЖДЫ  
ПОДШЛЕМНИКА ПОЖАРНОГО.....211

Иванов Ю.С., Емельянов В.К., Лукьянов А.С.

ПЕРСПЕКТИВЫ ВНЕДРЕНИЯ В ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ МЧС РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ УНИВЕРСАЛЬНОГО ЖИЛЕТА СПАСАТЕЛЯ.....	220
Семененко Л.В., Каштан А.О., Кочик Е.Н., Андрейчик Д.В., Захаренков М.А., Плевако Д.Н., Кругликова С.А.	
ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ОЦЕНКИ РИСКОВ ЗАТОПЛЕНИЙ ОТ РЕК В ПЕРИОД ВЕСЕННЕГО ПОЛОВОДЬЯ И ПАВОДКОВ.....	227
Семененко Л.В., Усеня В.В., Кучинский П.В., Кочик Е.Н., Шкабара В.В.	
КОНЦЕПЦИЯ ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПО ПРЕДУПРЕЖДЕНИЮ И ЛИКВИДАЦИИ ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ.....	235
Кицак А.И.	
ЭФФЕКТИВНОСТЬ ТУШЕНИЯ ПОЖАРА ПОДКЛАССА А1 ОГНЕТУШАЩИМ ПОРОШКОМ ОБЩЕГО НАЗНАЧЕНИЯ ПРИ КРАТКОВРЕМЕННОМ ВОЗДЕЙСТВИИ НА ОЧАГ ПОЖАРА.....	246
Ольшанский В.И., Довыденкова В.П., Навроцкий О.Д., Окунев Р.В., Жерносек С.В., Пенкрат Д.И., Асташов С.П.	
МНОГОСЛОЙНЫЕ МАТЕРИАЛЫ НА ТКАНОЙ ОСНОВЕ И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ ДЛЯ ЗАЩИТНОЙ ОДЕЖДЫ АВАРИЙНО-СПАСАТЕЛЬНЫХ ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ МЧС БЕЛАРУСИ.....	260
ФОРМИРОВАНИЕ КУЛЬТУРЫ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПОСРЕДСТВОМ НАИБОЛЕЕ ЭФФЕКТИВНЫХ КАНАЛОВ КОММУНИКАЦИИ.....	268
Фирсов А.Г., Порошин А.А., Загуменнова М.В., Сибирко В.И.	
ПРИМЕНЕНИЕ ЛОГИКО-СТАТИСТИЧЕСКОГО МЕТОДА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СИСТЕМЫ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПРЕДОТВРАЩЕННОГО УЩЕРБА ОТ ПОЖАРОВ.....	268
Лапицкая Н.В., Игнатюк Т.А.	
ТАБЛИЦА СМЕРТНОСТИ ЖЕРТВ ПОЖАРА КАК ИНСТРУМЕНТ ТРАНСФОРМАЦИИ МЕТОДИКИ ОЦЕНКИ ЭКОНОМИЧЕСКОГО УЩЕРБА.....	276
Клебан А.Е.	
ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МОБИЛЬНОГО ПРИЛОЖЕНИЯ «ПОМОЩЬ РЯДОМ» ДЛЯ	

ФОРМИРОВАНИЯ МЕХАНИЗМА УПРАВЛЕНИЯ СПОНТАННЫМИ ВОЛОНТЕРАМИ.....	284
<b>ТЕХНИЧЕСКОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ В ОБЛАСТИ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ И ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ ПОЖАРОВ В ЖИЛИЩНОМ ФОНДЕ .....</b>	<b>290</b>
Проровский В.М., Иваницкий А.Г., Ходин М.В., Чистяков Н.Д. СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ СБОРА И АНАЛИЗА ДАННЫХ О ТЕХНОГЕННЫХ ПОЖАРАХ.....	290
Волосач А.В. УДАРНЫЙ МЕТОД ИССЛЕДОВАНИЯ ГАЗОБЕТОНОВ, ПОДВЕРГШИХСЯ ОГНЕВОМУ ВОЗДЕЙСТВИЮ.....	297
Соколик Г.А., Лейнова С.Л., Свирщевский С.Ф., Рубинчик С.Я., Клевченя Д.И. ОЦЕНКА БЕЗОПАСНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЗАЩИТНО-ОТДЕЛОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ВНУТРЕННЕЙ ОТДЕЛКИ ЖИЛЫХ ПОМЕЩЕНИЙ С УЧЕТОМ ВОЗМОЖНОГО ВОЗГОРАНИЯ .....	308
Цвиркун С.В., Удовенко М.Ю. ОБРАБОТКА И ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ЧИСЛОВЫХ ДАННЫХ, СГЕНЕРИРОВАННЫХ ПРОГРАММНЫМ КОМПЛЕКСОМ PYROSIM.....	318
Самигов Н.А., Сайфиддин К.Ж. ИССЛЕДОВАНИЕ ОЛИГОМЕРНЫХ АНТИПИРЕНОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕСТНЫХ СЫРЬЕВЫХ РЕСУРСОВ И ОТХОДОВ ПРОИЗВОДСТВА.....	326
Файзулла Н.Н., Икромжон И.С. ИССЛЕДОВАНИЕ МОДИФИЦИРОВАННЫХ ЭПОКСИДНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ ПОНИЖЕННОЙ ОПАСНОСТИ.....	331
Коробкин В.Ф., Коваленко В.В., Ковалишин Б.М. ТРЕБОВАНИЯ И МЕТОДЫ ИСПЫТАНИЙ КРОВЛЕЙ И КРОВЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ПОЖАРНУЮ ОПАСНОСТЬ: АНАЛИЗ И ЕВРОПЕЙСКИЕ ПОДХОДЫ.....	336
Кудряшов В.А., Ботян С.С., Жамойдик С.М. ТЕПЛОПРОВОДНОСТЬ ЦЕМЕНТНЫХ АРМИРОВАННЫХ ПЛИТ НА ОСНОВЕ ДАННЫХ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ЧИСЛЕННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ.....	345
Климась Р.В.	

ВНЕДРЕНИЕ СОВРЕМЕННЫХ МЕТОДОВ РЕГУЛИРОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ НА ОСНОВЕ РИСК-ОРИЕНТИРОВАННОГО ПОДХОДА КАК ИНСТРУМЕНТ СНИЖЕНИЯ ПОТЕНЦИАЛЬНЫХ УГРОЗ ТЕХНОГЕННОГО ХАРАКТЕРА.....	354
Кудряшов В.А., Кураченко И.Ю.	
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЖЕЛЕЗОБЕТОННОЙ ПЛИТЫ В УСЛОВИЯХ СТАНДАРТНОГО ТЕМПЕРАТУРНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ.....	365
Нижник В.В., Поздеев С.В., Фещук Ю.Л., Голикова С.Ю., Балло Я.В.	
РАСЧЕТНО-ТАБЛИЧНЫЙ МЕТОД ОЦЕНКИ ПРОТИВОПОЖАРНЫХ РАССТОЯНИЙ МЕЖДУ СМЕЖНЫМИ СТРОИТЕЛЬНЫМИ ОБЪЕКТАМИ.....	373
Гузарик А.В.	
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНИЧЕСКИХ НОРМАТИВНЫХ ПРАВОВЫХ АКТОВ И НОРМАТИВНЫХ ПРАВОВЫХ АКТОВ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ В ОБЛАСТИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ В ЖИЛИЩНОМ ФОНДЕ.....	384
Никитин В.И., Зарубицкая Т.И., Михеев Е.А.	
ТЕХНИЧЕСКОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ В ОБЛАСТИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ.....	387

## **СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ЛИКВИДАЦИИ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ, ОРГАНИЗАЦИЯ ТУШЕНИЯ ПОЖАРОВ И ЛИКВИДАЦИЯ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ**

**УДК 685.34;614.8.086**

**Шумай С.М.,**

**канд. техн. наук Иванов Ю.С.**

*Учреждение «Научно-исследовательский институт пожарной безопасности и проблем чрезвычайных ситуаций» Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь, г. Минск*

### **УЛУЧШЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК СПЕЦИАЛЬНОЙ ЗАЩИТНОЙ ОБУВИ ПОЖАРНЫХ-СПАСАТЕЛЕЙ ЗА СЧЕТ ДОСТИЖЕНИЯ ОПТИМАЛЬНОГО ПОКАЗАТЕЛЯ ПО ВОДОНЕПРОНИЦАЕМОСТИ**

Разработан и экспериментально подтвержден метод получения заданного значения водонепроницаемости специальной защитной обуви пожарных-спасателей.

*Ключевые слова:* специальная защитная обувь пожарных-спасателей, водонепроницаемость, испытания.

**Shumay S.M.,**

**Ph.D (Tech) Ivanov Y.S.**

*The Establishment «Research Institutr of Fire Safety and Emergencies» of the Ministry for Emergency Situations of the Republic of Belarus, Minsk*

### **THE METHOD OF OBTAINING THE SPECIFIED WATER RESISTANCE VALUE OF SPECIAL PROTECTIVE FIREFIGHTER FOOTWEAR HAS BEEN DEVELOPED AND EXPERIMENTALLY CONFIRMED**

A method has been developed and experimentally confirmed to obtain a given value for the water resistance of special protective shoes for firefighters and rescuers.

*Key words:* special protective firefighter footwear, water resistance, fire testing test.

Проведенный анализ времени осуществления пожарными-спасателями боевой работы по ликвидации чрезвычайных ситуаций позволил определить оптимальное значение времени защитного действия по водонепроницаемости специальной защитной обуви, которое составляет 60 минут. Данный показатель включен в требования отечественного стандарта «Система стандартов безопасности труда. Обувь специальная защитная пожарных. Общие технические условия: СТБ 2137-2010».

В соответствии с требованиями стандарта в образец обуви, швы которого перед испытанием не герметизируют, закладывают пенополиуретан

и погружают в воду на глубину не менее 60 % высоты обуви. По истечении 60 минут образец вынимают из воды и взвешивают пенополиуретан. Обувь считается выдержавшей испытания, если масса пенополиуретана не увеличилась.

В ходе выполнения исследований определены конструктивные элементы и материалы, обеспечивающие достаточную водонепроницаемость обуви. Показано, что изготовление верха обуви из гидрофобной кожи, не пропускающей воду, что подтверждается документами качества и экспериментально, недостаточно. Экспериментально установлено, что в изготовленных первых опытных образцах из гидрофобной кожи проникновение воды во внутреннее пространство обуви происходило через швы верхней части обуви и область крепления подошвы. Предложенный литьевой метод крепления подошвы к заготовке верха обуви позволил обеспечить монолитное соединение низа обуви с верхом и исключить проникновение воды внутрь изделия через область крепления подошвы.

Проведены экспериментальные исследования способов достижения герметичности швов верха кожаной обуви пожарных. С этой целью были изготовлены образцы кожи в форме круга диаметром от 180 до 185 мм с фрагментом шва длиной не менее 150 мм. Способы герметизации подбирались согласно технологическим возможностям предприятия-изготовителя обуви. Испытаны следующие способы герметизации швов: проклеивание клеем, наклеивание упрочнительной ленты, обработка водоотталкивающим средством. Ни один из способов, который бы не повлек за собой значительного утолщения шва, не обеспечил водонепроницаемость верха кожаной обуви. В связи с этим сделан вывод, что добиваться полной водонепроницаемости кожаной конструкции обуви неэффективно.

Для достижения требуемого уровня водонепроницаемости кожаной обуви была поставлена задача совершенствования подкладки. Подкладочные материалы непосредственно контактируют со стопой и, помимо водонепроницаемости, должны обладать высокими гигиеническими свойствами, а именно паропроницаемостью, гигроскопичностью и влагоотдачей, повышенной устойчивостью к истиранию и потостойкостью. Предложено в качестве подкладки использовать микропорную паропроницаемую водоотталкивающую мембрану. По форме подкладка представляет собой чулок, состоящий из двух деталей, которые собираются между собой переметочными швами и для обеспечения водонепроницаемости подкладки все швы должны быть загерметизированы.

Проверка на водонепроницаемость образцов мембранных материалов проводили аналогично испытаниям образцов кожи. Исследование водонепроницаемости чулок проводилось аналогично испытаниям водонепроницаемости обуви. Получены положительные результаты по

водонепроницаемости мембранных материалов, а по образцам мембранных материалов со швом – отрицательные. Для герметизации швов подкладки также применялись такие способы, как проклейка клеем и упрочнительной лентой. Образцы, обработанные клеем, показали отрицательный результат, при этом установлено, что клей не оказывал отрицательного (разрушающего) воздействия на мембрану.

Среди образцов подкладки, швы которых герметизированы лентой, были положительные результаты испытания на водонепроницаемость. В этой связи проведены изучение и подбор подкладочных материалов дублированных паропроницаемой и водоотталкивающей мембраной, упрочнительных лент и совершенствование технологии герметизации швов подкладочного материала и изготовления самой подкладки. Оптимальное сочетание данных составляющих обеспечило изготовление водонепроницаемой подкладки и специальной защитной обуви в целом.

Изучены различные варианты герметизации швов подкладки-чулок:

1. герметизация швов лентой при температуре 500 °С;
2. герметизация швов лентой при температуре 500 °С и дополнительное промазывание по краям ленты водоотталкивающим средством;
3. промазывание швов водоотталкивающим средством, затем наклеивание герметизирующей ленты при температуре 500 °С;
4. герметизация швов лентой при температуре 500 °С, дополнительная герметизация швов вторым слоем ленты при температуре 500 °С.

Перед вшиванием подкладки-чулка в заготовку все чулки были проверены на герметичность путем надувания чулка сжатым воздухом и опускания его в емкость с водой. Половина испытуемых образцов чулок не прошла это испытание – по краю заднего шва образовывались пузырьки воздуха, что свидетельствует о плохой герметизации. Остальные образцы, прошедшие испытания, подверглись дополнительному испытанию – чулок наполнили водой и подвесили приблизительно на 1 час. Все чулки прошли испытание, не пропустив воду.

Для получения стабильного результата водонепроницаемости обуви проведены дополнительные исследования на образцах подкладочного материала. Образцы имели форму круга диаметром 220 мм и различные варианты швов «Т»-образные и «Х»-образные. Наклеивание ленты проводили на специальном оборудовании в диапазоне температур от 400 до 550 °С с техническими остановками во время процесса наклеивания до 5 секунд. Результаты испытаний показали, что все образцы прошли испытания по водонепроницаемости, то есть предложенная технология наклеивания ленты обеспечивает герметичность швов мембранного материала. Однако особое внимание необходимо уделять местам с небольшим радиусом изгиба шва. Предложен наименее трудоемкий и

материалоемкий способ герметизации швов мембранного материала, обеспечивающий требуемую водонепроницаемость, для изготовления подкладочного чулка.

Изготовленные по разработанной технологии опытные образцы обуви были переданы для проведения эксплуатационных испытаний в подразделения по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь.

Результаты проведенных испытаний опытных образцов разработанной модели защитных ботинок пожарных-спасателей показали соответствие техническим требованиям. Во время эксплуатационных испытаний установлено (по мнению большинства респондентов), что обувь удобна при выполнении основных видов работ пожарных-спасателей.





**Булыга Д.М., Волосач А.В.**

*Филиал «Институт переподготовки и повышения квалификации»  
Университета гражданской защиты Министерства по чрезвычайным  
ситуациям Республики Беларусь, д. Светлая Роща*

## **АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ СПОСОБОВ ЛИКВИДАЦИИ ПОСЛЕДСТВИЙ НЕФТЯНЫХ РАЗЛИВОВ**

Проведен анализ современных способов ликвидации последствий нефтяных разливов, среди которых выделяют следующие узловые группы технических средств и методов: физические или механические, химические и микробиологические. Физические или механические – способы локализации, сбора и удаления нефти с поверхности моря и на берегу, химические – методы диспергирования пленочной нефти для ускорения процессов ее рассеяния и разложения под действием природных факторов, микробиологические – использование специальных микроорганизмов, способных к окислению углеводородов до экологически безопасных веществ. Рассмотрены методы, применяемые и планируемые к применению при разливе нефтепродуктов на водную поверхность. Приведены положительные моменты такого метода локализации, как «затопление нефти» в сравнении с иными способами борьбы с нефтяными разливами.

*Ключевые слова:* нефть, разлив нефти и нефтепродуктов, мероприятия по локализации и ликвидации разливов нефти и нефтепродуктов, сорбент, затопление нефти.

**D.M.Bulyga, A.V.Volosach**

*Branch «Institute for retraining and professional development» University of civil protection of the Ministry for Emergency Situations of the Republic of Belarus, village Svetlaya Roshcha*

## **ANALYSIS OF MODERN METHODS OF OIL SPILL RESPONSE**

The analysis of modern methods of oil spill response is carried out. Among the modern methods of responding to oil spills, the following nodal groups of technical means and methods are distinguished: physical or mechanical, chemical and microbiological. Physical (mechanical) - methods of localization, collection and removal of oil from the surface of the sea and onshore, chemical - methods of dispersing film oil to accelerate the processes of its dispersion and decomposition under the influence of natural factors, microbiological - the use of special, microorganisms capable of oxidizing hydrocarbons to environmentally friendly substances. The methods that are widely used and planned for use when spilling oil products on the water surface are considered. The positive aspects of such a method of localization as «oil flooding» are given in comparison with other methods of dealing with oil spills.

*Key words:* oil, oil and oil products bottling, measures for localization and liquidation of oil and oil products spills, sorbent, oil flooding.

### **Введение**

Невозможно представить жизнь современного человека вне техносферы. Большую роль в промышленном и техническом прогрессе играет нефть как источник энергии, материалов нефтехимической и химической промышленности. В связи с обширным использованием нефти и нефтепродуктов за последний век наблюдается неуклонный рост потребления нефти и нефтепродуктов. Вместе с тем увеличилось количество разливов нефти и нефтепродуктов, ликвидация последствий которых представляет собой дорогую операцию с привлечением значительных сил и средств. По подсчетам Национального исследовательского совета США (National Research Council) ежегодно в воду попадает почти 1,5 млн. кубических метров нефти и нефтепродуктов, около 45 % утечек имеют естественные причины. Примерно 5 % нефти попадает в моря, реки и озера в результате процесса добычи и производства. Транспортные аварии обеспечивают 22 % подобных разливов. Остальная нефть попадает в воду в результате сотен и тысяч мелких аварий и утечек, которые зачастую не замечаются прессой, властями и правоохранительными органами [1]. Подобные расходы ложатся на себестоимость энергоносителей, что влечет за собой повышение стоимости смежных товаров.

Возрастающие требования к снижению потерь углеводородного сырья, экологическая обстановка в мире предъявляют повышенные требования к обеспечению безопасности и надежности технологических процессов, которые связаны с ликвидацией аварий с нефтепродуктами.

### **Основная часть**

При осуществлении мероприятий по локализации и ликвидации разливов нефти существенным фактором является время выполнения работ, сокращение которого ведет к снижению размеров ущерба от загрязнения окружающей среды. Максимально снижающим время полной первичной ликвидации является метод затопления, который может обеспечить локализацию разлившейся нефти в течение одного часа.

Среди современных способов ликвидации последствий нефтяных разливов выделяют три узловые группы технических средств и методов:

- 1) физические или механические способы локализации, сбора и удаления нефти на берегу и с поверхности моря;
- 2) химические методы диспергирования пленочной нефти для ускорения процессов ее разложения и рассеивания под действием природных факторов;
- 3) микробиологические методы разрушения нефти.

Рассмотрим методы, применяемые и планируемые к применению при разливе нефтепродуктов на водную поверхность.

Механические включают в себя целый ряд технических средств разнообразной модификации и технологии их использования. Как правило, они мало эффективны при высоте волн, превышающей 1,5–2 м (т.е. 4 балла), при скорости ветра, превышающей 12 м/с, и скорости течения более 0,5 м/с (перпендикулярно течению). В условиях закрытой акватории эффективность использования механических средств остро возрастает, позволяя собрать при благоприятных погодных условиях достаточно разлитой нефти, если толщина разлившейся пленки нефтепродуктов превосходит критическую величину. Однако при времени существования нефтепродуктового пятна более 2–3 часов эта толщина пленки уже снижается ниже критической. Эффективность применения механического метода зависит от наличия достаточных средств на месте разлива и быстроты их применения, а также погодных условий [2].

Следующее место в данном списке занимают диспергирующие реагенты (диспергенты), которые представляют собой смесь поверхностно-активных веществ (ПАВ) и растворителей. Благодаря особенностям химической структуры и способности уменьшать поверхностное натяжение на границе раздела нефти с водой, ПАВ стабилизирует нефтяные капли в воде и таким образом эмульгирует нефть [3]. То есть пленка нефти разбивается на мелкие капли под воздействием естественных процессов: волн, ветра, течения. Нефтяные капли рассеиваются в слое воды до низших концентраций и далее подвергаются таким природным воздействиям, как, к примеру, биоразложение (которое может длиться несколько месяцев).

Сжигание используется в основном при операциях в открытом море в ледовых условиях. Эксперименты показали значительные результаты по удалению разлившейся нефти. Однако использование сжигания может вызвать определенные проблемы, главными из которых следует считать угрозу для судов, стоящих рядом, аварийному судну и остаткам нефти на борту, которые можно было бы перегрузить. После сжигания образуется визуально наблюдаемое загрязнение воздуха. Все это делает сжигание неприемлемым для большинства ситуаций, связанных с разливом нефти на не морских водных объектах [4].

Биологический метод применяется после физико-химического и механического методов при толщине слоя не менее 0,1 мм [5]. В основе технологии биоремедиации лежит использование специальных, микроорганизмов, способных к окислению углеводородов до экологически безопасных веществ. Количество микроорганизмов, способных произвести ассимиляцию нефтяных углеводородов, невелико. В основном это бактерии, представители рода *Pseudomonas*, и некоторые виды грибов и дрожжей.

Биоразлагающими агентами могут быть бактерии, постоянно живущие в районе разлива, микробы природного, но не местного происхождения, микробы, созданные методом генной инженерии, и питательные вещества для микробов, которые могут добавляться с целью ускорения биологического окисления.

При достаточной насыщенности воды кислородом и температуре 15–20 °С эти микроорганизмы способны окислять нефтепродукты со скоростью 2 г/кв. м поверхности воды в день. Однако бактериальное окисление при низких температурах воды происходит медленно, и нефтяные продукты остаются в водоемах длительное время – до 50 лет [6]. Испытания этой технологии на воде показали либо незначительное, либо отсутствие ускорения естественного процесса биоразложения. Кроме того, не изучены последствия от введения в большом количестве инородных данной экосистеме организмов.

Сорбенты – материал, с помощью которого может быть удалена нефть с поверхности воды путем абсорбции (впитывания) или адсорбции (налипания) [7].

Трудность представляет нанесение сорбентов на разлившиеся нефтепродукты с последующим сбором и утилизацией образовавшейся смеси. Все предлагаемые на сегодняшний день методы утилизации отработавших сорбентов экологически опасны. Кроме того, получение высокоэффективных сорбентов – экологически небезопасные технологии, которые предполагают использование высокотемпературной обработки, серных кислот, синтеза полимерных материалов [8]. Используются они преимущественно при удалении с поверхности воды тонких слоев нефти, сбор которых механическими средствами неэффективен, а также для очистки закрытых акваторий (озер, рек). Применение ограничено погодными условиями.

При разливе нефти на водной поверхности начинаются процессы трансформации нефтяного загрязнения: растекание, испарение, растворение в воде легких фракций, образование эмульсий, оседание тяжелых фракций на дно и биodeградация. Интенсивность указанных процессов зависит как от внешних (условия среды), так и внутренних факторов (тип нефтепродукта) [9].

Какой бы из приведенных выше методов не применялся, оседание на дно происходит всегда, хотя в основном тяжелых фракций. И при всех перечисленных методах невозможно избежать испарения легких фракций.

Затопление нефти как метод локализации известен давно. Чаще препараты для затопления нефти предлагается применять для предотвращения загрязнения нефтью побережья. К примеру, гидрофобный мел. Ввиду того, что затопляемая масса приводит к удушению придонных

организмов и подвергает их контакту с нефтью, использование затопляющих агентов, как правило, запрещается органами охраны окружающей среды [10].

Однако затопление нефти – это весьма быстрый способ удаления ее с поверхности, что особенно значительно при подходе нефтяных пятен к экологически важным объектам либо объектам совместного использования несколькими странами. Можно подобрать такие природные вещества, которые способствуют погружению нефти, не имеют токсические свойства и даже могут служить источниками питательных веществ, кислорода и бактериальных спор, что, в свою очередь, ускорит процесс естественной деградации нефти. Благодаря затопляемому веществу, нефтепродуктовые загрязнения можно целиком, включая их легкие фракции, которые склонны к быстрому испарению, отправить на дно, где отмечается максимальная концентрация анаэробных и прочих бактерий. В качестве осаждающих нефть агентов можно применять многие природные материалы с довольно высокой плотностью, имеющей большее сродство к нефтепродуктам, чем к воде. Можно применять такие вещества, как нейтральные порошки, которые состоят из природных компонентов донных осадков, специально обработанные глины, активированный кремнезем, восковые мела, лигнины и т.п. Можно применять методы прочной фиксации осажденной нефти для предотвращения ее повторного всплывания. Кроме этого, при глубине осаднения не более чем 5 м возможно извлечение осажденной нефти механическим способом.

Сегодня в мировой практике проанализирована возможность использования для затопления нефти карбосэнда, порошкового мела, измельченного шлака, пористой золы, кирпичного порошка и прочих материалов.

### **Заключение**

В отличие от иных способов борьбы с нефтяными разливами такой метод локализации, как «затопление нефти» обладает достаточным количеством положительных моментов. Во-первых, это одностадийная операция, позволяющая экономить время, необходимое для ликвидации ЧС; во-вторых, резко понижается площадь акватории, которая подвергается воздействию нефтяного пятна; в-третьих, уменьшается объем загрязнений, поступающих в атмосферу, и снижается вероятность возникновения пожара на загрязненной поверхности. Однако для обеспечения возможности применения данной технологии необходимы дальнейшие работы по исследованию осаждающих материалов, отработке методики их использования и всесторонним экологическим исследованиям по влиянию данного метода на элементы биосферы.

### Литература

1. Крымский, В. В. Прогнозирование последствий чрезвычайных ситуаций от аварий танкеров / В.В. Крымский // Евразийский экономический союз в условиях глобализации: вызовы, риски, тенденции. – 2018. – С. 69–75.
2. Альхименко, Ф.И. Развитие теории и методы расчета распространения нефтепродуктов в водной среде под действием гидрометеорологических факторов: Дис. Л., 1989. – 328 с.
3. Артемов, А.В. Современные технологии очистки нефтяных загрязнений / А.В. Артемов // Нефть. Газ. Промышленность. – 2014. – 340 с.
4. Воробьев, Ю.Л. Предупреждение и ликвидация аварийных разливов нефти и нефтепродуктов / Ю.Л. Воробьев, В.А. Акимов, Ю.И. Соколов. – М.: Ин-октаво, 2015. – 368 с.
5. Удаление тонких нефтяных пленок с водной поверхности / Н.А. Демьянова [и др.] // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. – 2013. – № 10. – С. 46–49.
6. Киреева, Н.А. Биологическая очистка нефтезагрязненного водоема / Н.А. Киреева, Т.С. Онегова // Вода и экология: проблемы и решения. – 2014. – № 2. – С. 67–69.
7. Сорбционный метод ликвидации аварийных разливов нефти и нефтепродуктов / Н.А. Самойлов [и др.]. – М.: Химия, 2011. – 189 с.
8. Захматов, В.Д. Новые технологии локализации розливов нефти на море / В.Д. Захматов, Н.В. Щербак // Пожаровзрывобезопасность. – 2010. – Т. 19. – № 6.
9. Современные методы и средства борьбы с разливами нефти: научно-практическое пособие / А.И. Вылковап [и др.]. – СПб.: Центр-Техинформ, 2010. – 309 с.
10. Руководство по ликвидации разливов нефти на морях, реках и озерах / отв. ред. Г.М. Овчинников. – СПб.: ЗАО «ЦНИИМФ», 2012. – 344 с.



**УДК 614.842/.844/.847**

**Казарян А.С.**

*Государственная академия кризисного управления МЧС Республики Армения*

## **ОПИСАНИЕ МОБИЛЬНЫХ РОБОТОТЕХНИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ ДЛЯ ПОЖАРНО-СПАСАТЕЛЬНЫХ РАБОТ**

На протяжении многих лет использование мобильных робототехнических комплексов в различных областях человеческой деятельности, будь то промышленность или повседневное использование, становится все более заметным. Одной из наиболее быстро развивающейся областью робототехники является мобильная робототехника.

*Ключевые слова:* мобильный робототехнический комплекс, пожарно-спасательные работы, движитель, аппаратное обеспечение, алгоритмическое обеспечение.

**H.S. Ghazaryan**

*Crises Management State Academy Ministry of the Emergency Situations of the Republic of Armenia*

## **DESCRIPTION OF MOBILE ROBOTIC COMPLEXES FOR FIRE AND RESCUE WORKS**

Over the years, the use of mobile robotic complexes in various areas of human activity, whether industry or day-to-day use is becoming increasingly prominent. One of the fastest growing areas of robotics is mobile robotics.

Over the years, the use of robots in various areas of human activity, whether industry or day-to-day use is becoming increasingly prominent. One of the fastest growing areas of robotics is mobile robotics.

*Key words:* mobile robotic complex, fire and rescue operations, propulsion, hardware, algorithmic support.

Технический прогресс приводит к возрастанию рисков возникновения техногенных аварий и катастроф, в том числе пожаров в замкнутых пространствах. В таких условиях работа пожарных становится более опасной вследствие усложнения технологических процессов, насыщенности их различными пожаровзрывоопасными веществами, широкого использования токсичных и радиоактивных веществ. Можно сказать, что пока в полной мере не решена проблема защиты пожарных от действия лучистых потоков пламени при тушении пожаров резервуарных парков, технологического оборудования нефте- и газоперерабатывающих заводов, лесов, газонефтяных фонтанов, складов лесопиломатериалов, а также в зонах повышенного выделения радиации при аварийных ситуациях на АЭС или там, где опасно и нежелательно присутствие людей.

Перспективным направлением совершенствования пожарной техники является создание мобильных робототехнических комплексов, с помощью которых можно осуществлять круглосуточный контроль объектов, оперативную разведку и оценку пожарной обстановки, тушение загораний, охлаждение технологического оборудования и строительных конструкций, проведение аварийно-спасательных работ, эвакуацию людей из зоны пожара и спасение материальных ценностей. Значительное упрощение работы пожарно-спасательного расчета возможно благодаря использованию современной техники, в число которой входят пожарно-спасательные мобильные роботы современного поколения. Роботы в настоящее время широко используются в промышленности, на транспорте, в медицине, военном деле, космонавтике и других областях. Альтернативы роботам не существует в ситуациях, когда выполнение некоторой задачи находится за пределами возможностей человека либо сопряжено с чрезмерной угрозой его здоровью и жизни [1].

Современная робототехника возникла во второй половине XX века, когда в ходе развития производства появилась потребность в универсальных манипуляционных машинах-автоматах. Объективными предпосылками ее возникновения явились потребность исключения человека из непосредственного участия в машинном производстве и недостаточность для этих целей традиционных средств автоматизации; необходимость гибкой автоматизации в промышленности.

Мобильный робототехнический комплекс – это электромеханическое, пневматическое, гидравлическое устройство с программным обеспечением либо их комбинация, работающая без участия человека и выполняющая действия, обычно осуществляемые человеком. Другими словами, робот – это автоматическое устройство, имитирующее движения и действия человека. Мобильные робототехнические комплексы определяют как автоматическое устройство, созданное по принципу живого организма. Действуя по заранее заложенной программе и получая информацию о внешнем мире от датчиков, РТК самостоятельно осуществляет операции, выполняемые обычно человеком, при этом они могут иметь связь с оператором (получать от него команды) или действовать автономно [2]. Создание дистанционно и автономно управляемых роботов специального назначения позволяет существенно повысить безопасность работы спасателей, а также эффективность работы спасательных подразделений в чрезвычайных ситуациях. Мобильный робот – это техническое средство, которое выполняет функции, предписанные виды работ или операции без непосредственного участия человека в опасной зоне [3].

Мобильный робот перемещается для решения тех или иных задач, получает данные с внешних датчиков и должен постоянно обрабатывать информацию, чтобы управлять своим движением. Все эти процессы



происходят непрерывно и тесно взаимосвязаны друг с другом. Можно сказать, что существует огромное число мобильных роботов различного назначения, которые используются практически во всех окружающих нас средах.

Характерной особенностью мобильных робототехнических комплексов считается способность частично или полностью выполнять двигательные и интеллектуальные функции человека. От обычной автоматической системы робототехнические комплексы отличаются многоцелевым назначением, большей универсальностью, возможностью перестройки на выполнение разнообразных функций. Мобильный робототехнический комплекс призван заменить человека в случаях, когда выполнение задачи находится за пределами человеческих возможностей либо сопряжено с чрезмерной угрозой здоровью и жизни спасателя [4].

Мобильных роботов для аварийно-спасательных работ можно классифицировать по следующим признакам:

- область применения (разведка в очагах возникновения пожаров в условиях повышенного радиационного фона, химического заражения и осколочно-фугасного поражения, ликвидация химических, радиоактивных, взрывоопасных аварий, пожаротушения и другие аварийно-спасательные работы);

- степень подвижности (стационарные, мобильные);

- тип системы управления (программные, адаптивные, интеллектуальные);

- функциональное назначение (манипуляционные, транспортные, информационные, комбинированные);

- уровень универсальности (специальные, специализированные, универсальные);

- тип исполнительных приводов (электрические, гидравлические, пневматические).

Несмотря на различия, все роботы имеют три основные общие черты, на которые необходимо опираться при проектировании:

- определенный набор механических свойств (форма, размер, используемые материалы и т.д.), необходимых для выполнения поставленных задач;

- определенный набор электронных компонентов;

- определенный уровень компьютерного программного кода.

Мобильную робототехнику можно разделить на два класса. Первый класс – это дистанционно управляемые оператором роботы, второй класс – это роботы, способные выполнять определенные действия в автономном режиме. В большинстве случаев управление роботом осуществляет человек-оператор на уровне движений, при этом от человека требуется непрерывное наблюдение за роботом и оперативное управление его действиями. Такой

подход определяется неспособностью робота принимать самостоятельные решения и имеет ряд недостатков. К ним можно отнести необходимость организации и постоянной поддержки канала связи с человеком-оператором, что существенно ограничивает область применения робота. Кроме того, человек не всегда может правильно оценить обстановку по данным телеметрии и осуществить адекватное управление. Возможны ситуации, когда мобильный робот оказывается вне зоны наблюдения или связь с ним теряется. В этих случаях робот должен автоматически определять типы возникающих перед ним препятствий и выбирать соответствующий способ их преодоления. Тем самым происходит снижение зависимости робота от человека.

Основные свойства мобильного робота, которые следует учитывать при проектировании движений мобильного робота:

- скоростные свойства;
- влияние ускорения;
- надежность;
- уровень потребления энергии [5].

Конструктивно мобильный робот включает в себя движители, манипуляторы и их схваты, двигатели, различные датчики, устройства связи и т.д. Специфическими для роботов являются первые два типа устройств. Для представления эффективности роботов рассмотрим проблемы, связанные с проектированием движителей и манипуляторов роботов, а также их схватов.

Для обеспечения перемещения мобильного робота можно определить отличительные характеристики, которые непосредственно зависят от физических свойств среды. Для этого можно рассматривать наземных мобильных роботов, которые перемещаются на:

- конечностях или ногах;
- колесной базе;
- гусеничной базе.

Движителем для мобильных роботов можно называть то устройство, которое преобразует энергию двигателя или внешнего источника в полезную работу по перемещению в соответствующей среде. Тип движителя робота определяется реализуемым им способом передвижения в пространстве, который в свою очередь обусловлен средой, в которой должен функционировать робот. Можно различать движители для перемещения по земле и под землей, по воде и под водой, в атмосфере, космосе, а также движители для робототехнических комплексов для спасательных и других неотложных работ, где есть большая опасность для жизни человека.

Наряду с этим для роботов разработано большое число других движителей. Чаще всего при конструировании движителей роботов

используют бионический подход, то есть способы передвижения земных живых существ. Зоологи выделяют шесть способов передвижения животных.

Для пожарно-спасательных работ наиболее эффективны следующие способы: передвижение на конечностях и ползание. В основном выделяют три основных типа движителей, обеспечивающих передвижение на конечностях: двуногие, четырехногие, многоногие. Можно сказать, что двуногие шагающие роботы из-за больших размеров не подходят для спасательных работ в завалах. Наиболее известными существами в природе, которые передвигаются с помощью ползания, являются змеи и гусеницы. Способы движения этих животных несколько отличаются. В робототехнике используют движители, реализующие как змееподобные движения, так и движения, подобные гусенице. Членистое строение змеероботов облегчает их ремонт и дает возможность роботам объединяться в длинные структуры путем «стыковки» двух и более роботов. Основная проблема движителей змеино-го типа – их высокая энергозатратность. Поэтому такие роботы, как правило, автономно могут двигаться лишь кратковременно либо по гладкой поверхности. Высокая мобильность змеероботов может быть незаменима, например, при поиске пострадавших от землетрясений в руинах зданий – в таких условиях роботы на гусеницах или колесах не способны передвигаться.

Среди роботов, использующих колесные движители, можно выделить одно-, двух-, трех-, четырех- и многоколесные. Чаще всего применяют четырехколесных роботов. Одно- и двухколесные решения позволяют упростить конструкцию робота, придать ему возможность работать в ограниченных пространствах. Но большей проходимостью обладают многоколесные роботы: шести-, восьми- и более колесные.

Большее сцепление с грунтом, чем колесные движители обеспечивают гусеничные движители. Многие современные роботы разрабатываются как гусеничные.

Манипулятором для мобильных роботов является механизм для управления пространственным положением орудий труда робота и объектов труда. Манипуляторы, как правило, включают в себя звенья, обеспечивающие поступательные и вращательные перемещения его рабочих органов. Среди рабочих органов, в первую очередь, выделяют захватные устройства и специальные устройства. Специфическими для роботов являются их схваты. Можно определить, что проблемы проектирования традиционных движителей прошли большой путь развития и в настоящее время поддерживаются большим числом специализированных программных систем. Методы и программное обеспечение используются также для проектирования традиционных движителей роботов. Иной является ситуация с проектированием движителей, не имеющих прототипов в живой природе. Для движителей данного класса только предстоит разработать

математические модели, а также методы, алгоритмы и программное обеспечение, построенные на основе этих моделей.

В настоящее время можно различать 3 поколения мобильных роботов:

программные, с жестко заданной программой;

адаптивные, с возможностью автоматически перепрограммироваться (адаптироваться) в зависимости от обстановки. Изначально задаются лишь основы программы действий;

интеллектуальные, в которых задание вводится в общей форме, а сам робот обладает возможностью принимать решения или планировать свои действия в распознаваемой им неопределенной или сложной обстановке.

Типичные мобильные роботы имеют следующие компоненты: контроллер, управляющее программное обеспечение датчиков и исполнительные механизмы; контроллер, как правило, микропроцессор, встроенный микроконтроллер или персональный компьютер. Программное обеспечение может быть написано как на языке высокого уровня, так и на языке низкого уровня. Совокупность средств управления, формирующих, принимающих, транслирующих и обеспечивающих выполнение управленческих решений; при этом отдельные ее составляющие обладают технической, информационной, программной и эксплуатационной совместимостью.

Система управления движением предназначена для планирования таких программных траекторий движения робота, которые бы приводили робота в указанное целевое состояние в среде с препятствиями, учитывая динамические характеристики робота. Целевое состояние для этой системы формирует система планирования траектории. На выходе данная система формирует требуемое значение скоростей линейного движения [6].

Отметим прежде, что по степени участия человека в управлении роботом выделяют биотехнических и автономных (автоматических) роботов. К биотехническим относят всех дистанционно-управляемых копирующих роботов, экзоскелетов, роботов, управляемых человеком с пульта управления, а также полуавтоматических роботов (включая роботов с супервизорным управлением, когда оператор вмешивается в действия робота путем, например, целеуказания). Автономные роботы после их создания и настройки могут, в принципе, функционировать без участия человека. Такие роботы обязательно должны обладать элементами искусственного интеллекта.

Для работ в недетерминированной окружающей среде в настоящее время активно развивается особый класс робототехнических систем – адаптивные и интеллектуальные мобильные роботы.

Можно выделить следующие основные обеспечения мобильных роботов:

программное обеспечение;  
информационное обеспечение;  
методическое обеспечение;  
математическое обеспечение;  
лингвистическое обеспечение;  
техническое обеспечение;  
организационное обеспечение.

Программное обеспечение мобильных роботов представляет собой совокупность всех программ и эксплуатационной документации к ним, которые необходимы для выполнения автоматизированного проектирования. Программное обеспечение подразделяют на общесистемное и специальное (прикладное). Общесистемное программное обеспечение предназначено для организации функционирования технических средств мобильных роботов и представлено операционными системами. Специальное программное обеспечение представляет собой реализацию методов и алгоритмов (математического обеспечения) для выполнения проектных процедур.

Основу информационного обеспечения мобильных роботов составляют данные, которые используют конструкторы в процессе проектирования для выработки проектных решений.

Методическое обеспечение мобильных роботов образуют входящие в ее состав документы, которые регламентируют эксплуатацию этих мобильных роботов, а также нормативы, стандарты и другие руководящие документы, регламентирующие процесс и объект проектирования.

Математическое обеспечение мобильных роботов – это методы и алгоритмы, которые реализованы в программном обеспечении мобильных роботов.

Основу лингвистического обеспечения мобильных роботов составляют специальные языковые средства (языки проектирования), предназначенные для описания процедур автоматизированного проектирования и проектных решений.

Техническое обеспечение мобильных роботов включает в себя используемые системами автоматизированного проектирования ЭВМ, мониторы, графопостроители и другие технические устройства.

Организационное обеспечение мобильных роботов устанавливает организационную структуру службы мобильных роботов предприятия, задачи и функции этой службы.

Основной тенденцией развития мобильных пожарных роботов и роботизированных комплексов можно считать универсализацию. При этом универсализация пожарных роботов осуществляется не в ущерб основной специализации роботов. Часто выпуск специализированных роботов

осуществляется с применением отработанных на универсальных роботах технологиях.

Проанализировав все вышеуказанное, можно считать, что мобильные робототехнические комплексы являются эффективным средством в решении такого ответственного дела, как спасение людей. Ведь спасательные службы нуждаются в современных и актуальных технологиях, да и среда, в которой приходится работать спасателям, очень непредсказуема. Дальнейшее развитие пожарных мобильных робототехнических комплексов можно осуществлять за счет эволюции способов тушения и улучшения тактико-технических характеристик путем внедрения передовых технологий.

### **Литература**

1. Карпенко, А.П. Робототехника и системы автоматизированного проектирования: учеб. пособие / А.П. Карпенко. – М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2014. – 71 с.
2. ГОСТ Р 55895-2013, Техника пожарная. Системы управления робототехнических комплексов для проведения аварийно-спасательных работ и пожаротушения. Общие технические требования. Методы испытаний.
3. Вяльцев, Г.Б. Сравнительные испытания шасси колесных роботов / Г.Б. Вяльцев, Ю.И. Сагитов // Технические науки – от теории к практике: сб. ст. по матер. XXIX междунаро. науч.-практ. конф. – № 12(25). – Новосибирск: СибАН, 2013. – С. 165–174.
4. Automation Control - Theory and Practice / Edited by A. D. Rodić. – Inteh, 2009. – 396 p.
5. Добрынин, Д.А. Моделирование некоторых форм адаптивного поведения интеллектуальных роботов / Д.А. Добрынин, В.Э. Карпов // Информационные технологии и вычислительные системы. – 2006. – № 2. – С. 45–56.



**УДК 616-036.22**

**Гарибян Р.Г.**

*Государственная академия кризисного управления МЧС Республики Армения*

**АНАЛИЗ ЧАСТОТЫ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ВНУТРИБОЛЬНИЧНЫХ  
ИНФЕКЦИЙ ДЫХАТЕЛЬНЫХ ПУТЕЙ НАСЕЛЕНИЯ  
РЕСПУБЛИКИ АРМЕНИЯ В КОНТЕКСТЕ ИХ ПРОФИЛАКТИКИ  
В УСЛОВИЯХ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ В ЦЕЛЯХ  
ПОВЫШЕНИЯ КУЛЬТУРЫ БЕЗОПАСНОСТИ**

Проблема профилактики и лечения инфекций, связанных с оказанием медицинской помощи в чрезвычайных ситуациях, в настоящее время остается одной из самых актуальных во всем мире. Ими заболевают в среднем от 5 до 18 % больных, находящихся на стационарном лечении.

В Республике Армения отсутствует отдельный специальный учет значимых форм этих инфекций: ассоциированные инфекции дыхательных путей, инфекции мочевыводящих путей, инфекции кровотока.

Рассматриваемая тематика актуальна и с точки зрения возможного распространения инфекций в чрезвычайных ситуациях (ЧС) в контексте биологической безопасности населения Республики Армения.

*Ключевые слова:* хирургические отделения, внутрибольничная пневмония, распространение инфекций в ЧС, культура безопасности.

**R.G. Gharibyan**

*Crises Management State Academy Ministry of the Emergency Situations of the Republic of Armenia*

**ANALYSIS OF THE FREQUENCY OF SPREAD OF NOSOCOMIAL  
INFECTIONS OF THE RESPIRATORY TRACT OF THE POPULATION  
OF THE REPUBLIC OF ARMENIA IN THE CONTEXT OF THEIR  
PREVENTION IN EMERGENCY SITUATIONS IN ORDER TO IMPROVE  
SAFETY CULTURE**

The problem of the prevention and treatment of infections associated with the provision of medical care in emergencies. Currently remains one of the most urgent in the whole world. They fall ill with an average of 5 to 18% of patients in hospital care.

In the Republic of Armenia, there is no separate special accounting of significant forms of these infections: associated respiratory infections, urinary tract infections, bloodstream infections.

The subject under consideration is relevant from the point of view of the possible spread of infections in emergencies (ES), in the context of the biological safety of the population of the Republic of Armenia.

*Key words:* surgical departments, nosocomial pneumonia, spread of infections in emergencies, safety culture.

### **Введение**

Внутрибольничные инфекции – понятие собирательное, включающее различные нозологические формы. Наиболее удачным и полным следует считать определение, предложенное Европейским региональным бюро Всемирной организации здравоохранения в 1979 г.: «Внутрибольничная инфекция – любое клинически распознаваемое инфекционное заболевание, которое поражает больного в результате его поступления в больницу или обращения за лечебной помощью, или инфекционное заболевание сотрудника больницы вследствие его работы в данном учреждении вне зависимости от проявления симптомов заболевания до или во время пребывания в больнице» [4].

Нарушение санитарно-гигиенического и противоэпидемического режима в лечебных учреждениях, которое чаще проявляется при ЧС, приводит к росту заболеваемости внутрибольничных инфекций и возникновению вспышек инфекционных болезней. Наслаиваясь на основное заболевание (травму, ожог, радиоактивное или химическое поражение, инфекционное заболевание и др.), по причине которого пораженный поступает на лечение, внутрибольничные инфекции утяжеляют течение основного заболевания, увеличивают длительность госпитализации больных и нередко сказываются на частоте летальных исходов.

Инфекция дыхательных путей считается внутрибольничной, если она впервые проявляется через 48 часов или более после нахождения в больнице при условии отсутствия клинических проявлений этих инфекций в момент поступления и исключения вероятности инкубационного периода.

**Актуальность проблемы** внутрибольничной (нозокомиальной) пневмонии обусловлена постоянно возрастающим количеством заболеваний, вызванных внутрибольничными антибиотикорезистентными штаммами и высоким уровнем летальности, так как хирургическая помощь в ЧС природного и техногенного характера будет являться ведущей в системе экстренной медицинской помощи. В условиях ЧС, вызванных как техногенными, так и природными катастрофами, в лечебно-профилактические учреждения и медицинские формирования (полевые госпитали) поступает одновременно большое количество пораженных (больных) и в силу переуплотнения лечебных отделений организация правильных и эффективных санитарно-противоэпидемических мероприятий оказывается сложной и затруднительной.

Однако не во всех медучреждениях республики определены формы и методы работы по организации санитарно-противоэпидемического режима



по предотвращению возникновения и развития внутрибольничных инфекций в лечебно-профилактических учреждениях, развертываемых в зонах бедствий при ЧС. В развитие действующих нормативных документов по профилактике внутрибольничных инфекций еще не разработаны организационные вопросы развертывания сохранившихся стационарных лечебно-профилактических учреждений в зонах бедствий и мобильных специализированных формирований – полевых многопрофильных госпиталей, используемых как инфекционные больницы.

Всего насчитывается более 200 агентов, которые могут быть причиной внутрибольничных инфекций. До появления антибиотиков основными из них были стрептококки и анаэробные палочки. Однако после начала клинического применения антибиотиков возбудителями основных инфекций стали ранее непатогенные (или условно-патогенные) микроорганизмы. Наиболее распространенные микроорганизмы, вызывающие инфекционные заболевания в лечебно-профилактических учреждениях при ЧС, представлены в таблице 1.

Источниками внутрибольничных инфекций, имеющими эпидемиологическое значение в условиях ЧС, являются:

инфекционные больные с острыми, стертыми и хроническими формами заболеваний, включая раневую инфекцию;

носители патогенных и условно-патогенных микроорганизмов среди поступающих больных;

медицинские работники со стертыми, вялопротекающими формами инфекционного заболевания;

грызуны и членистоногие.

Основными путями передачи внутрибольничных инфекций в лечебно-профилактических учреждениях, работающих в условиях ЧС, являются искусственные (искусственные):

инвазивные терапевтические процедуры;

различные диагностические манипуляции (скопии, биопсии и др.);

операции, трансфузии, катетеризации, трансплантации;

неинвазивные лечебные и диагностические процедуры (аппараты для ингаляции и др.).

**Отличия** госпитального штамма возбудителей внутрибольничных инфекций от обычного следующие: повышенная агрессивность, устойчивость, патогенность; способность к длительному выживанию; постоянная циркуляция среди больных и персонала.

**Для возникновения** внутрибольничных инфекций необходимо наличие следующих звеньев инфекционного процесса: источник инфекции (посетитель-хозяин, пациент, медработник); возбудитель (микроорганизм); факторы передачи; восприимчивый организм.

Таблица 1 – Этиологическая структура внутрибольничных инфекций, значимых в чрезвычайных ситуациях

Заболевание	Класс	Возбудитель инфекции	Патогенность пациентов
Стафилококкозы	Бактерии; грамположительные кокки	Staphylococcus aureus St. epidermidis, другие стафилококки и микрококки	П УП
Стрептококкозы	Грамположительные кокки	Streptococcus pyogenes), Str. agalactiae), Str. pneumoniae	П УП УП
Инфекция синегнойная	Грамотрицательные аэробные бактерии	Pseudomonas aeruginosa	УП
Хламидиоз респираторные	Грамотрицательные неспорообразующие бактерии	Campylobacter	УП/П
Грипп и другие ОРВИ	Вирусы	Вирусы из семейств: Orthomyxoviridae рода Influenzavirus; Picornaviridae рода Rhinovirus; Reoviridae; Paramyxoviridae рода Pneumovirus	П
Пневмоцистоз (пневмоцистная пневмония)	Паразитарные микро- и макроорганизмы: дрожжевой микроорганизм	Pneumocystis carinii	П
Шигеллез	Грамотрицательные аэробные бактерии	Shigella	П
Эшерихиозы	Грамотрицательные аэробные бактерии	Escherichia coli	УП
Корь	Вирусы	РНК-содержащий вирус из семейства Paramyxoviridae рода Morbillivirus	П
Ротавирусная инфекция	Вирусы	РНК-содержащий вирус из семейства Reoviridae рода Rotavirus	П

*Примечание. П – патогенные бактерии, вызывают клинически выраженное заболевание у здоровых людей; УП – условно-патогенные бактерии, вызывают заболевание только в присутствии специфического предрасполагающего фактора.*

**Факторами передачи** чаще всего выступают: пыль, вода, продукты питания, оборудование и медицинские инструменты.

Ведущими путями заражения в условиях стационара являются контактно-бытовой, воздушно-капельный и воздушно-пылевой.

**Механизмы передачи инфекции:** аэрозольный, контактный.

**Способствующие факторы:** к факторам внутрибольничной среды, способствующим распространению инфекции, относятся: недооценка эпидемической опасности внутрибольничных источников инфекции дыхательных путей и риска заражения при контакте с пациентом; перегрузка стационара, что вполне возможно при ЧС; наличие невыявленных носителей внутрибольничных штаммов среди медперсонала и пациентов; нарушение медперсоналом правил асептики и антисептики, личной гигиены; несвоевременное проведение текущей и заключительной дезинфекции, нарушение режима уборки; недостаточное оснащение стационара дезинфекционными средствами; нарушение режима дезинфекции, стерилизации медицинских инструментов, аппаратов, приборов; устаревшее оборудование; отсутствие фильтрационной вентиляции.

**Внутрибольничные инфекции** по характеру и длительности течения классифицируют на: острые, подострые, хронические.

**По степени тяжести:** тяжелые, среднетяжелые, легкие формы клинического течения.

В настоящее время проблема профилактики и лечения инфекций дыхательных путей, связанных с оказанием медицинской помощи, остается одной из самых актуальных во всем мире. Согласно данным ВОЗ, лечение около 0,7 миллиона людей ежегодно осложняется из-за внутрибольничных инфекций. Аналогичная картина наблюдается также и в самых современных медучреждениях развитых стран, где от 5 до 18 % пациентов страдают от осложнений, связанных с инфекциями. При этом указанный показатель в США колеблется в пределах 5-6 %, в Евросоюзе он составляет 7,1 %, а в развивающихся странах – 25-40 %, в России показатель осложнений у пациентов составляет 8-10 %, *Беларуси* – 35 %, *Казахстане, Армении* – 7-20 % [7].

Летальность при различных нозологических формах колеблется от 3,5 до 60 %, а при генерализованных формах достигает примерно такого же уровня, как в доантибиотическую эру.

Республика Армения не является исключением. Эта проблема является одной из самых значимых и трудноразрешимых в современной медицине. Нельзя представить стационар, даже оснащенный суперсовременной техникой, в котором не возникало бы случаев внутрибольничного инфицирования дыхательных путей. Регистрируемый уровень заболеваемости инфекциями, связанный с оказанием медицинской помощи в Армении, не отражает его истинного положения [2]. Частота внутрибольничного инфицирования варьируется в широких пределах и, как

отмечает ряд авторов, зависит от типа стационара, степени инвазии и агрессивности лечебно-профилактического процесса, характера основной патологии и других факторов [3].

Инфекции дыхательных путей, связанные с оказанием медицинской помощи, утяжеляют общее состояние больных и увеличивают продолжительность пребывания пациентов в стационаре в среднем на 7–9 дней (в хирургических стационарах – на 14–16 дней). По данным российских ученых Семиной Н.А., Ковалевой Е.П. (2007), Покровского В.И., Акимкина В.Г. (2011), каждый случай инфекции увеличивает пребывание пациента в стационаре в среднем на 10 дней; стоимость их лечения возрастает в 3–4 раза [6].

Активные разноплановые научные исследования эпидемиологии инфекций дыхательных путей, связанных с оказанием медицинской помощи, привели к существенным изменениям в понимании причин их возникновения и закономерностей распространения.

В соответствии с Законом «О медицинской помощи и обслуживании населения Республики Армения» качество медицинской помощи является одной из приоритетных задач современного здравоохранения [1]. Одним из критериев качества оказания медицинской помощи в медицинских организациях является показатель распространения внутрибольничных инфекций. Однако регистрация этих инфекций в Армении на протяжении последних пяти лет (по данным Центра гигиенического и противоэпидемиологического надзора МЗ РА) остается на уровне примерно 0,75 на 1000 пациентов и не имеет тенденции к снижению. МЗ Армении представило на утверждение Правительства республики Программу по контролю и профилактике внутрибольничных инфекций на 2016–2020 годы [2]. Цель работы: провести анализ частоты распространения и удельного веса внутрибольничных инфекций дыхательных путей в общей структуре инфекций, связанных с оказанием медицинской помощи в РА, в контексте биологической безопасности населения, в том числе с точки зрения распространения инфекций в ЧС.

Для изучения распространения инфекций, связанных с оказанием медицинской помощи, проведен ретроспективный анализ государственных докладов «О санитарно-эпидемиологической обстановке в Республике Армения» за период с 2015 по 2018 гг. и «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Республике Армения» за период с 2011 по 2018 гг. [2]. Рассчитывались интенсивные показатели (средние величины, стандартное отклонение), стратифицированные показатели. Критическое значение уровня статистической значимости при проверке нулевых гипотез принималось равным 0,05. Внутрибольничные инфекции дыхательных путей в республике не имеют тенденции

к снижению. Показатель заболеваемости в 2010 году был в среднем 0,75 на 1000 пациентов и не имеет тенденции к снижению, в 2018 году также составил примерно 0,75. За указанный период в структуре внутрибольничных инфекций дыхательных путей по профилю стационаров удельный вес хирургических стационаров составил в среднем  $(25,5 \pm 0,02) \%$  и ежегодно увеличивается: если в 2010 году удельный вес составлял 21,3 %, то в 2018 году – 27,5 %.

Необходимо отметить, что учет внутрибольничных пневмоний как самостоятельной нозологической формы в Армении начат лишь в 2012 году. До указанного времени учет внутрибольничных пневмоний проводился в совокупности с послеоперационными инфекциями, постинъекционными осложнениям и инфекциями мочевыводящих путей и т.д. На протяжении 2012-2016 годов внутрибольничные пневмонии занимали четвертое место в общей структуре инфекций (после прочих инфекций, послеоперационных осложнений, гнойно-септических инфекций новорожденных и родильниц), а с 2016 года занимают 3-е место  $(31,13 \pm 4,5) \%$  ( $p < 0,05$ ), т.е. частота выявления внутрибольничных пневмоний не имеет тенденции к снижению.

Инфекции, связанные с оказанием медицинской помощи в республике, регистрировались преимущественно в хирургических учреждениях, на которые в среднем приходилось  $(58,4 \pm 4,8) \%$ , на акушерские стационары –  $(9,1 \pm 4,5) \%$ , на детские стационары –  $(7,2 \pm 2,4) \%$ ; на прочие стационары –  $(6,3 \pm 1,4) \%$ , что, на наш взгляд, связано со сравнительно полноценным учетом случаев инфекций в хирургических отделениях и недоучетом случаев заболеваемости новорожденных и родильниц в акушерских и детских стационарах. В структуре наибольший удельный вес занимают пневмонии –  $(31,13 \pm 4,5) \%$  и послеоперационные инфекции –  $(34,5 \pm 9,06) \%$ , на долю остальных инфекций, связанных с оказанием медицинской помощи, приходится менее 27,1 % [5].

Как показывают многолетние изучения инфекций, связанных с оказанием медицинской помощи, удельный вес послеоперационных инфекций динамично снижался с 41,4 % в 2012 году до 25,4 % в 2013 году, в 2014 году отмечался подъем до 33,0 % с последующим снижением в 2018 году до 31,2 %. Динамика регистрации постинъекционных осложнений носит циклический характер с периодами подъема в 2012 и 2014 годах.

При использовании аппаратов искусственной вентиляции легких с вирусно-бактериальными фильтрами признаки внутрибольничных инфекций дыхательных путей проявлялись на 10 сутки и более у 50,8 % пациентов. При нахождении на искусственной вентиляции легких более 10 суток риск развития этих инфекций у пациентов с заболеваниями органов

брюшной полости и грудной клетки в 2,1 раза выше, чем у пациентов с травмами [6].

Таким образом, за изучаемый период количество инфекций, связанных с оказанием медицинской помощи, не имеет тенденции к снижению, при этом увеличивается удельный вес внутрибольничных пневмоний в отделениях хирургического профиля.

Стратифицированный показатель инцидентности – частота возникновения новых случаев заболевания определенной нозологической формы инфекций, связанных с оказанием медицинской помощи, ассоциированной с продленным действием определенного фактора риска (искусственной вентиляцией легких) за определенный период наблюдения с учетом суммарного времени экспозиции фактора риска, добавленным всеми членами популяции [4].

В РА отсутствует отдельный учет значимых форм, ассоциированных с искусственной вентиляцией легких, инфекциями дыхательных путей. Также отсутствует отдельный учет инфекции мочевыводящих путей, инфекции кровотока.

Ведущей нозологической формой, начиная с 2012 года, являются внутрибольничные пневмонии. Заболеваемость вентилятор-ассоциированными пневмониями также не имеет тенденции к снижению.

Таким образом, проведя анализ внутрибольничных инфекций дыхательных путей в общей структуре инфекций, связанных с оказанием медицинской помощи, необходимо отметить, что в Армении из всей группы инфекций дыхательных путей статистическому учету подлежат только пневмонии, отсутствует отдельная регистрация вентилятор-ассоциированных инфекций дыхательных путей, что затрудняет изучение заболеваемости данными инфекциями, соответственно, и оценку эффективности профилактических и противоэпидемических мероприятий в ЧС.

### **Заключение**

1. Проблема внутрибольничных инфекций и противоинфекционного контроля является приоритетной по ряду причин, к которым относятся следующие:

смертность от них в медицинских стационарах пока высокая, в ЧС она будет гораздо выше;

инфекция, полученная больным в стационаре, значительно удорожает его лечение, так как предполагает использование дорогостоящих антибиотиков и увеличивает сроки госпитализации;

потеря трудоспособности в связи с внутрибольничными инфекциями несет значительные финансовые проблемы для больного и его семьи.

2. Структура ущерба, связанного с внутрибольничной заболеваемостью, складывается из увеличения времени пребывания больных в стационаре, роста летальности, а также сугубо материальных потерь. Однако существует еще и социальный ущерб, не поддающийся стоимостной оценке (отлучение больного от семьи, трудовой деятельности, инвалидизация, летальные исходы и пр.).

3. Лечебные учреждения представляют собой зоны «повышенного экологического риска», где на ограниченном пространстве пребывает ежегодно много тысяч больных и медицинского персонала с повышенной восприимчивостью к возбудителям инфекций.

4. Эпидемический процесс в лечебных учреждениях, подчиняясь общим законам эпидемиологии, имеет свою специфику и закономерности, особенно в ЧС, без серьезного изучения которых нельзя рассчитывать на эффективность профилактических и противоэпидемических мероприятий.

5. Количество инфекций, связанных с оказанием медицинской помощи в РА, не имеет тенденции к снижению. Наибольшее количество инфекций, связанных с оказанием медицинской помощи, регистрируется в стационарах хирургического профиля –  $(58,4 \pm 4,8) \%$ . В структуре инфекций, связанных с оказанием медицинской помощи, в РА внутрибольничные пневмонии занимают 3-е место –  $(31,13 \pm 4,5) \%$ .

6. В республике отсутствует отдельный учет значимых форм, ассоциированных с искусственной вентиляцией легких, инфекции дыхательных путей.

7. Инфекции, связанные с оказанием медицинской помощи, на современном этапе характеризуются высокой контагиозностью, широким спектром возбудителей, разнообразными путями их передачи, высокой стойкостью к антибиотикам и химиотерапевтическим препаратам и представляют собой одну из основных причин смертности больных в стационарах различного профиля, в ЧС эта проблема будет более острой.

8. Инфекции, связанные с оказанием медицинской помощи на современном этапе, увеличивают стоимость лечения.

9. Качество госпитальной среды и опасность развития инфекций, связанных с оказанием медицинской помощи, более чем на 40% зависит от социально-субъективных причин. Психофизиологические и профессиональные качества медицинского работника как индивида, личности и субъекта деятельности в конкретных условиях стационара взаимодействуют с социальным окружением, объектами и средствами труда, определяя в конечном итоге успех всего коллектива в лечении больного.

### Предложения

1. Любое клинически выраженное заболевание микробного происхождения, которое поражает больного в результате его поступления в больницу или обращения за медицинской помощью, вне зависимости от проявления симптомов заболевания у пациента во время пребывания в стационаре или после его выписки, а также инфекционное заболевание сотрудника лечебной организации вследствие его инфицирования при работе в данной организации должны подлежать учету и регистрации как внутрибольничная инфекция.

2. Необходимо дальнейшее изучение заболеваемости внутрибольничными пневмониями с разработкой комплекса профилактических и противоэпидемических мероприятий в ЧС.

3. Профилактика внутрибольничных инфекций является сложным и комплексным процессом, который должен включать: минимизацию возможности заноса инфекции извне, исключение распространения инфекции между больными внутри учреждения, исключение выноса инфекции за пределы стационара.

4. Необходимо усилить роль министерства здравоохранения по профилактике внутрибольничных инфекций.

5. Необходимо провести дифференциацию законодательных и организационных аспектов нарушений, выявленных в ходе проверок в медучреждениях РА, а также контролировать эпидемиологическое состояние учреждений, оказывающих медицинские услуги, вне зависимости от формы собственности последних.

6. Имеются значительные резервы для ограничения парентеральных вмешательств и, следовательно, для снижения постинъекционных осложнений. Для реализации этих резервов в республике необходимо ввести строжайший эпидемиологический надзор за всеми видами инвазивных вмешательств.

7. В целях предупреждения возникновения и распространения внутрибольничных инфекций в лечебных организациях должны своевременно и в полном объеме проводиться предусмотренные санитарными правилами и иными актами РА профилактические и санитарно-противоэпидемиологические мероприятия.

8. С целью контроля внутрибольничных инфекций в лечебной организации необходимо создание комиссии по профилактике внутрибольничных инфекций, полномочия которой должны распространяться на все подразделения и службы лечебной организации. В своей деятельности комиссия должна будет руководствоваться положением, разработанным и утвержденным для каждой конкретной лечебной организации.



9. Помимо интенсивных показателей заболеваемости необходимо рассчитывать показатели, позволяющие определять действие ряда факторов риска (стратифицированные показатели).

10. Анализ заболеваемости внутрибольничными инфекциями необходимо проводить с учетом сроков возникновения заболевания после операции, места проведения операции (номер операционной), длительности операции, времени, прошедшего с момента поступления, до операции, продолжительности пребывания в стационаре, профилактического применения антибиотиков, типа чистоты операции (класса раны), оценки тяжести состояния пациента.

11. Необходима организация производства современного стерилизационного медицинского оборудования по лицензии и с использованием комплектующих ведущих мировых производителей такого оборудования.

12. Следует максимально сокращать сроки пребывания пациента в стационаре (отделении) в период предоперационной подготовки.

13. При поступлении пациента на операцию, выполняемую в плановом порядке, предварительное обследование проводить в амбулаторно-поликлинических условиях без повторного обследования.

14. Необходимо учитывать особенности контингента поступающих больных, так как у пораженного населения снижены специфические и неспецифические защитные свойства организма под влиянием экологических процессов и действий поражающих факторов при ЧС природного и техногенного характера. У пострадавших в ЧС могут наблюдаться различные соматические, хронические заболевания, что в сочетании с травмами, ожогами, отравлениями, облучением, стрессом может значительно снизить иммунный статус, и возбудитель попадает в организм уже больного человека, который не обладает достаточным ресурсом для борьбы с внедрившимся агентом. Именно этим объясняется решающая роль условно-патогенных микроорганизмов в возникновении внутрибольничных инфекций.

15. Медицинский персонал должен мыть руки до и после выполнения всех манипуляций пациентам, выделенным в группу высокого риска развития внутрибольничных инфекций. Мытье рук и использование перчаток не исключают друг друга. Причем мытье рук после снятия перчаток также необходимо, так как они могли быть незаметно порваны или содержать невидимые трещины или повреждения.

Все вышеизложенные предложения относятся и к условиям ЧС, при выполнении которых повысится эффективность мероприятий биологической безопасности населения.

### Литература

1. Закон РА «О медицинской помощи и обслуживании населения Республики Армения».
2. Доклад МЗ Республики Армения «О санитарно-эпидемиологической обстановке в Республике Армения за период с 2012 по 2016 г.».
3. «Программа по контролю и профилактике внутрибольничных инфекций в Республике Армения на 2016-2020 годы», Министерство здравоохранения Республики Армения.
4. Госпитальная инфекция / В.Д. Беляков [и др.]. – Л.: Воениздат, 1976. – 214 с.
5. Организация работы госпитального эпидемиолога: учебн.-методич. пос. для студентов / Хакимов Н.М. [и др.]. Ч. 1. – Казань: КГМУ, 2013. – 108 с.
6. Покровский, В.И. Национальная система надзора за внутрибольничными инфекциями / В.И. Покровский, Н.А. Семина, Е.П. Ковалева // Эпидемиология и инфекционные болезни. – 2001. – № 3. – С. 4–5.
7. Основные компоненты для программ профилактики инфекций и инфекционного контроля, Второе совещание Неформальной сети по профилактике инфекций и инфекционному контролю в здравоохранении, ВОЗ, 26-28 июня 2008 г., Женева, Швейцария.



**УДК 699.812: 666.972.16-691.6**

**А.С. Казарян**

*Государственная академия кризисного управления МЧС Республики Армения*

## **ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ СОВРЕМЕННЫХ СТАЦИОНАРНЫХ ПОЖАРНЫХ РОБОТОВ И РОБОТИЗИРОВАННЫХ КОМПЛЕКСОВ ПОЖАРОТУШЕНИЯ**

Анализ пожарной опасности пожароопасных объектов показывает, что их состояние требует создания принципиально новой пожарной техники, позволяющей уменьшить время обнаружения пожара, временные показатели срабатывания пожарной автоматики и обеспечить безопасность работы пожарных в условиях чрезвычайных ситуаций (ЧС) повышенного риска.

*Ключевые слова:* пожар, пожароопасные объекты, пожаротушения, пожарный робот, роботизированный комплекс, возможность избирательности.

**H.S. Ghazaryan**

*Crises Management State Academy Ministry for Emergency Situations of the Republic of Armenia*

## **EFFICIENCY OF APPLICATION OF MODERN STATIONARY FIRE ROBOTS AND ROBOTICATED COMPLEXES OF FIRE-FIGHTING**

Analysis of the fire hazard of fire hazardous objects shows that their condition requires the creation of a fundamentally new fire technique that allows to reduce the time of detection of a fire and to reduce the time indicators of operation of fire automatics and to ensure the safety of firefighters in conditions of increased risk.

*Key words:* fire, flammable objects, firefighting operation, robotized complexes, the possibility of selectivity.

Практика показывает, что абсолютно пожаробезопасных объектов не существует. Пожар возможен под водой и под землей, на воде, на земле, в воздухе и даже в космическом корабле. При таком подходе к вопросу все материальные элементы объекта, включая элементы конструкций зданий, необходимо рассматривать не с точки зрения их функционального назначения, материальной или духовной ценности, а как пожарную нагрузку данного объекта, как вещество и материалы, способные гореть в случае возникновения пожара.

Можно сказать, что перспективное направление совершенствования пожарной техники – это пожарные роботы и роботизированные стационарные комплексы, которые позволяют осуществлять следующее:

- круглосуточный контроль за охраняемым пожароопасным объектом;
- разведку и оперативную оценки пожарной обстановки;
- тушение локальных пожаров;

охлаждение строительных конструкций и технологического оборудования.

Тушение пожаров в зданиях является весьма специфической областью деятельности, в основе которой лежат фундаментальные законы физики и химии. Эффективность воздействия на пожар зависит от эффективности огнетушащих веществ, мощности и количества средств их подачи. Все это относится к научно-техническим аспектам пожаротушения. Выбор способа пожаротушения и необходимой интенсивности подачи огнетушащего средства определяется свойствами (составом) горючего, его количеством, конкретными условиями места возникновения пожара и геометрическими размерами защищаемого объекта, продолжительностью свободного горения.

Уменьшить степень участия человека при проведении работ в опасных условиях можно, используя дистанционно управляемое оборудование. В связи с этим весьма актуальным является создание робототехнических комплексов, предназначенных для проведения работ по предупреждению или ликвидации последствий нештатных ситуаций [1].

Современное развитие науки и техники позволяет говорить о следующем шаге для повышения противопожарной защиты пожароопасных объектов и пожаротушении: внедрение пожарных роботов и роботизированных комплексов, где интеллектуальные способности человека соединяются с техническими возможностями средств автоматизации. Необходимо отметить, что эффективность пожаротушения зависит от эффективности огнетушащих веществ, мощности и количества средств их подачи. Все это относится к научно-техническим аспектам пожаротушения. Выбор способа пожаротушения и необходимой интенсивности подачи огнетушащего средства определяется свойствами (составом) горючего, его количеством, конкретными условиями места возникновения пожара и геометрическими размерами защищаемого объекта, продолжительностью свободного горения.

Пожарные роботы и роботизированные комплексы относятся к водопенным автоматическим установкам пожаротушения и для целого ряда пожароопасных объектов являются альтернативой спринклерным и дренчерным установкам. Для подтверждения эффективности пожарных роботов и роботизированных комплексов сравним их со спринклерной автоматической установкой пожаротушения.

Спринклерные оросители устанавливаются над защищаемой зоной на расстоянии не более 4 м друг от друга. При загорании тепловой поток устремляется вверх, и после срабатывания тепловых замков вскрываются соответствующие оросители. Точность обнаружения очага возгорания определяется шагом расстановки и составляет 2,8 м (от центра квадрата), а защищаемая площадь – 25 кв. м. К достоинствам спринклерных установок

нужно отнести расположение оросителя непосредственно над защищаемой зоной и простой механизм действия: сработал тепловой замок в зоне очага, и тут же проводится тушение этого очага.

Недостатки спринклерных установок следующие:

характерная для термочувствительных элементов существенная инерционность обнаружения загорания;

необходимость частой установки оросителей в большом количестве с прокладкой целой сети трубопроводов;

ограничение по высоте — при значительной высоте конвекционные тепловые потоки могут пройти мимо спринклеров, защищающих расчетную зону, и тогда пожаротушение затрудняется;

спринклеры не имеют дистанционного управления — нельзя заставить спринклер включиться там, где горит, и выключить его, когда тушить не надо, есть только автоматический режим на включение.

Расстановка пожарных роботов, входящих в состав роботизированных комплексов, проводится с учетом того, чтобы каждая точка помещения или защищаемого оборудования находилась в зоне действия не менее двух струй.

Рассмотрим пожарного робота с расходом 20 л/с и радиусом действия 50 м. С одной точки таким роботом защищается площадь 7850 кв. м, на которую потребовалось бы около 500 спринклерных оросителей и 2 км стальных труб для их подключения. В автоматическом режиме пожаротушение защищаемой зоны осуществляется сканированием по площади загорания навесными струями воды. Пожарные роботы относятся к автоматическим установкам пожаротушения, считаются одним из самых надежных средств борьбы с пожарами: они приводятся в действие по объективным показателям и обеспечивают оперативное тушение очага возгорания в его начальной стадии без участия человека [2].

Можно сказать, что основу роботизированных пожарных комплексов составляют пожарные роботы. Среди известных типов пожарных роботов, включая андроидные и мобильные, наиболее широкое практическое применение нашли стационарные пожарные роботы на базе лафетных стволов (рисунки 1, 2).



Рисунок 1 – Пожарный робот с программным управлением с расходом 20 л/с



Рисунок 2 – Пожарный робот с программным ИК-сканером и ТВ-камерой  
с расходом 40 л/с

Одно из ценных качеств пожарных роботов – способность защитить достаточно большую площадь – 5–15 тыс. м<sup>2</sup> при расходе 20-60 л/с соответственно. Водоснабжение осуществляется только по магистральной сети. Важно, что адресная доставка воды и пены осуществляется по воздуху по всей защищаемой зоне непосредственно на очаг загорания, а не на расчетную площадь, определенную проектом раз и навсегда. При этом соблюдается требующаяся интенсивность орошения благодаря дозированной подаче, соответственно, тепловой мощности очага загорания.

Технические требования на пожарные роботы данного типа представлены в ГОСТ Р 53326-2009, в соответствии с которым пожарный робот – это автоматическое устройство, манипулирующее пожарным стволом в сферической системе координат, выполненное на базе лафетного стационарного ствола с дистанционным управлением с фиксированной или

подвижной установкой [3]. Пожарный робот включает в себя устройство обнаружения загорания и устройство программного управления. Он предназначен для тушения и локализации пожара или охлаждения технологического оборудования и строительных конструкций. Выполняя эту работу, пожарный робот замещает пожарного-ствольщика в местах, опасных для жизни. Пожарные роботы можно применять в высокопролетных зданиях и сооружениях: ангары для самолетов, машинные залы ТЭЦ и АЭС, спортивные и выставочные комплексы с пребыванием людей, склады различного назначения, резервуарные парки ГСМ, сливо-наливные эстакады, вертолетные площадки, трансформаторные подстанции.

Пожарные роботы могут быть оснащены ИК-сканерами для автоматического обнаружения загорания и ТВ-камерами для видеоконтроля (рисунок 2). Их чувствительность позволяет обнаружить очаг возгорания площадью  $0,1 \text{ м}^2$  в пределах защищаемой зоны, а быстродействие составляет считанные секунды, в течение которых определяются размеры возгорания в трехмерной системе координат.

Область применения автоматических установок пожаротушения значительно увеличилась с появлением автоматических установок пожаротушения на базе серийно выпускаемых роботизированных пожарных комплексов, обеспечивающих широкие технические возможности, позволяющие применять их там, где традиционные спринклерные и дренчерные автоматические установки пожаротушения малоэффективны или неприемлемы.

Робототехника представляет собой высокотехнологическую, наукоемкую инженерную отрасль, которая интенсивно развивается во всех передовых странах. Робототехнические системы в настоящее время широко используются в промышленности, на транспорте, в медицине, военном деле, космонавтике и других областях. Альтернативы роботам не существует в ситуациях, когда выполнение некоторой задачи находится за пределами возможностей человека либо сопряжено с чрезмерной угрозой его здоровью и жизни [3].

На базе пожарных роботов формируются установки автоматического пожаротушения – роботизированные пожарные комплексы (рисунок 3).

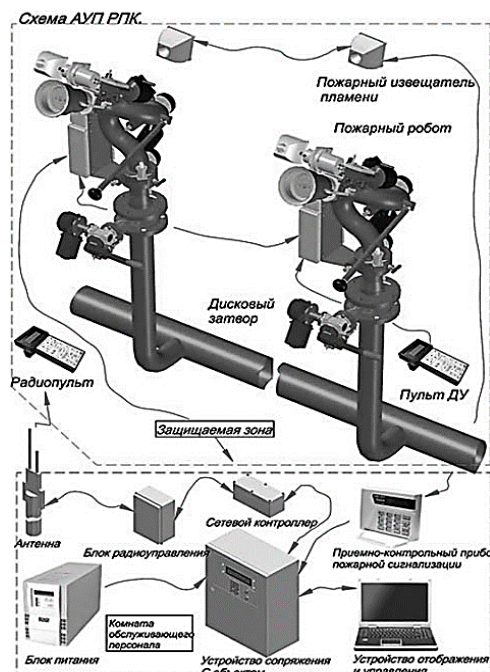


Рисунок 3 – Схема автоматической установки пожаротушения – роботизированный пожарный комплекс

Роботизированный комплекс – автоматическое устройство, предназначенное для тушения и локализации пожара и включающее в себя два и более пожарных робота, систему определения координат загорания и устройство программного управления комплексом, которые соединены информационным каналом связи [4].

Можно определить, что совершенствование роботизированных комплексов проходило по трем этапам. Вначале пожарные роботы создавались на базе лафетных пожарных стволов, но тактические возможности современных лафетных пожарных стволов ограничиваются дальностью создаваемой ими струи. Для лафетных стволов с расходом более 20 л/с дальность подачи воды для различных конструкций составляет от 43 до 55 м (рисунок 4).

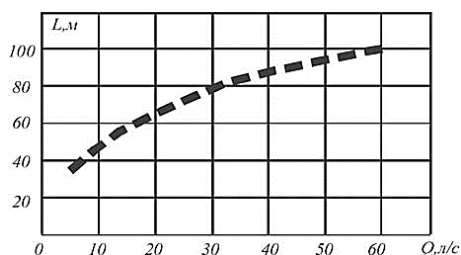


Рисунок 4 – График дальности сплошной струи при рабочем давлении на насадке



Увеличение дальности струи традиционно достигается увеличением производительности ствола, что, в свою очередь, значительно повышает требования к подводящим сетям водоснабжения. В результате существенно возрастает стоимость таких систем и усложняется их конструкция. Небольшая дальность сплошной струи применяемых лафетных стволов снизила конкурентные преимущества роботизированных комплексов перед традиционными системами автоматического водяного пожаротушения. Решить эту проблему помогло создание специальной насадки, которая позволяет формировать максимально длинную сплошную струю. Конструкция насадки обеспечивает безударный вход потока в насадку, равномерный прирост скорости вдоль профиля насадки, усреднение скорости по сечению потока. Простота конструкции насадки позволяет создавать роботизированные системы с широким диапазоном расходных характеристик, что обеспечивает использование комплексов для тушения пожаров в пожаровзрывоопасных объектах, охлаждения строительных конструкций.

При внедрении роботизированных комплексов пожаротушения с использованием лафетных пожарных стволов практики столкнулись с необходимостью регулирования расхода воды в зависимости от давления на подводящем трубопроводе, так как длина и траектория струи существенно зависят от давления на насадке. Новые насадки позволяют сохранить дальность струи после выхода на рабочее давление (рисунок 5).

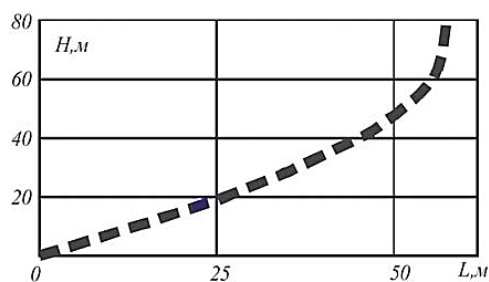


Рисунок 5 – График дальности сплошной струи расходом 15 л/с

Таким образом, для роботизированных комплексов пожаротушения вместо лафетных пожарных стволов более эффективно применять специально разработанные для роботизированных комплексов насадки. А так как отличительной особенностью пожарного робота является возможность подачи большего количества огнетушащего вещества в заданное пространство, то к роботизированным комплексам пожаротушения предъявляют дополнительные требования, в особенности к подсистемам обнаружения пожара, что обеспечивает высокую достоверность обнаружения пожаров, малую инерционность, точное определение местоположения очага горения.

Используемые для целей обеспечения пожарной безопасности объектов пожарные извещатели не в полной мере удовлетворяют этим требованиям.

Для обеспечения более эффективного пожаротушения в роботизированных комплексах используется принцип контроля теплового поля в ИК-диапазоне, который имеет исключительную конкурентную способность по сравнению с другими способами обнаружения пожара. Этот способ получил название «Метод оптической решетки» (рисунок 6).

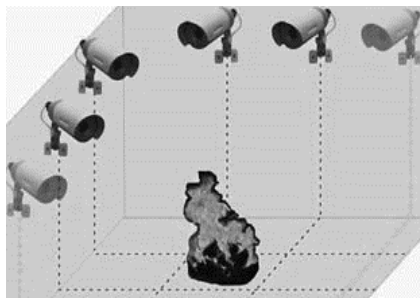


Рисунок 6 – Система обнаружения координаты пожара

Подсистема обнаружения пожара построена на основе адресно-аналоговых датчиков теплового потока, расположенных в защищаемом помещении. Установка датчиков выполняется таким образом, что все защищаемое помещение делится на зоны одинаковой формы. Каждая зона имеет свои координаты, которые заложены в алгоритм тушения для каждой роботизированной установки пожаротушения. Опрос управляющим контрольно-адресным модулем адресно-аналоговых датчиков теплового потока позволяет вести постоянный тепловой мониторинг защищаемого помещения. Алгоритм обнаружения определяется техническими требованиями к разработке программного обеспечения.

Этим методом обнаружения пожара решаются следующие задачи:

классификация показаний датчика;

выбор оптимального расстояния расстановки датчиков;

определение значения теплового поля.

Задача выбора оптимального расположения датчиков определяется как классическая задача оптимизации для заданной минимальной интенсивности обнаруживаемого очага при критерии минимального количества датчиков с учетом архитектурных особенностей объекта и решается индивидуально для каждого конкретного объекта на этапе проектирования системы.

Роботизированные комплексы представляют собой эффективное управление комплексами. С точки зрения аппаратной реализации система управления роботизированным комплексом должна отвечать двум основным требованиям: с одной стороны, она должна обладать быстродействием, достаточным для решения возлагаемого на нее комплекса задач в режиме

реального времени, а с другой – отвечать типичным требованиям к системам пожаротушения, то есть быть надежной и простой в обслуживании.

К требованиям программного обеспечения пожарного робота относятся: возможности его относительно быстрого изготовления и изменения, надежность и быстроедействие, а также безотказность и безопасность.

Управление системой роботизированных комплексов пожаротушения осуществляется с помощью прибора приемно-контрольного охранно-пожарного управления путем получения необходимых параметров от системы раннего обнаружения и дальнейшего направления роботизированных стволов в очаг пожара и зоны охлаждения строительных конструкций. При переводе системы в ручной режим оператор имеет возможность дистанционно управлять роботизированными стволами, контролируя их положение на экране монитора, а также дополнительно посредством системы видеонаблюдения.

Каждая из роботизированных установок пожаротушения имеет свою уникальную адресацию, что позволяет гибко управлять подсистемой подачи воды. При возникновении аварийной ситуации (тления, перегрева) или непосредственного возникновения горения алгоритмом работы системы предусмотрен запуск не менее двух роботизированных установок пожаротушения и проводится автоматическая ориентация их в направлении очага пожара. При этом осуществляется дистанционное открытие запорного вентиля на данном стволе. Обе роботизированные установки пожаротушения направляются в соответствии с принятым алгоритмом подачи воды и при отсутствии реакции диспетчера на предупреждение о пожаре запускается автоматическая подача воды, учитывающая периодическое изменение направления стволов.

Основным достоинством пожарных роботов и роботизированных комплексов является полнопроцессная система пожаротушения: обнаружение загорания на ранней стадии, определение координат и площади загорания в трехмерной системе координат, точная подача огнетушащего вещества с высокой интенсивностью по воздуху и быстрое тушение по оптимизированной программе, прекращение тушения при отсутствии признаков горения, повторное тушение при появлении загорания.

Вместе с тем пожарный робот путем строчного сканирования струи может орошать большие площади в пределах очага возгорания (включая  $120 \text{ м}^2$ ) с интенсивностью не менее  $0,12 \text{ л/с}^2$ ). На рисунке 7 представлены схемы спринклерной и роботизированной установок пожаротушения.

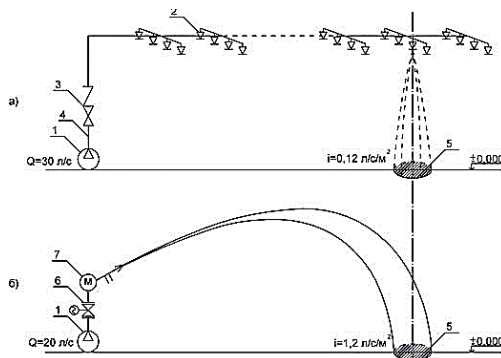


Рисунок 7 – Схемы спринклерной (а) и роботизированной установок пожаротушения (б): 1 – водопитатель; 2 – ороситель; 3 – узел управления; 4 – подводящий трубопровод; 5 – защищаемый участок,  $S = 12 \text{ м}^2$ ; 6 – задвижка с электроприводом; 7 – пожарный робот

Можно считать, что роботизированные комплексы являются эффективными средствами для пожаротушения в объектах. Эти технические средства, кроме пожаротушения, могут осуществлять круглосуточный контроль за пожароопасным объектом, разведку и оперативную оценку пожарной обстановки, охлаждение строительных конструкций и технологического оборудования.

Следует отметить, что в проектировании роботизированных комплексов пожаротушения определенную роль должна играть возможность избирательности. Это означает, что для различных параметров пожара роботизированная система подбирает наиболее оптимальную защиту объекта. При этом наиболее важным становится минимизация подачи огнетушащих средств при безусловной ликвидации пожара.

### Литература

1. Батанов, А.Ф. Робототехнические системы для применения в условиях чрезвычайных ситуаций / А.Ф. Батанов // Специальная техника. – 2000. – № 2.
2. Горбань, Ю.И. Пожарные роботы в современных технологиях автоматического пожаротушения / Ю.И. Горбань // Алгоритм безопасности. – 2010. – № 3. – С. 66–71.
3. Карпенко А.П. Робототехника и системы автоматизированного проектирования: учеб. пособие / А.П. Карпенко. – М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2014. – 71 с.
4. Техника пожарная. Установки пожаротушения роботизированные. Общие технические требования. Методы испытания. – Москва: Стандартинформ, 2009.

5. Терехнев, В.В. Пожарная тактика / В.В. Терехнев, А.В. Подгрушный. – М., 2007.

6. ГОСТ Р 55895-2013 Техника пожарная. Системы управления робототехнических комплексов для проведения аварийно-спасательных работ и пожаротушения. Общие технические требования. Методы испытаний.



## **УДК 528.8.04**

**Тишабаев А.Ю., Хаджиева Б.А., Бойхурозов М.Р.**

*Институт пожарной безопасности МЧС Республики Узбекистан*

### **РОЛЬ ТРАНСПОРТИРОВКИ ПОСТРАДАВШЕГО В ОКАЗАНИИ ПЕРВОЙ ПОМОЩИ ПРИ ЧС**

Рассматривается вопрос о роли транспортировки пострадавшего в оказании первой помощи при ЧС, где важнейшей задачей первой медицинской помощи пострадавшему является его скорейшая и правильная транспортировка в лечебное учреждение.

*Ключевые слова:* транспортировка, спасение, эвакуация, первая помощь, ожог, переломы, кровотечения.

**A.Yu. Tishabaev, B.A. Khadzhieva, M.R. Boykhurozov**

*Institute of Fire Safety of the Ministry for Emergency Situations of the Republic of Uzbekistan*

### **ROLE OF TRANSPORT OF THE INJURED IN FIRST AID AT EMERGENCY**

This article discusses the role of transporting the victim in first aid in case of emergency, where the most important task of first aid to the victim of emergency is his speedy and proper transportation to the hospital.

*Key words:* transportation, rescue, evacuation, first aid, burn, fractures, bleeding.

Бед может случиться где угодно: дома, на улице, дороге, при авариях и катастрофах (пожарах). Очень часто смерть пострадавшего наступает не из-за тяжести травм, а из-за отсутствия элементарных знаний по вопросам первой медицинской помощи у оказавшихся рядом людей, иногда близких родственников, знакомых или друзей. Причиной отсутствия или недостаточности таких знаний могут быть не только беспечность и равнодушие, но и мнимая уверенность в том, что беда обойдет их стороной.

Первая медицинская помощь – это комплекс простейших медицинских мероприятий, выполняемых на месте получения повреждения в порядке само- и взаимопомощи, а также участниками спасательных работ с использованием табельных и подручных средств. Основная цель первой медицинской помощи – это спасение жизни пострадавшего, устранение продолжающегося воздействия поражающего фактора и быстрейшая эвакуация его из зоны (очага) поражения. Оптимальный срок оказания первой медицинской помощи: после получения травмы – до 30 мин, при отравлении – до 10 мин, при остановке дыхания это время сокращается до 5–7 мин. Важность фактора времени подчеркивается хотя бы тем, что среди лиц, получивших первую медицинскую помощь в течение 30 мин

после травмы, осложнения возникают в два раза реже, чем у лиц, которым помощь была оказана позже этого срока. Каждые 20 из 100 погибших могли быть спасены, если бы помощь оказывалась своевременно и правильно на месте происшествия. Отсутствие же помощи в течение 1 часа после травмы увеличивает количество летальных исходов среди тяжело пораженных на 30 %, до 3-х часов – на 60 % и до 6-ти часов – на 90 %, то есть количество погибших возрастает почти вдвое.

«Транспортировка» (больных, пострадавших и т.д.) – термин, давно вошедший в пожарно-спасательную литературу и повседневную деятельность пожарных и спасателей. Очень часто спасатели передают с места ЧС или происшествия о транспортировке пострадавших в какое-либо безопаснее место или автомобиль скорой медицинской помощи.

«Эвакуация – процесс организованного самостоятельного движения людей непосредственно наружу или в безопасную зону из помещений, в которых имеется возможность воздействия на людей опасных факторов пожара». Здесь речь идет о самостоятельном движении людей и термин «эвакуация» ничего общего с понятием «транспортировки» не имеет, так как очевидно, что транспортировка – это прежде всего вынужденное перемещение, движение людей в безопасную зону с помощью кого-либо (например, спасателей) или чего-либо (оборудования). Более близкие по смыслу понятия приведены в нормативных документах, касающихся сферы пожарной безопасности и спасательных работ – это термин «спасение».

«Спасение представляет собой вынужденное перемещение людей наружу при воздействии на них опасных факторов пожара или при возникновении непосредственной угрозы этого воздействия. Спасение осуществляется самостоятельно с помощью пожарных подразделений или специально обученного персонала, в том числе с использованием спасательных средств, через эвакуационные и аварийные выходы».

Определение «спасение» в некоторой степени отражает понятие «транспортировки», но и в этом определении есть свои изъяны. Во-первых, «спасение» при такой трактовке имеет ограниченное, «узкое» понятие, смысл. Люди вынужденно перемещаются только лишь при воздействии на них опасных факторов пожара. Очевидно, что перемещаются люди в безопасное место не только, когда они находятся рядом с пожаром, но и в любом другом случае при наличии непосредственной угрозы для их жизни. Во-вторых, спасение при таком определении «может осуществляться самостоятельно». При транспортировке пострадавший всегда перемещается с посторонней помощью, так как сам этого сделать не может.

На месте происшествия при пожарах и ЧС прежде всего надо остановить у пострадавшего кровотечение, наложить повязки на раны, зафиксировать с помощью шин переломы костей, при ожогах помощь оказывается с особой

осторожностью. Особенно вот в таких случаях правильная транспортировка играет важную роль, так как скорая помощь в отдаленных, например горных районах, может прибыть на место происшествия с опозданием и доставка пострадавшего возлагается на спасателей и пожарных. Только после оказания первой помощи можно переносить, грузить и транспортировать его в лечебное учреждение, по возможности быстро и осторожно. Неумелая транспортировка может привести к различным осложнениям: болевому шоку, усилению кровотечения и смещению отломков костей.

Чтобы этого не произошло, извлекать из-под обломков автомобиля, поднимать и укладывать пострадавшего на носилки следует вдвоем или втроем. При отсутствии стандартных носилок их несложно сделать из досок, жердей, фанеры, одеяла, пальто. Например, можно соединить две жерди деревянными распорками, сверху положить одеяло, пальто или другой материал. Таким захватом можно воспользоваться при извлечении пострадавшего из автомобиля, если вы оказались на месте происшествия один, а экстренная ситуация – пожар (ожог), кровотечение, прекращение дыхания и остановка сердца у него – не позволяет дожидаться помощи.

Применение этого захвата обеспечивает свободную проходимость дыхательных путей, относительную неподвижность позвоночника и даже небольшое его вытяжение, что особенно важно, если поврежден шейный отдел позвоночника. Чтобы переложить пострадавшего на носилки, двое становятся с той стороны, где нет раны, ожога или перелома, один подводит свои руки под голову и спину пострадавшего, второй под ноги и таз, по команде поднимают одновременно и так, чтобы позвоночный столб оставался прямым. Если поднимают втроем, то один поддерживает голову и грудь, второй – спину и таз, третий – ноги. В таком положении осторожно поднимают, переносят и опускают пострадавшего на носилки, стараясь не причинить ему боли.

Правила переноски пострадавшего. В положении лежа переносят и транспортируем с повреждением позвоночника, живота, ранениями головы, при переломах костей таза и нижних конечностей. В случае тяжелой травмы головы и если пострадавший без сознания, то необходимо повернуть его голову на бок или уложить на бок. Если нет тяжелых травматических повреждений позвоночника, ребер, грудины, но пострадавший находится в бессознательном состоянии, переносить и перевозить его следует в положении на боку или животе. Это так называемое безопасное положение предотвращает западение языка и обеспечивает свободное поступление воздуха в легкие. Один из наиболее частых приемов первой медицинской помощи – иммобилизация – создание неподвижности поврежденной части тела, конечностей. Важнейшей задачей первой медицинской помощи пострадавшему при ЧС является его скорейшая и правильная



транспортировка в лечебное учреждение. Транспортировка пострадавшего должна быть быстрой, безопасной, щадящей. Необходимо помнить, что причинение боли во время транспортировки способствует развитию осложнений – нарушению деятельности сердца, шока.

Выбор вида и способа транспортировки зависит от условий, в которых находится пострадавший, состояния пострадавшего, имеющихся в распоряжении транспортных средств. При отсутствии какого-либо транспорта следует осуществить переноску пострадавших в лечебное учреждение на санитарных или импровизированных носилках либо при помощи лямки или на руках.

Есть предположение, что термин «транспортировка» изначально в пожарно-спасательную службу пришел из медицины. В порядке оказания отдельных видов медицинской помощи дано определение понятия «медицинская эвакуация» и указано, в каких случаях она осуществляется – при оказании скорой, в том числе скорой специализированной, медицинской помощи в чрезвычайных ситуациях. «Медицинская эвакуация – это транспортировка с места происшествия или места нахождения пациента (вне медицинской организации), а также из медицинской организации, в которой отсутствует возможность оказания необходимой медицинской помощи при угрожающих жизни состояниях, женщин в период беременности, родов, послеродовой период и новорожденных лиц, пострадавших в результате чрезвычайных ситуаций и стихийных бедствий». Здесь термин «транспортировка» входит в понятие «медицинская эвакуация» и не имеет самостоятельного понятия, определения.

Специалисты в области оказания первой помощи выделяют следующие виды транспортировки:

экстренная (при наличии непосредственной угрозы для пострадавшего его немедленно перемещают за пределы опасного очага);

краткая (пострадавшего перемещают на несколько метров – в более удобное для проведения медицинских манипуляций место или в санитарный транспорт для дальнейшей эвакуации);

длительная (эвакуация за пределы зоны происшествия, как правило, в медицинский стационар).

При внимательном изучении у первых двух видов определения транспортировки есть общее понятие, присущее им обоим, – это слово «перемещение». Перемещение является синонимом слова «транспортировка», именно слова, а не понятия. Хотя понятие «транспортировка» шире, глубже по своему смыслу, значению. В данном случае термин «перемещение» может являться «краеугольным камнем» в определении понятия транспортировки. Опираясь на опыт пожарных и

спасателей, именно с первым и вторым видом транспортировки чаще всего они сталкиваются на выездах.

Суммируя все вышеизложенное, предлагается дать широкое и конкретное определение понятию «транспортировка» для дальнейшего его внедрения в нормативную базу и повседневную деятельность пожарно-спасательных подразделений и отметить, на кого возлагаются эти обязанности. «Транспортировка – это вынужденное перемещение пострадавших с места ЧС или происшествия при угрожающих их жизни состояниях в безопасное место или положение с использованием штатных спасательных и других средств любым доступным и безопасным способом».

Транспортировка осуществляется пожарно-спасательными подразделениями, прибывшими на место ЧС или происшествия.

При транспортировке пострадавшего пожарно-спасательными подразделениями важно:

придание пострадавшему оптимального положения тела;

контроль состояния пострадавшего и оказание психологической поддержки;

передача пострадавшего бригаде скорой медицинской помощи.

Таким образом, можно говорить о том, что при указанной формулировке каждая правильная транспортировка пострадавшего будет относиться к первой помощи и вместе с этим сыграет важную роль в спасении жизни человека, так как правильная транспортировка без причинения дополнительного вреда пострадавшему определяет его дальнейшее выздоровление.

### **Литература**

1. Указ Президента Республики Узбекистан «О внедрении в Республике Узбекистан качественной новой системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций, а также обеспечения пожарной безопасности», 2017 год.

2. Попов, П.И. Некоторые проблемные вопросы медицинской эвакуации / П.И. Попов, О.П. Должиков, С.Г. Суворов. // Медицина катастроф. – 2015. №4 (92).

3. Агапов, В.К. Первая медицинская помощь в чрезвычайных ситуациях / В.К. Агапов. – М., 1995.

4. Чазов, Е.И. Неотложные состояния / Е.И. Чазов. – М., 2002.

5. Закон Республики Узбекистан «О пожарной безопасности», 2009 год.

6. Закон Республики Узбекистан «О гражданской защите», 2006 год.



**УДК 53:371-3**

**Тишабаев А.Ю., Хаджиева Б.А., Бойхурозов М.Р., Султонов С.С.**

*Институт пожарной безопасности МЧС Республики Узбекистан*

## **ПРОРАБОТКИ ВОПРОСА РАЗВЕРТЫВАНИЯ ОСНОВНОГО ТАКТИЧЕСКОГО ПОДРАЗДЕЛЕНИЯ**

Рассматриваются вопросы развертывания основных тактических подразделений с учетом минимакса для целесообразности использования проработанных итераций в вопросах постановки и принятия решений при руководстве привлекаемыми пожарно-спасательными подразделениями.

*Ключевые слова:* пожарная безопасность, боевое развертывание, время, тактическое подразделение, ствол, рукава.

**A.Yu. Tishabaev, B.A. Khadzhieva, M.R. Boykhurozov, S.S. Sultonov**

*Institute of Fire Safety of the Ministry for Emergency Situations of the Republic of Uzbekistan*

## **DEVELOPMENT OF THE QUESTION OF THE DEPLOYMENT OF THE MAIN TACTICAL DIVISION**

This article discusses the deployment of the main tactical units taking into account minimax for the feasibility of using well-developed iterations in the formulation and decision-making when managing involved fire and rescue units.

*Key words:* fire safety, combat deployment, time, tactical unit, barrel, sleeves.

Как известно, по прибытии подразделения на пожар одновременно с разведкой проводится боевое развертывание, т.е. приведение сил и средств в состояние готовности для выполнения боевой задачи.

Боевое развертывание состоит из следующих этапов: подготовки к развертыванию, предварительного развертывания и полного развертывания. Выполнение того или иного этапа зависит от полноты сведений об обстановке на пожаре и решающего направления в действиях подразделений.

Полное боевое развертывание предусматривает прокладку рукавных линий для подачи огнетушащего средства к месту пожара и выход ствольщиков на боевые позиции. Учитывая, что тактико-технические данные основных пожарных автомобилей значительно шире физических возможностей боевых расчетов, а уровень механизации трудоемких работ, связанных с боевым развертыванием подразделений, недостаточный, в гарнизонах применяют различные приемы боевого использования основных пожарных автомобилей и взаимодействия между номерами боевых расчетов в отделениях и между ними.

Поскольку процесс тушения пожара в зависимости от сложившейся обстановки и имеющихся в наличии сил и средств может быть осуществлен

в один или несколько этапов, ему должны сопутствовать одна или несколько вполне законченных и четких операций по боевому развертыванию отделения. Поэтому руководитель тушения пожара, отдавая приказ на боевое развертывание, должен правильно расставить силы и средства с учетом объема предстоящей работы и времени, необходимого на выполнение той или иной операции.

Мы рассмотрим, от каких факторов зависит время боевого развертывания одного подразделения, участвующего в процессе введения сил и средств.

Скорость боевого развертывания зависит от условий обстановки на пожаре, физической тренированности, тактической и психологической подготовки личного состава подразделений, а также их количества в боевом расчете, типов и видов вводимых стволов, места их введения, способов и приемов боевого развертывания. Время боевого развертывания во многом зависит от оптимальности его схемы. В основу боевого развертывания может быть положен принцип выбора насосно-рукавных систем, позволяющих обеспечить необходимую подачу огнетушащих средств на наибольшее расстояние или наибольшую высоту за минимальное время.

Схема боевого развертывания должна обеспечить необходимый напор огнетушащего средства в контрольной точке (у насадка ствола, генератора пены и т.д.) и быть оптимальной в данной обстановке на пожаре.

Для решения рассматриваемой задачи и, исходя из вышеуказанного, в условиях современного представления о потребности в логистической системе знаний о методах подготовки и ведения боевых действий составной их частью на различных этапах тушения пожара главную роль играет значение основного тактического подразделения. При определении времени свободного развития пожара необходимо учитывать время боевого развертывания первого прибывшего основного тактического подразделения.

Проведенный анализ статистических данных, характеризующих действия пожарных подразделений, показал, что в тушении рассматриваемого ряда пожаров на территории Республики Узбекистан принимают участие от одного до двух первичных тактических подразделений и одна единица на специальном пожарном автомобиле. В случае сосредоточения на месте пожара двух подразделений на основных пожарных автомобилях общего применения, исходя из их тактических возможностей, максимальные расстояния для подачи огнетушащих веществ (которое учитывается как положительное граничное условие) возможно на 250-260 м по горизонтали, что соответствует количеству напорных рукавов для прокладки магистральной линии к месту пожара.

При необходимости прокладки магистральных линий на большие расстояния по горизонтали для сокращения времени развертывания подается

ствол первой помощи от емкости первичного тактического подразделения, но при развитом пожаре, при котором необходима подача огнетушащего вещества с обеспечением условий бесперебойной подачи, или при отсутствии возможности проезда к месту пожара, имеет место применения схем развертывания по условиям А и Б, показанные на рисунках 1 и 2 соответственно. Причем моделируются условия развертывания основного тактического подразделения в зависимости от рассматриваемого ряда пожаров с условием минимакса – как правило, принятие решений, используемых в теории игр, теории принятия решений, исследовании операций и статистике для минимизации возможных потерь из тех, которые лицу, принимающему решение, нельзя предотвратить при развитии событий по наилучшему для него сценарию.

Данный принцип минимакса целесообразно использовать в задачах приближения функций исследования боевых действий, где критерием минимакса являются последовательные и в то же время одновременные действия первичных тактических подразделений. В целях проработки вопроса развертывания основного тактического подразделения и дальнейшей формализации боевых действий в зависимости от вариантов расстановки первичных тактических подразделений проведен расчет выполнения норматива пожарно-строевой подготовки.

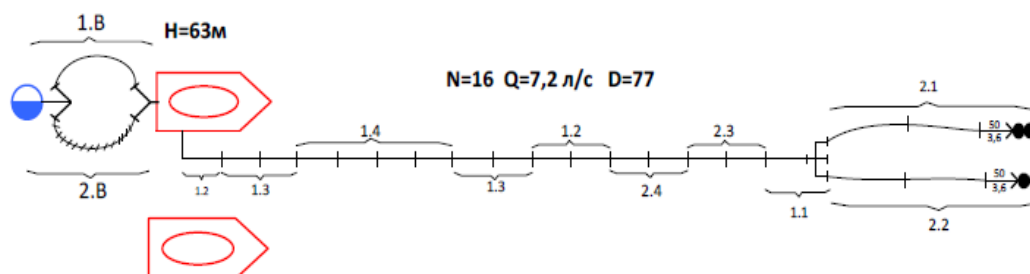


Рисунок 1 – Схема развертывания по условию А

Вариант «А» с учетом граничных условий (ночь, зима, снежный покров до 40 см), первичные тактические подразделения проводят развертывание с подачей двух ручных стволов с однотипной позиции.

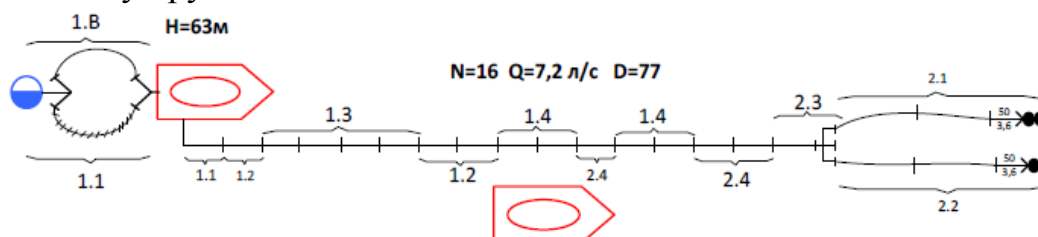


Рисунок 2 – Схема развертывания по условию Б

Вариант «Б» с учетом идентичных граничных условий (ночь, зима, снежный покров до 40 см), первичные тактические подразделения проводят развертывание с различных позиций, но с подачей идентичных стволов.

Проработка вопроса развертывания основных тактических подразделений по количеству итераций с условием минимакса: минимальное время выполнения пожарными подразделениями боевого развертывания основного тактического подразделения по варианту «А» составляет 1,57 мин, с учетом граничных условий достигает 4,49 мин, по варианту «Б» – 1,3 мин, с учетом граничных условий достигает 2,71 мин. Так, тактическое подразделение продолжит исследование развертывания основных тактических подразделений с учетом минимакса для целесообразности использования проработанных итераций в вопросах постановки и принятия решений при руководстве привлекаемыми пожарно-спасательными подразделениями. Моделируемые условия развертывания соответствующих основных тактических подразделений показывает необходимость учета времени на заполнение магистральной и рабочих линий, которое составляет 1,67 мин, а также время на проведение рабочей проверки и включения в СИЗОД для формирования звена газодымозащитной службы, которое составляет минуту.

### Литература

1. Повзик, Я.С. Пожарная тактика / Я.С. Повзик, П.П. Ключ, А.М. Матвейкин. – М., 1990.
2. Данилов, М.М. Программно-алгоритмическое обоснование решения задачи управления и принятия решений при пожаротушении на объектах экономики / М.М. Данилов, А.Н. Денисов, В.Б. Захаревский // Проблемы техносферной безопасности-2015: сб. материалов четвертой междунар. науч.-практ. конф. молодых ученых и специалистов. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2015. – С. 246–248.
3. Методические указания по выполнению контрольных работ по дисциплине «Пожарно-строевая подготовка» / С.Н. Долматов [и др.]. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2012. – 99 с.
4. Кулдашев, А.Х. Тактика тушения пожара / А.Х. Кулдашев, Э.Э. Сабиров, С.С. Султонов. – Ташкент, 2016.
5. [www.Пожарная\\_охрана.ru](http://www.Пожарная_охрана.ru).



**УДК 614.84.658.5**

**канд. техн. наук Фирсов А.Г., Зубань В.В., Загуменнова М.В.,  
Копченев В.Н.**

*Федеральное государственное бюджетное учреждение «Всероссийский ордена «Знак почёта» научно-исследовательский институт противопожарной обороны министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий» (ФГБУ ВНИИПО МЧС России)*

## **ОБСТАНОВКА С ЧРЕЗВЫЧАЙНЫМИ СИТУАЦИЯМИ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ ЗА ПЕРВОЕ ПОЛУГОДИЕ 2019 г.**

Представлены результаты статистического анализа обстановки с чрезвычайными ситуациями в Российской Федерации и по федеральным округам за первое полугодие 2019 г. Анализ проводился по количеству чрезвычайных ситуаций, числу погибших, пострадавших и спасенных людей при чрезвычайных ситуациях. Анализировался ущерб, причиненный чрезвычайными ситуациями.

*Ключевые слова:* чрезвычайная ситуация, техногенная чрезвычайная ситуация, природная чрезвычайная ситуация, биолого-социальная чрезвычайная ситуация, террористический акт, материальный ущерб, число погибших людей, число пострадавших людей, число спасенных людей.

**Ph.D. (tech.) A. G. Firsov, V. V. Zuban, M. V. Zagumennova,  
V. N. Kopchenov**

*Federal State Budgetary Institution «All-Russian Order «Badge of Honor» Research Institute of Fire Defense of the Ministry of the Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Disaster Management» (FSBI VNIPO EMERCOM of Russia)*

## **SITUATION WITH EXTREME SITUATIONS IN THE RUSSIAN FEDERATION FOR THE FIRST HALF OF 2019**

The results of a statistical analysis of the situation with emergency situations in the Russian Federation and by federal districts for the first half of 2018–2019 are presented. The analysis was carried out according to the number of emergency situations, the number of dead, injured and rescued people in emergency situations. The damage caused by emergency situations was analyzed.

*Key words:* emergency, technological emergency, natural emergency, biological and social emergency, terrorist act, material damage, number of people killed, number of people affected, number of people rescued.

По Российской Федерации за первое полугодие 2019 г. зарегистрировано 94 чрезвычайные ситуации (далее – ЧС). Техногенные ЧС составляют

75 единиц (79,8 % от общего числа ЧС), крупные террористические акты – 0 (0,0 %), биолого-социальные ЧС – 6 (6,4 %), природные ЧС – 13 (13,8 %).

Число погибших людей в результате ЧС составило 192 человека, из них на ЧС техногенного характера приходится 180 человек (93,7 % от общего количества погибших); на крупные террористические акты – 0 (0,0 %); на ЧС биолого-социального характера – 0 (0,0 %); на ЧС природного характера – 12 (6,3 %).

*05.05.2019. При аварийной посадке в аэропорту «Шереметьево» (Московская область) произошло возгорание пассажирского самолета «Суперджет-100» рейсом SU-1492 «Москва-Мурманск» авиакомпании «Аэрофлот». Погиб 41 человек, пострадало 78 человек, спасено 37 человек.*

Число пострадавших людей в результате ЧС составило 1235 человек. В техногенных ЧС пострадало 787 человек (63,7 % от общего количества пострадавших); в крупных террористических актах – 0 (0,00 %); в биолого-социальных ЧС – 0 (0,00 %); в природных ЧС – 448 (36,3 %).

За первое полугодие 2019 года в результате ЧС спасено 1043 человека. Из них на ЧС техногенного характера приходится 607 человек (58,2 % от общего количества спасенных); на крупные террористические акты – 0 (0,00 %); на ЧС биолого-социального характера – 0 (0,00 %); на ЧС природного характера – 436 (41,8 %).

Общий материальный ущерб от ЧС составил 515,625557 млн руб. На техногенные ЧС приходится 35,625557 млн. руб. (6,9 % от общего материального ущерба); на биолого-социальные ЧС – 0 млн. руб. (0,00 %);

*15.06.2019. В Хабаровском крае произошло ДТП на 168-м км ФАД «Курск-Саратов» (Р-298) с участием 3 легковых автомобилей (Киа, Тойота, Лексус) с последующим возгоранием. Погибло 8 человек, спасен 1 человек.*

на природные ЧС – 480 млн. руб. (93,1 %).

Наибольшее количество ЧС техногенного характера связано с крупными автомобильными катастрофами – 40 случаев. При данной ЧС погибло 111 человек,

пострадал 481 человек и спасено 370 человек.

Второе место по количеству зарегистрированных ЧС приходится на авиационные катастрофы – 9 случаев. При данной категории ЧС погибло 53 человека, пострадало 117 человек, спасено 64 человека.

Третье место по количеству зарегистрированных ЧС приходится на взрывы в зданиях и сооружениях жилого и социально-бытового назначения – 8 случаев. При данной категории ЧС погибло 13 человек, пострадало 78 человек, спасено 65 человек.

Значительное количество природных ЧС связано с сильными дождями, сильными снегопадами, крупным градом. Было зарегистрировано 5 случаев



подобных ЧС. Ни погибших, ни пострадавших, ни спасенных при этом не зарегистрировано. Материальный ущерб тоже отсутствует.

Далее следуют опасные гидрологические явления – высокие уровни вод, низкие уровни вод, ранний ледостав – 4 единицы. При данных ЧС погибло 5 человек, пострадало 353 человека и спасено 348 человек.

Среди ЧС биолого-социального характера необходимо выделить инфекционные заболевания сельскохозяйственных животных – 6 случаев.

В сравнении с аналогичным периодом прошлого года (далее – АППГ) количество ЧС за 6 месяцев 2019 г. в целом по Российской Федерации со 117 случаев за 6 месяцев 2018 г. сократилось до 94 случаев за 6 месяцев 2019 г. Уменьшение количества ЧС составило 19,7 %. Доля ЧС техногенного характера в сравнении с АППГ уменьшилась на 13,8 %, биолого-социального характера – в 2,2 раза, природных ЧС – на 23,53 % (рисунок 1).

Число погибших людей в результате ЧС уменьшилось с 355 человек за 6 месяцев 2018 г. до 192 человек за 6 месяцев 2019 г. Уменьшение числа погибших людей в сравнении с АППГ в результате техногенных ЧС с 353 человек до 180 человек составило 49,01 %, число погибших в результате природных ЧС увеличилось в 6,0 раз с 2 человек за 6 месяцев 2018 года до 12 человек за 6 месяцев 2019 года (рисунок 2).

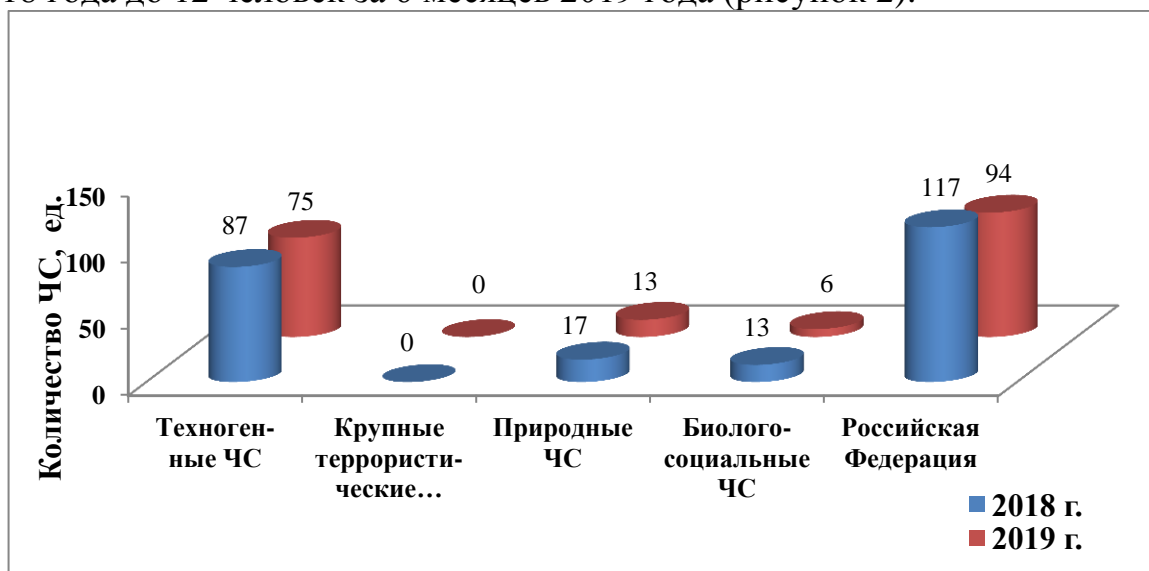


Рисунок 1 – Распределение числа ЧС в Российской Федерации по причинам возникновения за 6 месяцев в 2018–2019 гг.

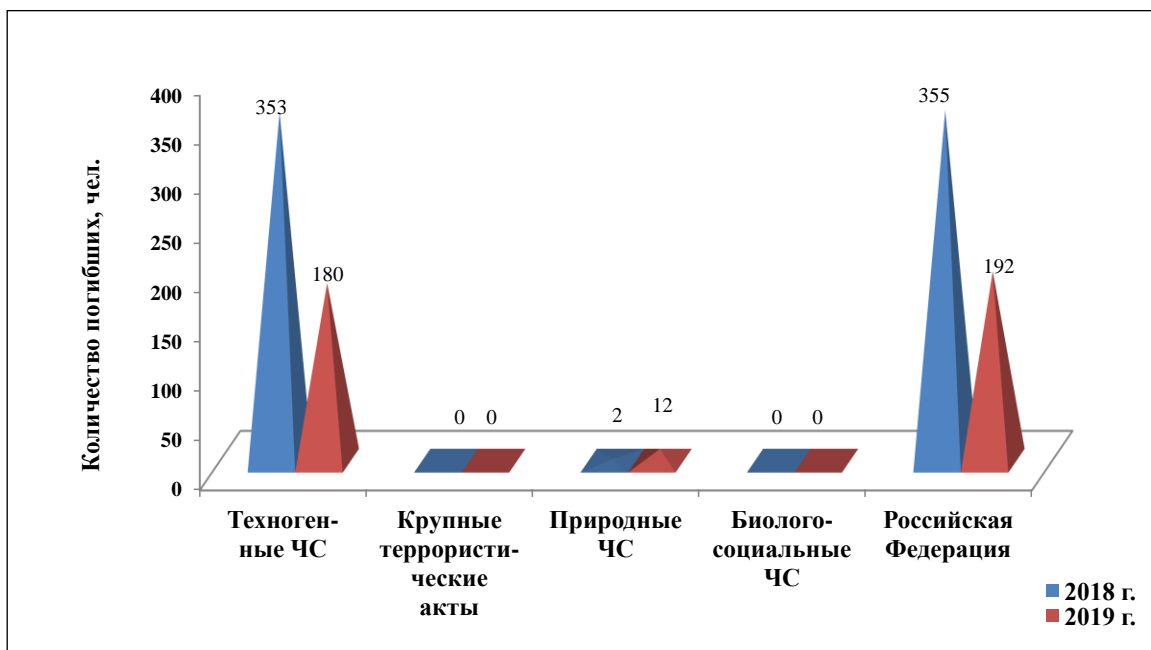


Рисунок 2 – Распределение числа погибших в ЧС за 6 месяцев в 2018–2019 гг.

Общее число пострадавших при ЧС уменьшилось в 28,7 раза по сравнению с АППГ: с 35 459 человек за 6 месяцев 2018 г. до 1235 человек за 6 месяцев в 2019 г. Число пострадавших в техногенных ЧС уменьшилось на 31,68 %, в природных ЧС – в 76,6 раза (рисунок 3).

*26.06.2019. В Иркутской области в результате повышения уровня воды в реках Уда и Бирюса в 5 районах произошло подтопление 4197 жилых домов. Погибло 5 человек, спасено 348 человек.*

Размер материального ущерба за 6 месяцев 2019 года по сравнению с АППГ уменьшился в 4,2 раза. Материальный ущерб от техногенных ЧС уменьшился в 2,4 раза, а биолого-социальных ЧС – на 67423,194 тыс. руб. (рисунок 4).

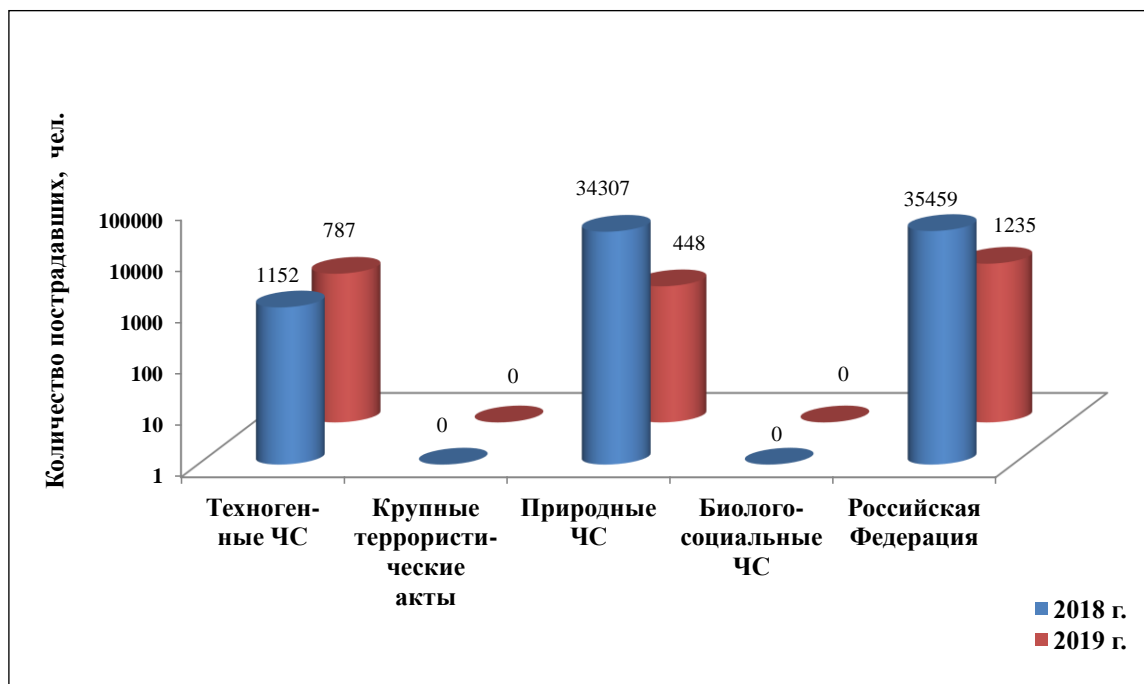


Рисунок 3 – Распределение числа пострадавших в ЧС за 6 месяцев в 2018–2019 гг.

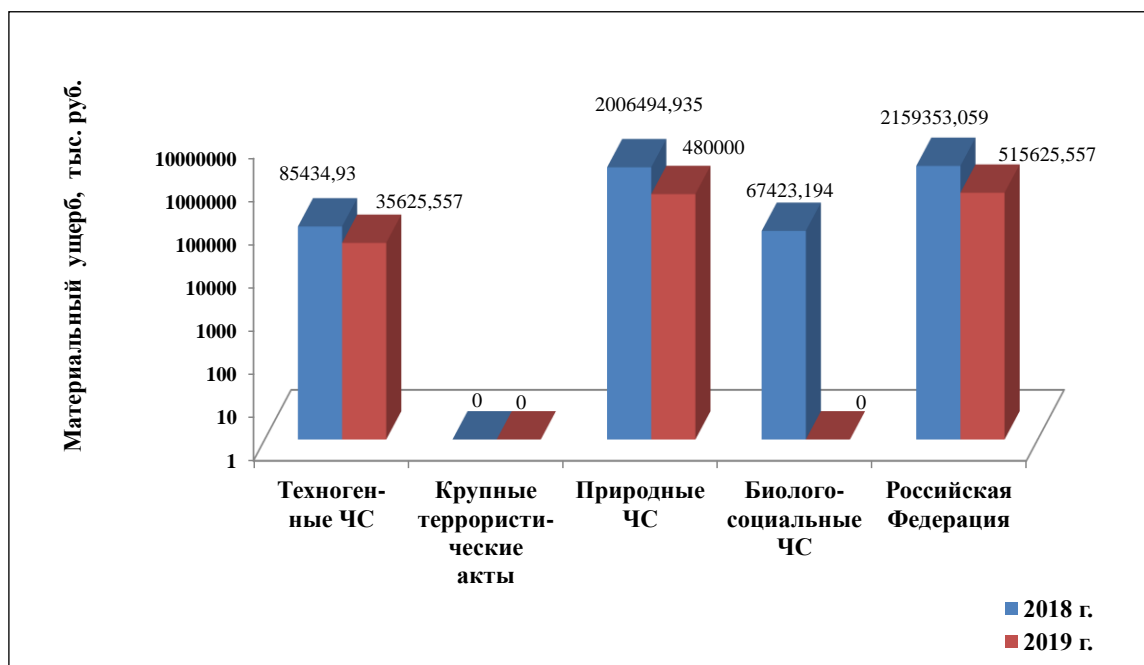


Рисунок 4 – Распределение материального ущерба в результате ЧС за 6 месяцев в 2018–2019 гг.

За 6 месяцев 2019 г. количество локальных ЧС увеличилось на 33,33 % по сравнению с АППГ. Число муниципальных ЧС уменьшилось на 63,04 %, число межмуниципальных ЧС осталось на прежнем уровне, региональных

ЧС уменьшилось на 83,33 %, число межрегиональных осталось на прежнем уровне, число федеральных уменьшилось на 66,67 % (рисунки 5, 6).

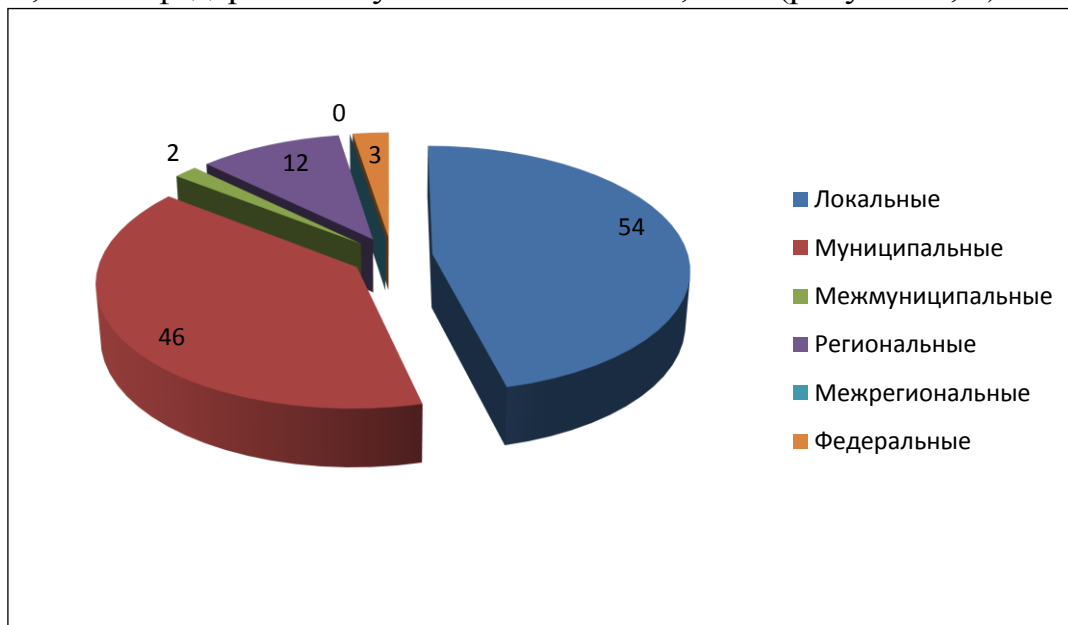


Рисунок 5 – Распределение ЧС в Российской Федерации по границам зон распространения поражающих факторов за 6 месяцев в 2018 г.

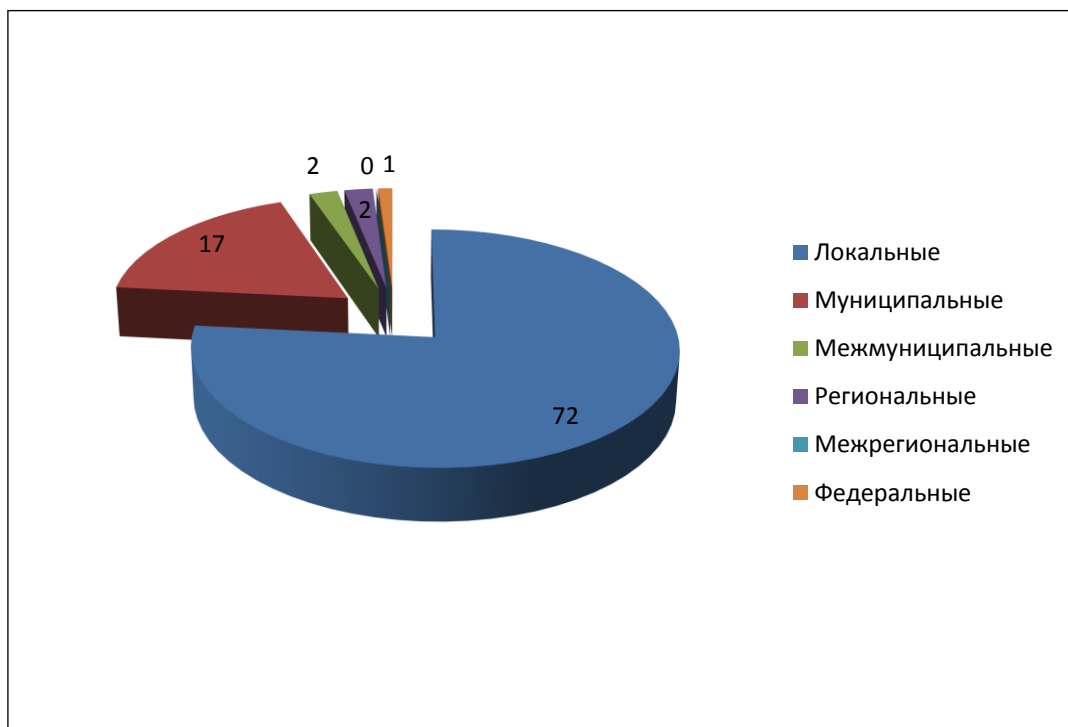


Рисунок 6 – Распределение ЧС в Российской Федерации по границам зон распространения поражающих факторов за 6 месяцев в 2019 г.

По сравнению с АППГ количество ЧС на территории федеральных округов РФ (далее – ФО) в Дальневосточном ФО увеличилось в 2,4 раза, Южном ФО – на 26,32 %, в Сибирском ФО уменьшилось в 2,0 раза, Уральском ФО – на 28,57 %, Приволжском ФО – на 13,64 %, Северо-Кавказском ФО – в 3,4 раза, Северо-Западном – в 2,2 раза, Центральном ФО – на 16,67 %

Распределение ЧС по ФО России приведено на рисунке 7.

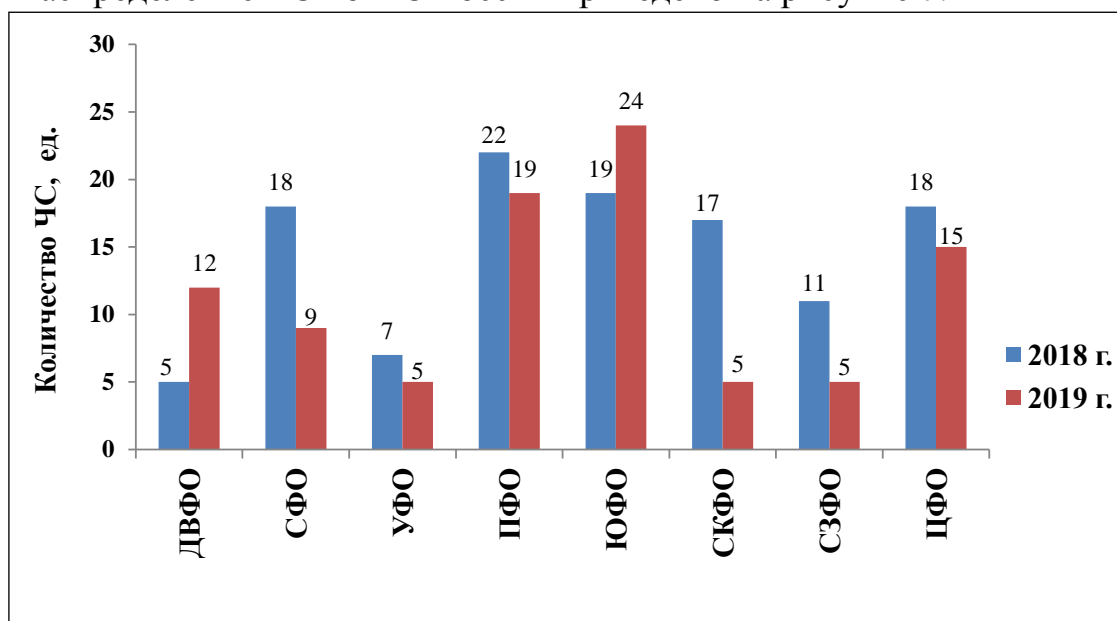


Рисунок 7 – Распределение числа ЧС по федеральным округам Российской Федерации за 6 месяцев в 2018–2019 гг.

За 6 месяцев 2019 года число погибших в ЧС по сравнению с АППГ в Дальневосточном ФО увеличилось на 36,36 %, в Сибирском ФО уменьшилось в 5,3 раза, Уральском ФО – в 2,4 раза, Приволжском ФО – на 26,92 %, Южном ФО – на 23,53 %, Северо-Кавказском ФО – в 2,6 раза, Северо-Западном ФО – в 9,0 раз, Центральном ФО – на 15,05 %.

*21.05.2019 в Саратовской области в связи с засухой произошла гибель озимых зерновых культур на площади 98 тыс. га. Ущерб от засухи оценен в 480 млн руб.*

Распределение количества погибших на ЧС по ФО приведено на рисунке 8.

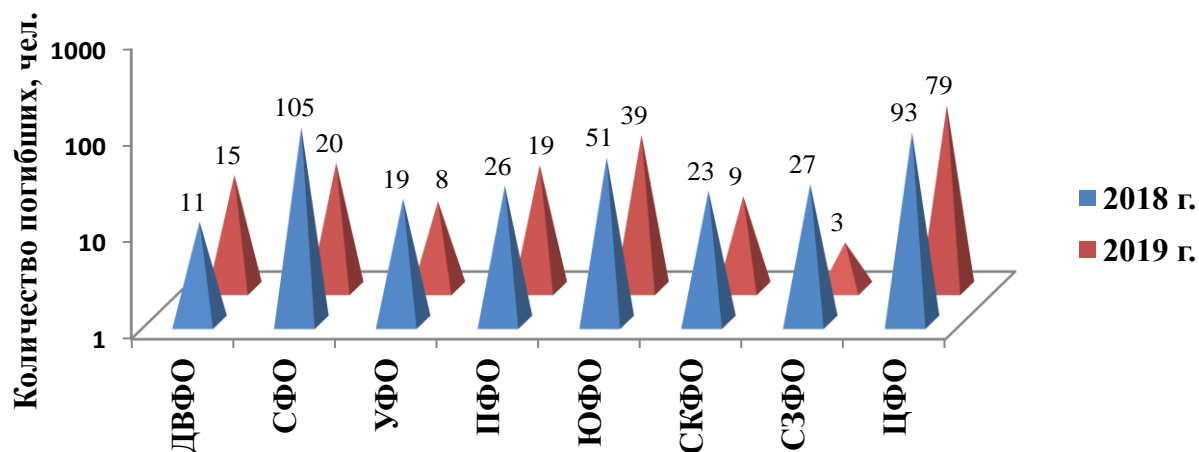


Рисунок 8 – Распределение числа погибших в ЧС по федеральным округам Российской Федерации за 6 месяцев в 2018–2019 гг.

*01.06.2019. В Нижегородской области произошел взрыв на заводе «Кристалл» в цехе по хранению готовой продукции с последующим возгоранием. Разрушено 5 зданий, частично повреждено 54 здания на площади 25 000 кв. м. В результате взрыва пострадало 89 человек.*

За 6 месяцев 2019 года число пострадавших в результате ЧС по сравнению с АППГ в Сибирском ФО уменьшилось в 50,4 раза, Дальневосточном ФО – в 33,2 раза, Уральском ФО – в 3,5 раза, Приволжском ФО – в 20,7 раза, Южном ФО – в 29,3 раза, Северо-

Кавказском ФО – в 8,6 раза, Северо-Западном ФО – в 2,4 раза, в Центральном ФО увеличилось на 20,78 %.

Распределение количества пострадавших в результате ЧС по ФО приведено на рисунке 9.

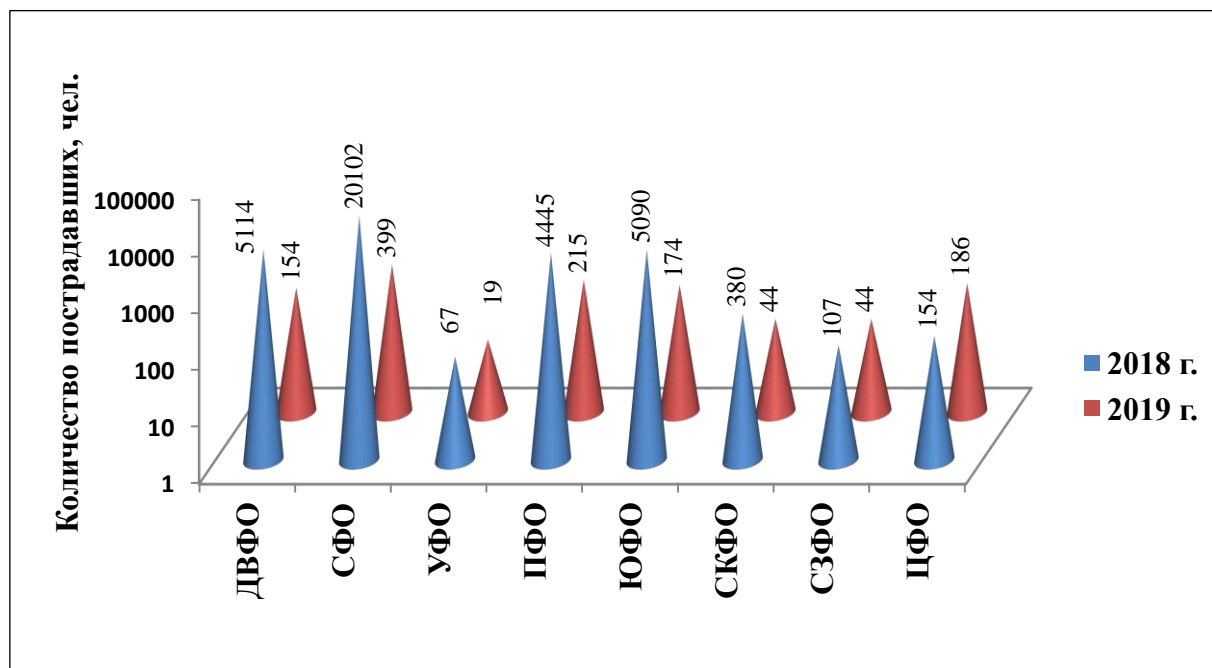


Рисунок 9 – Распределение числа пострадавших в ЧС по федеральным округам Российской Федерации за 6 месяцев в 2018–2019 гг.

Обобщенные сведения о ЧС, произошедших на территории Российской Федерации за первое полугодие 2018–2019 гг., приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Сведения о чрезвычайных ситуациях, происшедших на территории Российской Федерации за первое полугодие 2018–2019 гг.

Чрезвычайные ситуации по характеру и виду источников возникновения	Масштабность ЧС (ед.)							Количество (чел.)			Материальный ущерб, (тыс. руб.)
	всего	локальных	муниципальных	межмуниципальных	региональных	межрегиональных	федеральных	погибших	пострадавших	спасенных	
2018 г.											
Техногенные	87	47	35	0	3	0	2	353	1152	464	85 434,93
Крупные террористические акты	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Природные	17	1	7	0	8	0	1	2	34 307	9308	2 006 494,94
Биолого-социальные	13	6	4	2	1	0	0	0	0	0	67 423,194
РФ:	117	54	46	2	12	0	3	355	35 459	9772	2 159 353,06
2019 г.											
Техногенные	75	61	13	0	1	0	0	180	787	607	35 625,557
Крупные террористические акты	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Природные	13	5	4	2	1	0	1	12	448	436	480 000,0
Биолого-социальные	6	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0
РФ:	94	72	17	2	2	0	1	192	1235	1043	515 625,557



**УДК 430.435**

**д-р техн. наук, проф. Копылов Н.П.,  
канд. техн. наук Кузнецов А.Е.,  
канд. техн. наук Сушкина Е.Ю.,  
Новикова В.И.**

*Федеральное государственное бюджетное учреждение «Всероссийский ордена «Знак Почета» научно-исследовательский институт противопожарной обороны Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий» (ФГБУ ВНИИПО МЧС России)*

## **ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ АВИАЦИОННОГО СПОСОБА ТУШЕНИЯ ЛАНДШАФТНЫХ ПОЖАРОВ**

Получены аналитические зависимости, позволяющие рассчитывать распределение капель воды по размерам и влияние на медианный диаметр капель ОТВ, сбрасываемых с самолета, физических свойств растворов, а именно плотности, поверхностного натяжения и динамической вязкости.

*Ключевые слова:* лесной пожар, авиационный способ тушения лесных пожаров, распределение капель воды по размерам, влияние плотности, вязкости, поверхностного натяжения водных растворов добавок на средний размер капель.

**Doctor of the technical sciences, professor N.P. Kopylov,  
Ph.D. (tech.) A.E. Kuznetsov,  
Ph.D. (tech.) E.Yu. Sushkina,  
V.I. Novikova**

*Federal State Budgetary Institution «All-Russian Order «Badge of Honor» Research Institute of Fire Defense of the Ministry of the Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Disaster Management» (FSBI VNIIPO EMERCOM of Russia)*

## **IMPROVING THE EFFICIENCY OF THE AVIATION METHOD OF EXTINGUISHING LANDSCAPE FIRES**

Analytical dependences are obtained that allow calculating the size distribution of water droplets and the influence of physical properties of solutions, namely density, surface tension and dynamic viscosity, on the median diameter of extinguishing agent droplets discharged from the aircraft.

*Key words:* forest fire, aviation method of extinguishing forest fires, distribution of water droplets by size, the effect of density, viscosity, surface tension of aqueous solutions of additives on the average droplet size.

Эффективность тушения лесных пожаров при использовании авиации существенно зависит от добавления в воду специальных добавок.

При сбросе огнетушащих веществ (ОТВ) с самолета происходит их дробление на капли. Установлено, что спектр капель ОТВ описывается функцией гамма-распределения случайной величины. Это позволяет рассчитать средний диаметр капель  $d_m$ . Чем больше  $d_m$ , тем выше плотность орошения земной поверхности ОТВ и тем эффективнее тушение. Показано, что средний диаметр капель зависит от плотности, вязкости и поверхностного натяжения ОТВ.

Проведены эксперименты и расчеты с добавками в воду антипирена бишофита, загустителя-бентонита и смачивателя-пенообразователя «Файрекс».

Удалось установить, что средний диаметр капель  $d_m$  при использовании в качестве добавки антипирена такой же, как у воды, при применении бентонита он возрастает, а со смачивателем уменьшается.

При тушении модельного очага лесного пожара наилучший результат получен для бентонита, наихудший – для «Файрекс».

Это подтверждает результаты выполненных расчетов.

Лесные и торфяные пожары (ландшафтные пожары) становятся настоящим бедствием для многих стран мира. В таких пожарах гибнут десятки и сотни людей, уничтожаются целые деревни, города и промышленные предприятия, наносится колоссальный ущерб экологии.

При тушении ландшафтных пожаров активно используется авиация: в США и Канаде – самолеты GL-215, в России – самолеты Бе-200ЧС и Ил-76ТД.

Выполненные эксперименты по определению спектра капель ОТВ показали, что распределение капель по размерам и массе хорошо описывается гамма-распределением [1]:

$$f(d) = \frac{\beta^\alpha}{\Gamma(\alpha)} \cdot d^{\alpha-1} \cdot e^{-\beta \cdot d},$$

где  $\alpha, \beta$  – параметры распределения;

$d$  – диаметр капель, мм;

$\Gamma(\alpha)$  – гамма-функция.

Максимум повторяемости водяных капель приходится на диаметр 0,2 мм. При прохождении капель воды через факел пламени капли размером до 0,375 мм испаряются полностью [2]. Чтобы увеличить плотность орошения при сбросе воды с самолета, необходимо увеличить диаметр капель. Для этого используются добавки к воде – антипирены и загустители.

Получено соотношение, позволяющее рассчитывать медианный диаметр капель в зависимости от физических свойств растворов

с добавками: плотности  $\rho$ , коэффициента поверхностного натяжения  $\sigma$ , динамической вязкости  $\mu$ :

$$d_m = \frac{1,8}{k_3 \cdot \rho} \cdot k_1 \cdot \frac{\sigma}{2} + k_2 \cdot \bar{\mu}, \quad (1)$$

где  $k_1, k_2, k_3$  – эмпирические коэффициенты.

Таким образом,  $d_m$  является функцией, зависящей от  $\rho, \sigma, \mu$ .

Проведем анализ влияния на  $d_m$  плотности, поверхностного натяжения и вязкости ОТВ.

Для воды: при  $t = 20^\circ\text{C}$ ;  $\rho = 1000 \text{ кг}\cdot\text{м}^{-3}$ ;  $\sigma = 0,0727 \text{ Н}\cdot\text{м}^{-1}$ ; динамическая вязкость  $\mu = 1,004 \cdot 10^{-3} \text{ Па}\cdot\text{с}^{-1}$ .

Для смачивателя «Файрекс» при рабочей концентрации  $0,1 \div 1 \%$  масс.:  $\sigma \leq 0,032 \text{ Н}\cdot\text{м}^{-1}$ ;  $\rho \approx \rho$  воды;  $\mu = 1,005 \cdot 10^{-3} \text{ Па}\cdot\text{с}^{-1}$ .

Для загустителя бентонита при концентрации  $5\%$  масс.:  $\rho = 1010 \text{ кг}\cdot\text{м}^{-3}$ ;  $\mu = 2,117 \cdot 10^{-2} \text{ Па}\cdot\text{с}^{-1}$ ;  $\sigma \approx \sigma$  воды [3], что также согласуется с данными работы [4] (увеличение поверхностного натяжения растворов за счет добавок, повышающих их вязкость, происходит на  $3 \div 5 \cdot 10^{-3} \text{ Н}\cdot\text{м}^{-1}$ ). При концентрации бентонита больше  $10\%$  масс. поверхностное натяжение и вязкость раствора резко возрастают [3].

Для антипирена бишофита при концентрации  $8\%$  масс.:  $\rho = 1060 \text{ кг}\cdot\text{м}^{-3}$ ;  $\sigma = 0,092 \text{ Н}\cdot\text{м}^{-1}$ ;  $\mu = 1,22 \cdot 10^{-3} \text{ Па}\cdot\text{с}^{-1}$  (по данным [5]).

Если подставить полученные значения  $\rho, \sigma, \mu$  в формулу (4), то получим, что по сравнению с водой при сбросе с самолета растворов со смачивателем «Файрекс» медианный диаметр капель ОТВ уменьшится, при сбросе  $5\%$ -го раствора бентонита (загустителя)  $d_m$  значительно увеличится, при сбросе  $8\%$ -го раствора бишофита (антипирена)  $d_m$  увеличится незначительно. Эти результаты подтверждаются экспериментальными исследованиями трансформации сбрасываемых с высоты растворов ОТВ [5].

В экспериментах по тушению модельных очагов лесных пожаров с использованием вышеперечисленных добавок [4] наилучший результат получен для ОТВ с добавкой бентонита, наихудший результат показала добавка смачивателя «Файрекс».

### Литература

1. Спектры капель при сбросе воды с самолета Ил-76 / Н.П. Копылов [и др.] // Пожарная безопасность. – 2019. – № 1. – С. 17–26.
2. Высокоморная, О.В. Испарение и трансформация капель и больших массивов жидкости при движении через высокотемпературные газы / О.В. Высокоморная, Г.В. Кузнецов, П.А. Стрижак. – Новосибирск: Изд-во СОРАН, 2016. – 301 с.

3. Трансформация поверхности массивов огнетушащих жидкостей при их свободном падении с большой высоты / Р.С. Волков [и др.] // Пожарная безопасность. – 2017. – № 1. – С. 30–37.
4. Оптимизация выбора добавок к воде при тушении лесных пожаров с помощью авиации / Н.П. Копылов [и др.] // Пожарная безопасность. – 2016. – № 4. – С. 48–50.



**УДК 544.478; 614.8.084; 656.085; 614.83**

**д-р хим. наук Кузнецов М.В.,  
Сафонов А.В.**

*Федеральное государственное бюджетное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт по проблемам гражданской обороны и чрезвычайных ситуаций МЧС России» (Федеральный центр науки и высоких технологий), г. Москва*

### **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНЫХ СТЕКЛОВОЛОКНИСТЫХ ТКАНЫХ КАТАЛИТИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ЛИКВИДАЦИИ ПОСЛЕДСТВИЙ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ ПРИРОДНОГО И ТЕХНОГЕННОГО ХАРАКТЕРА, А ТАКЖЕ ИХ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ**

Рассматриваемые стекловолокнистые тканые каталитические системы были сформированы на основе кремнеземных (или алюмоборосиликатных) стекловолокнистых аморфных матриц, легированных различными металлами и оформленных в виде изделий с разными типами тканой структуры. Данные материалы обладают высокой эффективностью в высокотемпературных процессах нейтрализации промышленных газовых выбросов, при очистке водных сред от нефти, мазута, топлив и высших углеводородов, в процессах удаления из воды растворенных в ней нитрат-нитритных примесей, а также для снижения вероятности взрывов метана и уменьшения их последствий в шахтных выработках путем постановки каталитических завес. Показана перспективность использования систем данного типа и их преимущества в сравнении со стандартными каталитическими системами в различных процессах, в том числе связанных с предотвращением и ликвидацией последствий природных аварий, а также чрезвычайных ситуаций техногенного характера.

*Ключевые слова:* стекловолокнистые тканые катализаторы (СВТК), кремнеземные, алюмоборосиликатные, кассетный дизайн, практические применения при ликвидации чрезвычайных ситуаций в процессах очистки воздушных и водных сред, очистка от нефтепродуктов, каталитические завесы в шахтах.

**Doctor of the chemical sciences M.V. Kuznetsov  
A.V. Safonov**

*All-Russian Research Institute on Problems of Civil Defense and Emergencies of Emergency Control Ministry of Russia (EMERCOM), Russian Federation, Moscow*

## **THE USE OF HIGH-TECH FIBERGLASS WOVEN CATALYTIC MATERIALS TO ELIMINATE THE CONSEQUENCES OF NATURAL AND MAN-MADE EMERGENCIES, AS WELL AS THEIR PREVENTION**

The catalytic systems under consideration were formed on the basis of silica (or aluminoborosilicate) glass-fiber amorphous matrices doped with various metals and designed as products with different types of woven structure. These materials have higher efficiency in high temperature processes of industrial waste gases neutralization, when cleaning water from oil, fuel oil, fuels and higher hydrocarbons, in the process of removing nitrate-nitrite impurities dissolved in water, as well as to reduce the likelihood of methane explosions and reduce their consequences in mine workings by setting catalytic curtains. The prospects of using this type of systems as well as their advantages in comparison to the standard catalytic systems in various processes, including those related to the prevention and elimination of consequences of natural accidents and man-made emergencies are shown.

*Key words:* heterogeneous catalysis, fiberglass woven catalysts (SVTC), silica, aluminoborosilicate, cassette design, practical applications in emergency response in the processes of air and water purification, purification from petroleum products, catalytic curtains in mines.

Стекловолоконистые тканые каталитические (СВТК) системы широкого назначения были созданы в ходе решения технологических задач, а именно в процессе поиска средств подавления миграционной поверхностной подвижности и сублимационного уноса металла-наполнителя из катализатора в высокотемпературных реакциях каталитического горения, в частности, на стадии конверсии аммиака в производстве азотной кислоты. Каталитические системы с параметрами, требуемыми для проведения этих процессов, удалось создать на основе кремнеземных стекловолоконистых (а также – алюмоборосиликатных) тканых материалов, активированных в результате имплантации ионов металлов в стекловолоконистую аморфную матрицу носителя. Лабораторные исследования и промышленные испытания показали, что подобные каталитические системы могут быть весьма эффективны во многих действующих и вновь разрабатываемых технологических процессах.

Разработанные нами СВТК представляют собой изделия, сотканые из силикатных, аморфных по фазовому состоянию стекловолокон (содержание SiO<sub>2</sub> 55-98% масс.) в форме полотнищ или сеток, активированных каталитическими компонентами из широкого ряда металлов (Pt, Pd, Ag, Cr, Ni, Mn, Co и др.). Их химическая композиция и процентное содержание определялись требованиями каждого конкретного каталитического процесса. Современная технология производства стеклотканых материалов позволяет изготавливать СВТК-элементы и в форме трехмерных блоков,

характеризующихся очень высокой степенью регулярности их геометрической структуры. Это качество тканого каталитического стекловолокнистого блока, являющегося альтернативой керамическим дорогостоящим хрупким блокам сотовой структуры, представляется весьма важным с точки зрения требований повышения уровня тепловой устойчивости режимов экзотермических процессов, связанных с подавлением технологически опасных явлений локальных перегревов в каталитических реакторах (так называемых явлений «hot-spots»). В ходе поиска приемов каталитической активации кремнеземной (или алюмоборсиликатной) основы СВТК разработан ряд методов имплантации ионов металлов в аморфную стекловолокнистую матрицу СВТК в процессе их изготовления. Наиболее перспективным является метод, основанный на реакциях ионного обмена, которые протекают непосредственно в микропористой твердой аморфной матрице СВТК-волокна, помещенного в специально подобранную и содержащую ионы металлов жидкую среду.

СВТК формируются на стекловолокнистых, аморфных по фазовому состоянию кремнеземных (или алюмоборсиликатных) матрицах. Такая основа, характеризующаяся фазовой метастабильностью, является нетрадиционной для классического катализа на кремнеземных носителях (силикагелях), который имеет дело с кристаллическими (поликристаллическими) материалами или с материалами, фазовое состояние которых не регламентируется. Фазовая неравновесность основы СВТК-систем является их принципиальной особенностью, поскольку именно этот фактор в значительной степени определяет возможность появления экстремальных каталитических свойств, в том числе при высоких температурах.

Каталитическая активация СВТК осуществляется методами имплантации в аморфную кремнеземную матрицу ионов металлов. В результате этой операции стеклообразная матрица приобретает необычные каталитические свойства, а введенный в ее структуру элемент (металл в восстановленном или окисленном состоянии) прочно там удерживается и не подвергается миграционному переносу, агломерации и отделению от носителя. Такой метод активации кремнеземной или алюмоборсиликатной матрицы, основанный на приемах ее «легирования» металлами с использованием высокотемпературной обработки, нетрадиционен для классического катализа. В классических каталитических реакциях используются операции нанесения каталитически активных металлов, содержащих фаз на поверхность носителя, что не может обеспечить в полной мере химическое, фазовое и механическое единство системы «носитель – каталитически активная фаза».

СВТК-элементы характеризуются высокой каталитической активностью при весьма малом содержании в матрице металлической компоненты (сотые–десятые доли процентов по массе). Это качество СВТК-систем, обусловленное процессом каталитической активации всей инертной кремнеземной матрицы в ответ на ее легирование ионами металлов, представляется особенно важным при создании широкого круга катализаторов с активной фазой из ряда благородных металлов.

СВТК-элементы характеризуются весьма развитой каталитической поверхностью. Макропористость определяется и регулируется подбором специфической мультислоистой структуры матрицы, которая формируется операциями кручения отдельных элементарных волокон диаметром несколько микрон в рабочую нить, а также типом переплетения нитей в рабочее полотнище (простое тканое переплетение, саржевое, сатиновое, сеточное, жаккардовое и пр.). Микропористость СВТК легко регулируется путем изменения химического состава стекла и введением специальных операций предварительной обработки стекловолоконной матрицы носителя. Внутренняя поверхность СВТК может варьироваться в соответствии с требованиями конкретного каталитического процесса от единиц (для щелочного стекла) до сотен (для алюмоборосиликатного стекла) квадратных метров на грамм массы катализатора с широким распределением пор по их размерам.

СВТК характеризуются высокой химической и термической стойкостью, механической прочностью, устойчивостью к истиранию и пылению. Эти качества СВТК в соединении со стабильностью введенной в их матрицу металлической компоненты обеспечивают этим системам хорошие характеристики по длительности эксплуатационного пробега (рабочему ресурсу).

Использование СВТК в технологических процессах позволяет реализовать в каталитическом реакторе эффективный кассетный дизайн за счет послойно сформированного катализаторного пакета со значительным сокращением общей массы загрузки по сравнению с традиционными гранулированными или порошковыми насыпными катализаторами. Такой кассетный дизайн катализаторного пакета-картриджа обеспечивает эксплуатационную простоту и оперативность его инсталляции и извлечения отработавшего элемента из реактора.

Процесс производства СВТК-материалов характеризуется непрерывностью технологической схемы, ее легкой перестраиваемостью на новое изделие, экономичностью. Создание катализаторных фабрик для производства СВТК-материалов не требует существенных капитальных вложений, поскольку они могут быть развернуты путем введения некоторых дополнительных стадий в уже действующие производства



стекловолокнистых материалов теплозащитного, электроизоляционного и конструкционного назначения.

На основе СВТК-материалов могут быть изготовлены стеклотканые сорбенты, которые могут быть применены при ликвидации. В результате стеклотканые сорбенты в зависимости от способа изготовления, а также дополнительной химической обработки могут быть использованы для:

- очистки водных сред от нефти, мазута, топлив и высших углеводородов (в связи с тем, что в настоящее время уделяется большое внимание проблеме очистки от нефти и высших углеводородов морей, рек, почвы в связи с ежегодным ростом их добычи, переработки и использования, а также разного рода чрезвычайных ситуаций (ЧС), связанных с авариями нефтепроводов, автомобильного и железнодорожного транспорта при перевозке нефтепродуктов и т.д.);

- работы в качестве осушителей газовых потоков;

- очистки газовых выбросов от органических и неорганических примесей;

- проведения процессов ионного обмена и очистки стоков от ионов тяжелых металлов и других загрязнений, в том числе при техногенных авариях;

- сорбционного разделения, концентрирования, выделения ценных компонентов сбросовых жидкостных потоков;

- использования в качестве осушителей и поглотителей в холодильной технике, кондиционерах, бытовых приборах;

- использования в качестве носителей катализаторов, ферментов и прочих функциональных групп в биохимии и биотехнологии;

- использования в аналитических целях.

Чрезвычайно перспективным является использование СВТК в процессах удаления из воды растворенных в ней нитрат-нитритных примесей путем их восстановления в присутствии водорода (процессы гидроденитрификации воды). Массовыми источниками загрязнения вод нитратами и нитритами являются азотные удобрения, фильтрующие в почву с полей сельскохозяйственных угодий, а также стоки из производств, включающих в свой технологический цикл операции кислотного травления металлических изделий, в том числе при их авариях, приводящих к возникновению ЧС техногенного характера.

Проблема денитрификации вод (особенно питьевых) имеет большое экологическое значение и приобретает особую остроту в настоящее время. Это обусловлено интенсивным использованием в сельском хозяйстве азот-содержащих минеральных удобрений, проникающих в грунтовые воды, а также в естественные и искусственные водоемы.

Различные физико-химические и биологические методы денитрификации вод (например, ионно-обменные технологии, осмотические методы разделения, методы электродиализа, процессы

обработки вод различными биопрепаратами) требуют больших финансовых затрат и связаны с использованием значительных масс твердых компонентов, подлежащих удалению из очищаемых вод. Кроме того, использование вышеперечисленных методов сопряжено с введением в схему процесса длительных и дорогостоящих стадий регенерации очищаемых вод.

Как показал предварительный этап исследований процесса денитрификации вод на созданных нами стеклотканых каталитических системах, перевод технологической схемы на СВТК позволяет радикально улучшить технические, эксплуатационные и экономические характеристики процесса в сравнении с принятыми методами реализации процесса очистки вод от нитратов и ликвидировать технические и эксплуатационные недостатки, связанные с проведением денитрификации в рамках традиционных технологий. Данное техническое решение, касающееся каталитической денитрификации воды на СВТК, обладает мировой новизной и подтверждено патентом.

В лабораторных экспериментах были исследованы образцы СВТК, изготовленные из кремнеземного и боросиликатного стекла, применяемые в форме тканых или нетканых изделий. Волокна тканей имели гладкую и пористую структуру с площадью внутренней поверхности от 1 до 15-20 м<sup>2</sup>/г. Активный металл в данном случае выбирался из ряда платиноидов. Общее содержание благородного металла в волокнистом носителе весьма мало – порядка 0,01-0,2 % масс.

К преимуществам предлагаемого процесса денитрификации вод можно отнести следующие:

предлагаемый процесс денитрификации вод создан на основе реализации процесса восстановления нитратов на новом для этой технологии классе катализаторов – СВТК. Эти катализаторы представляют собой эффективные системы, работающие устойчиво при температурах 10-30 °С и рН 6-7 и обладающие высокой активностью (например, в 40 раз превосходящей системы биологической денитрификации);

предлагаемая технология очень проста в эксплуатации и позволяет легко восстанавливать связанный азот до молекулярного, снижая концентрацию первого от 100 до 2-5 мг/л;

предлагаемый проектом процесс, характеризующийся научной, технической и патентной новизной, обладает существенными эксплуатационными, технологическими и экономическими преимуществами перед другими традиционными процессами денитрификации вод, включая осмотические, ионообменные и биологические методы: возможность реализации непрерывных схем денитрификации, исключение стадий фильтрационной очистки вод от диспергированного катализатора.

Ввиду участвовавших в последнее время взрывов метана в шахтных выработках возникла необходимость пересмотра существующих методов контроля и предотвращения таких взрывов в пользу альтернативных путей снижения их вероятности и уменьшения последствий при возникновении взрывоопасных ситуаций.

Идеология такого альтернативного подхода базируется на концепции о влиянии твердых поверхностей каталитически активных по отношению к реакциям рекомбинации свободных радикалов на критические условия развития свободного взрыва в газовых средах. Известно, что введение в газовую взрывоопасную среду таких твердых поверхностей сужает полуостров воспламенения и затрудняет реализацию взрывного процесса. Ранее предпринимались попытки управления взрывными процессами (при их моделировании) путем программируемого введения в газовую среду платинового стержня по аналогии со схемами, использованными для управления цепными ядерными реакциями с помощью графитовых стержней – ловушек нейтронов.

В предварительных экспериментах по исследованию реакций каталитического горения аммиака и углеводородов получены результаты, позволяющие утверждать, что наличие в газовой среде каталитического элемента существенно затрудняет развитие гомогенного взрыва и значительно увеличивает критическую концентрацию горючего компонента.

Полученные предварительные результаты позволяют сделать вывод о том, что использование каталитического фактора в шахтных выработках является тем инструментом, который снизит опасность возникновения взрывных ситуаций при залповых выбросах метана в процессе добычи угля. Традиционные каталитические материалы не могут решить данную проблему в силу своего гранулированного дизайна. Специально сконструированные для таких целей стеклотканые катализаторы позволяют организовать в штреках «каталитические завесы» в виде картриджей и могут составить основу для создания защитных противовзрывных экранов.

Определенные трудности могут возникнуть при реализации описанного подхода в связи с наличием задымленности и запыленности шахтных газовых сред. Однако, несмотря на это, реализация «каталитического» метода борьбы с метановыми взрывами в угольных шахтах представляется целесообразной.

Таким образом, показана перспективность применения допированных СВТК материалов в различных процессах, в том числе связанных с предотвращением и ликвидацией последствий природных аварий, а также ЧС техногенного характера.



**УДК 355.588**

**канд. воен. наук Курмашов А.Н.**

*Учреждение образования «Военная академия Республики Беларусь»,  
г. Минск*

**НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ СИЛ ОВД,  
ВНУТРЕННИХ ВОЙСК И МЧС В ХОДЕ ЛИКВИДАЦИИ  
ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ СОЦИАЛЬНОГО ХАРАКТЕРА –  
ПРЕСЕЧЕНИЯ МАССОВЫХ БЕСПОРЯДКОВ  
В НАСЕЛЕННОМ ПУНКТЕ**

Приведены вопросы, на которые целесообразно обратить внимание в ходе организации взаимодействия при ликвидации чрезвычайной ситуации социального характера – пресечении массовых беспорядков.

*Ключевые слова:* взаимодействие, чрезвычайная ситуация социального характера, проблемные вопросы.

**Ph.d. (milit.) A.N.Kurmashov**

*Educational institution «Military Academy of the Republic of Belarus», Minsk*

**SOME ISSUES OF INTERACTION OF FORCES OF INTERNAL  
TROOPS AND MES IN THE COURSE OF ELIMINATION OF  
EMERGENCY SITUATIONS OF SOCIAL CHARACTER -  
PREVENTION OF MASS DISORDERS**

Issues that it is advisable to pay attention to during the organization of interaction during the liquidation of an emergency of a social nature - the suppression of riots are given.

*Key words:* interaction, social emergency, problematic issues.

Ликвидация чрезвычайных ситуаций, в том числе социального характера, наравне с психоэмоциональным состоянием граждан сопряжена с тривиальными угрозами, которые подстерегают любого и в обычных условиях, но с гораздо большей вероятностью. Как свидетельствует практика, даже между парой друзей найти подходы к совместному решению той или иной задачи порой затруднительно. Что уже говорить о совместных усилиях в стрессовой ситуации, обусловленной массовыми беспорядками социума, в котором находятся все. При этом следует иметь в виду виды взаимодействия: внутреннее (внутриведомственное) и внешнее (между различными силовыми структурами). Если внутреннее довольно консервативно и апробировано, то внешнее с развитием тактики требует постоянного совершенствования. Такое взаимодействие может организовываться как на оперативно-стратегическом уровне (между министерствами) и оперативно-тактическом (между соединениями и

частями), так и на тактическом (между подразделениями и отдельными военнослужащими).

Вопросы взаимодействия между двумя организациями всегда требуют особого внимания. Безусловно, требуется как прогнозирование самих вариантов развития событий, так и соответствующего реагирования на них. Оценить значение любого субъекта государственного реагирования на вызовы и угрозы национальной безопасности в той или иной ситуации, на наш взгляд, занятие бессмысленное и бесполезное, поскольку в современных условиях решение стоящих задач возможно только совместными усилиями [1].

Именно действиями вместе и планируется восстановление спокойствия граждан при возникновении массовых беспорядков. И, как показывает исторический опыт подобных действий, именно от слаженности разнородных сил зависит число пострадавших. Когда речь идет о пострадавших гражданах своей страны да еще в мирное время, то минимизация таких последствий приобретает первостепенное значение.

Именно на рассмотрении отдельных вопросов тактики совместных действий ОВД, подразделений внутренних войск и МЧС при их участии в пресечении массовых беспорядков остановимся в данной публикации [2–4]. Тем более, что история становления системы охраны общественного порядка демонстрирует некогда общность функций полицейских органов, в том числе по обеспечению пожарной безопасности [5].

Если вести речь о наиболее массовых беспорядках и их последствиях, то уместно вспомнить трагические события межнационального характера в Нагорном Карабахе, Чеченской Республике, Молдавии, Грузии после распада СССР. Конечно, как свидетельствует опыт, взаимодействие в тех условиях сводилось к последовательным действиям сил одних ведомств за другими. Как правило, более важные, глобальные задачи решались за счет привлекаемых сил союзного подчинения (внутренние войска), а последствия, или назовем их обеспечивающие задачи, – уже силами местного уровня (милиция, пожарные части, медицинская помощь) [6]. Для нормализации обстановки вводился особый правовой режим – режим чрезвычайного положения, а для координации действий сил создавались комендатуры [7].

Когда противоправные действия относительно скоротечны (события в Украине 2014 года, в Киргизии 2010 года и некоторые беспорядки 2019 года), силам, обеспечивающим общественную безопасность, действовать приходится, полагаясь в большей мере на поддержку в определенных направлениях взаимодействующих структур и решение ими обеспечивающих задач уже параллельно с выполнением основной.

Анализ решаемых задач позволяет выделить вопрос об определении последовательности их решения, т.е. жестком разграничении решаемых задач по времени и месту.

Уточнив алгоритм выполнения задач, зависящий от условий, необходимо обратить внимание и на определение роли организатора взаимодействия при меняющихся приоритетах выполняемых задач. Для простоты понимания приведем пример. Когда стреляют, бросают камни, зажигательные смеси, то первостепенна нейтрализация зачинщиков этого зла, а уже затем последовательно тушение возгораний, восстановление аварийных строений, разрушений. И другое дело, когда в буквальном смысле пожарами охвачены дворовые территории, где не будут проводиться митинги и создаваться баррикады, главное сохранить еще не тронутое огнем, на первый план выйдут подразделения МЧС, а для того, чтобы они могли туда добраться, потребуется их сопровождение и обеспечение безопасности.

Таким образом, возникает вопрос определения условий, при которых меняется приоритет решаемых задач. Следует отметить, что в любом случае организовывать взаимодействие будет назначенный руководитель, но вот когда и в чьих интересах, позволит разобраться заблаговременное определение условий, влияющих на приоритеты.

Разберем действия сил при массовых беспорядках. Стадии их протекания давно изучены и установлены особенности, но обратить внимание целесообразно на: начальную и активную стадии. Естественно есть определенная причина, послужившая толчком к беспорядкам. Одной из характеристик, позволяющих определить массовые беспорядки, является наличие поджогов. При этом сообщения о возгораниях будут поступать от жителей прилегающих зданий и владельцев помещений, заведений, учреждений. Взаимообмен подобной информацией дежурных в подразделениях МЧС и ОВД предусмотрен и может послужить как первоисточником, так и дублирующей информацией. Во всех случаях требуется реагирование как сил МЧС, так и ОВД, следственных органов и органов прокуратуры, здравоохранения и других. Вместе с тем при наличии информации о массовых беспорядках значительные силы перечисленных органов и организаций будут входить в состав группировки для участия в пресечении массовых беспорядков, а, следовательно, возможности будут ограничены. Таким образом, чем больше районов, охваченных беспорядками (пример Киргизия 2010), тем больше и вероятность очагов возгорания.

Исходя из этого, можно заключить, что минимизация массовых беспорядков, скорейшее их пресечение будет первоочередной задачей, что

является обоснованием приоритета ОВД по организации взаимодействия на начальной и активной стадиях массовых беспорядков.

На завершающей стадии, когда нарушители задержаны и территории беспорядков освобождены, уже силы МЧС могут принять организующую роль и самостоятельный выбор первоочередных объектов для тушения пожаров. Таким образом, к числу условий, при которых меняется приоритет организации взаимодействия, можно отнести саму стадию массовых беспорядков.

### **Литература**

1. Концепция национальной безопасности Республики Беларусь: Указ Президента Республики Беларусь от 9 ноября 2010 г. № 575 (в ред. от 24 января 2014 г. № 49) / Национальный реестр правовых актов Республики Беларусь, 18.11.2010, № 276, 1/12080.

2. Об органах внутренних дел Республики Беларусь: Закон Республики Беларусь от 17 июля 2007 г. № 263-3 (в ред. от 19 января 2019 г. № 169-3) / Национальный реестр правовых актов Республики Беларусь, 17.01.2019, № 2/2607.

3. О внутренних войсках Министерства внутренних дел Республики Беларусь: Закон Республики Беларусь от 3 июня 1993 г. № 2341-XII (в ред. от 15 июля 2015 г. № 294-3) / Национальный реестр правовых актов Республики Беларусь, 22.07.2015, № 2/2292.

4. О Министерстве по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь. Положение (в ред. Указа Президента Республики Беларусь от 9 августа 2019 г. № 303 / Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь, 13.08.2019, 1/18513.

5. Век становления пожарной службы Беларуси. История пожарной службы. Часть 3. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: mchs.gov.by. Дата доступа: 06.09.2019.

6. Трошин, О.Б., Основы организации взаимодействия ОВД при проведении специальных операций / О.Б. Трошин // Вестник Московского университета МВД России. – 2013.– № 11.

7. О чрезвычайном положении: Закон Республики Беларусь от 24 июня 2002 г., № 117-3 (в ред. от 31 декабря 2009 г. № 114-3) / Национальный реестр правовых актов Республики Беларусь, 2010 г., № 15, 2/1666.



**УДК 621.86**

**Костюк К.А.,  
канд. техн. наук, доц. Смиловенко О.О.**

*Государственное учреждение образования «Университет гражданской защиты Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь», г. Минск*

### **ПОВЫШЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ТРУДА ПОЖАРНОГО-СПАСАТЕЛЯ ПОСРЕДСТВОМ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОВЕДЕНИЯ РАЗБОРА ЗАВАЛОВ**

Установлено, что при техногенных катастрофах, авариях и стихийных бедствиях происходит разрушение или повреждение зданий, сооружений, технологического оборудования, транспортных средств, элементов коммуникаций и других объектов, под завалами которых могут находиться пострадавшие. Практика ликвидации последствий обрушения свидетельствует о необходимости повышения готовности подразделений к выполнению большого объема разнообразных по характеру и трудоемкости работ с применением аварийно-спасательного инструмента. Автоматизация аварийно-спасательных работ способствует сохранению жизни и здоровья спасателей, повышению безопасности при разборке завалов, снижению трудоемкости аварийно-спасательных работ.

Предложена технология автоматизированной разборки завалов, включающая сверление отверстий в элементах конструкций, крепление и перемещение их в автоматизированном режиме. Разработано устройство для закрепления груза при проведении аварийно-спасательных работ при обрушении зданий и сооружений.

*Ключевые слова:* аварийно-спасательные работы, разборка завалов, крепление элементов конструкций, транспортировка грузов, автоматизация.

**K.A. Kostyuk  
Ph.D. (tech.) O.O. Smilovenko**

*State educational establishment «University of Civil Protection of the Ministry for Emergency Situations of the Republic of Belarus», Minsk*

### **IMPROVING THE FIREFIGHTER-RESCUER'S SAFETY THROUGH THE AUTOMATION OF DEBRIS REMOVAL**

It was established that in case of technological disasters, accidents and natural disasters, the destruction or damage of buildings, structures, technological equipment, vehicles, communication elements and other objects occurs, and there can be victims under the rubbles. The practice of eliminating of the consequences of the collapse testifies to the need of increasing the



readiness of units to carry out a large amount of work of various nature and complexity using emergency rescue tool. Automation of rescue operations contributes to the protection of rescuers' life and health, improves safety during the debris removal and reduces the complexity of emergency rescue operations.

Technology for the automatic debris removal is proposed, including drilling holes in structural elements, fixing and moving them in an automated mode. A device for cargo fastening during emergency rescue operations in the collapse of buildings and structures has been developed

*Key words:* emergency rescue operations, debris removal, fastening of structural elements, cargo transportation, automation.

Полное или частичное обрушение здания – это чрезвычайная ситуация (ЧС), возникающая по причине ошибок, допущенных при проектировании зданий и сооружений, нарушений правил монтажа при вводе в эксплуатацию здания, а также вследствие природных или техногенных ЧС. При разрушении зданий вследствие техногенных катастроф, аварий или стихийных бедствиях образуются завалы, представляющие собой хаотическое нагромождение крупных и мелких обломков строительных конструкций, санитарно-технических устройств, мебели, технологического оборудования и прочего. Для разборки завалов используются специальная техника и механизированный инструмент, при работе которого не всегда можно обеспечить безопасность пострадавших и спасателей. Также опасность могут создавать возможные утечки газа, горючих и аварийно химически опасных веществ (АХОВ), вторичные обрушения, пожары.

Для того чтобы обезопасить разборку завалов, необходимо по возможности исключить из проводимых аварийно-спасательных работ (далее – АСР) неблагоприятные факторы и процессы путем замены их на неопасные, однако технологически эквивалентные.

Если исключение неблагоприятных условий АСР невозможно, то осуществляется попытка нейтрализации опасностей в источниках их возникновения. Например, при проливе АХОВ на подстилающую поверхность в атмосферу начинают поступать их пары и аэрозоли. Постановка водяных завес позволяет существенно сократить зону распространения облака зараженного воздуха.

Наконец, если невозможна и нейтрализация опасностей, последние будут воздействовать на спасателей и пострадавших. В этом случае защита человека осуществляется применением специальных технических средств и способов, предохраняющих человека от неблагоприятного воздействия факторов обстановки.

Защита человека должна быть организована таким образом, чтобы он был защищен в максимальной степени. Опасности, возможные в данных

условиях, должны быть полностью исключены или сведены к минимуму. Это принцип максимальной защиты или минимальной опасности.

Полная реализация принципа максимальной защиты требует недопущения действия на человека опасных и вредных факторов (абсолютная защита человека). Наиболее радикальным способом решения данной задачи является создание таких способов проведения АСР, которые были бы безопасны и безвредны без применения специальных способов защиты человека.

Общий принцип максимальной защиты может быть сформулирован в виде двух положений:

- 1) не допустить (предотвратить) воздействие на личный состав опасных факторов, возникающих в ходе проведения АСР;
- 2) снизить до допустимых, научно обоснованных значений воздействие вредных факторов.

К сожалению, в условиях ЧС абсолютная защита человека может быть обеспечена далеко не всегда. Даже при использовании всех известных способов защиты человек часто подвергается действию неблагоприятных факторов. Причиной этого является как несовершенство существующих способов и средств защиты, так и экономические ограничения. Поэтому принцип максимальной защиты трактуется следующим образом: необходимо обеспечить абсолютную защиту человека; если же по объективным причинам она невозможна, то необходимо обеспечить максимально возможный в данных условиях уровень защиты. В последнем случае защита человека является не абсолютной, а частичной.

Радикальным средством обеспечения безопасности АСР являются их механизация и автоматизация.

При замене ручных операций применением машин и механизмов достигается не только повышение производительности труда, но и освобождение человека от выполнения тяжелых, трудоемких работ. Кроме того, механизация производственных процессов создает предпосылки для их автоматизации.

При автоматизации функции контроля и управления проводимых работ частично или полностью передаются приборам и автоматическим устройствам. Это позволяет полностью исключить воздействие вредных и опасных факторов на человека, т.е. обеспечить наилучшие условия труда.

Основной целью механизации является повышение производительности труда за счет освобождения человека от выполнения тяжелых трудоемких операций, что приводит также к снижению утомляемости трудящихся и повышению безопасности их труда. С другой стороны, применение механизмов зачастую приводит к появлению новых

опасных зон и травмирующих факторов, изменяя соотношение основных причин травматизма.

Анализ травматизма при использовании средств механизации аварийно-спасательных работ показывает, что появление новых опасных и вредных факторов в разрабатываемой технике чаще всего обусловлено недостаточным вниманием конструкторов к вопросам охраны труда, в первую очередь к прогнозированию возможных сопутствующих вредностей и причинителей травм.

Цель автоматизации работ – повышение производительности труда, улучшение технико-экономических показателей, создание условий для повышения безопасности технологии ведения АСР, улучшения производственной среды. Огромное значение с точки зрения обеспечения безопасности АСР имеет применение робототехники, особенно в зонах интенсивного воздействия опасных химических веществ, радиоактивных веществ, ионизирующих излучений.

Следует отметить, что механизация и автоматизация трудовых процессов снижают тяжесть труда только по величине энергозатрат, т.е. заменяют тяжелый физический труд трудом оператора.

Однако управление современными машинами, сложными техническими комплексами, различными видами транспорта, как правило, нельзя отнести к легкому труду. Этот вид труда осуществляется в условиях ограниченной подвижности, он связан с длительными статическими мышечными нагрузками, которые являются наиболее утомительными. Труд оператора сопровождается большим эмоциональным напряжением, вызванным повышенной ответственностью за результаты труда, необходимостью восприятия большого объема информации и принятия решений в условиях ограниченного времени. В режиме оператора при АСР работают экскаваторщики, водители-крановщики, экипажи инженерных машин и др.

Для разбора завалов и извлечения тяжелых обломков в настоящее время применяются гидравлический инструмент, домкраты, а для разрушения конструкций и пробивки отверстий – пневматические или электрические отбойные молотки, бетоноломы и другие средства. Также технологическая последовательность разбора завалов предусматривает использование строительной техники: ковшового погрузчика, погрузчика с кистевым захватом, автокрана, бульдозера, экскаватора с гидромолотом, телескопического экскаватора с многоцелевым рабочим оборудованием с ковшом и челюстью, транспортные средства (автосамосвалы) [2].

Наибольшую сложность представляет ликвидация завалов, образованных при разрушении современных крупнопанельных зданий, так как при этом получается хаотическое нагромождение крупных

железобетонных глыб, соединенных между собой металлической арматурой.

После анализа опасных факторов, воздействующих на пожарного-спасателя, а также недостатков современного оборудования и техники, используемых при проведении АСР, разработана технология разборки завалов, состоящих из разрушенных строительных конструкций большой массы и площади, включающая сверление отверстий в элементах конструкций, крепление и их перемещение в автоматизированном режиме.

Крупногабаритные элементы разрушенных зданий обычно представляют собой части плит перекрытий и панелей и имеют относительно небольшую толщину и плоскую поверхность большой площади. Надежное закрепление для подъема и переноски таких элементов требует применения нескольких грузозахватных устройств.

Разрабатываемое нами устройство на дистанционном управлении сможет одновременно пробурить несколько отверстий в бетонной конструкции и закрепить ее для последующей транспортировки при помощи распорных анкерных болтов.

Сверление отверстий в бетонных плитах предлагается выполнять победитовыми сверлами по бетону. Их особенность заключается в том, что режущая часть оснащается напайками из специального сплава, твердость которого очень близка к твердости алмаза. Победитовые сверла по бетону – самый прочный инструмент для обработки данного материала. С его помощью становится возможным получение отверстий больших диаметров и глубин за короткий промежуток времени, сверление арматуры. Использование таких сверл позволяет сократить время на выполнение операции и уменьшить их износ. Выбор сверла определяется диаметром и глубиной формируемых отверстий. Отверстие в плите не должно быть сквозным, чтобы не причинить вред пострадавшим, которые могут находиться под плитой. Расстояние между технологическими отверстиями должно соответствовать расстоянию между анкерами, закрепленными на раме. При сверлении в плите одновременно трех отверстий становится возможным значительно сократить время для закрепления и транспортировки крупногабаритной строительной конструкции и уменьшить ущерб для пострадавших при обрушении. Производить сверление допускается как в горизонтальной, так и вертикальной плоскости за счет телескопической стрелы и подвижной механической руки.

Используя распорные анкерные болты из металлов, обладающих высокой прочностью, можно получать надежные соединения между элементами строительных конструкций, выполнять надежный крепеж габаритных и тяжелых предметов на различных поверхностях. Современная промышленность предлагает большое разнообразие болтов

анкерного типа, требования к параметрам и характеристикам которых оговариваются положениями соответствующего ГОСТа [3].

Рабочая часть анкерного болта распорного типа – это полая гильза, на боковой части которой выполнены продольные разрезы, формирующие разжимающиеся лепестки. Во внутренней части такой гильзы имеется распорный элемент, который при забивании анкера в предварительно подготовленное отверстие разжимает лепестки, что и способствует надежной фиксации крепежного изделия в отверстии. Верхняя часть такого крепежа – это шпилька, на резьбовой части которой размещены шайба и регулировочная гайка. Монтаж распорного анкера не представляет особых проблем, не требует использования сложного оборудования и наличия специальных навыков у исполнителя. Заключается этот процесс в том, что такой болт аккуратно забивается в предварительно подготовленное отверстие до упора, а после надежной фиксации на его резьбовую часть навешиваются предметы, которые необходимо зафиксировать.

Алгоритм разборки завалов с помощью разрабатываемой технологии состоит из следующих этапов:

1. К месту произошедшей ЧС прибывают аварийно-спасательные службы МЧС вместе с устройством для разборки завалов на собственном шасси.
2. Производится разведка обстановки в зоне ЧС с помощью сил и средств подразделений МЧС, современного оборудования, кинологической службы. Перед началом разборки завалов визуально оценивается возможность подъема крупногабаритных элементов.
3. Устройство для разборки завалов на дистанционном управлении подъезжает к разбираемой зоне, с помощью телескопической стрелы намечается удаляемая конструкция.
4. Устройство с помощью механической руки с закрепленными на раме сверлами производит одновременное сверление трех отверстий в крупногабаритной конструкции. После автоматического поворота механической руки устройство производит вставку распорных анкеров, закрепленных на раме, в ранее просверленные отверстия и закручивает на них гайки, приводя анкеры в раскрытое положение.
5. Проводится подъем и транспортировка конструкции к месту складирования или грузовому транспорту.
6. Устройство опускает элемент конструкции, отсоединяет гайки от рамы и устанавливается в исходное положение.

Разработка нового аварийно-спасательного оборудования для ликвидации последствий обрушений значительно упростит разборку завалов, уменьшит время проведения АСР и повысит их безопасность.

### Литература

1. Безопасность спасательных работ: учебн. / С.В. Горбунов [и др.]. Кн. 1. – Новогорск: АГЗ МЧС России, 2005. – 139 с.
2. Шатов, С.В. Организационно-технологические решения разборки поврежденных и реконструируемых сооружений и зданий / С.В. Шатов // Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури. – Днепропетровск: ГВУЗ «Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры», 2013. – С. 12–17.
3. Болты самоанкерующиеся распорные для строительства. Технические условия: ГОСТ 28778-90. – Введ. 01.07.91. – Москва : Центральный научно-исследовательский и проектно-экспериментальный институт организации, механизации и технической помощи строительству Госстроя СССР, 1990. – 8 с.



**УДК.677.862.512.1**

**д-р философии по техн. наукам Хакимова Д.А.,  
д-р техн. наук Нуркулов Ф.Н.**

*Учреждение «Ташкентский институт текстильной и легкой промышленности», г. Ташкент*

## **РАЗРАБОТКА ОГНЕЗАЩИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ СПЕЦОДЕЖДЫ**

Производственной одежде в нашей стране уделяется большое внимание. Она применяется во всех отраслях народного хозяйства и относится к числу наиболее широко применяемых средств индивидуальной защиты рабочих. Специальная одежда и специальная обувь предохраняют работающего от общих производственных загрязнений, механических, пылевых, химических воздействий, а также других неблагоприятных факторов внешней среды. К спецодежде предъявляют определенные требования. Она должна быть безвредной, достаточно прочной и надежной, легкой и эластичной, обеспечивать хорошую воздухо- и паропроницаемость, хорошо очищаться от загрязнений, не давать усадки и сохранять первоначальные защитные свойства после стирки и химчистки.

Представлен олигомерный антипирен для текстильных материалов, предназначенных для спецодежды. Проведены исследования тканей с огнеупорной пропиткой с целью повышения защитных свойств новой спецодежды.

*Ключевые слова:* антипирен, огнестойкость, полимер, покрытие, защитная одежда.

**Ph.D. (tech.) D.A. Khakimova,**

**Doctor of the technical sciences F.N.Nurkulov**

*Tashkent institute of textile and light industry, Tashkent, Uzbekistan*

## **DEVELOPMENT REFRACTORY MATERIAL FOR FABRICATION OF THE OVERALLS**

Production cloth in our country is spared big attention. She is used in all branch public facilities and pertains to count; calculate; list most broadly applicable facilities of the individual protection worker. Special cloth and special footwear prevent working from the general production contamination, mechanical, chemical influences, as well as the other disadvantage factor external ambience. Certain requirements present To overalls. She must be harmless, acute enough and reliable, light and rubber-band, provide get prettier air- and permeable, be well cleaned from contamination, not to give the

shrinkages and save the initial defensive characteristic after laundry and dry-cleaner'ses.

In article is presented refractory antipiren for textile material, intended for overalls. Organized studies fabric with refractory soak for the reason increasing defensive characteristic new overalls.

*Key words:* antipiren, refractory, polymer, covering, defensive cloth.

Защитный материалы как, например, пластмасса и текстиль, которые играют важную роль в повседневной жизни, имеют в составе органические полимеры.

В зависимости от области применения защитного текстиля и одежды набор свойств (функций), которыми они должны обладать, может отличаться, но достаточно часто определенные свойства являются общими для материалов и защитной одежды различного назначения.

Основные свойства, которые необходимо придать большинству видов защитной одежды, следующие:

водо- и маслоотталкивание;  
огнестойкость (огнезащищенность);  
антимикробность.

На протяжении своей истории человечество усовершенствовало технологию использования огня в различных сферах жизни и одновременно искало пути защиты от нежелательного возгорания материалов.

Особенно необходима огнезащита текстильных изделий, используемых для спецодежды металлургов, пожарных, сварщиков и других. Создание и выпуск текстильных материалов с огнезащитными свойствами связаны с трудностями, обусловленными самозатуханием после удаления источника воспламенения и негорением в пламени.

Целенаправленно над проблемой придания текстильным материалам огнезащитности начали работать химики еще в 17 веке. Первое письменное упоминание об огнезащитности текстильных материалов относится к 1638 г.: итальянец Николае Сабатини предложил обрабатывать занавеси и декорации в театре смесью глины и гипса, которые вводились в печатную краску. Первый патент в этом направлении был получен в Англии в 1735 г. В 1821 г. знаменитый французский химик Гей-Люссак предложил использовать смесь из фосфата аммония, хлорида аммония и борной кислоты для обработки льна и джута с целью придания им пониженной горючести. Эта технология по рецептуре весьма близка к современной [1].

По горючести текстильные волокна можно подразделить на три группы:



быстрогогорючие – хлопок, лен, вискозные, меноаммиачные и полиакрилонитрильные волокна, которые интенсивно горят в пламени и быстро догорают при вынесении их из пламени;

горючие волокна – шерсть и натуральный шелк, которые менее интенсивно горят в пламени и при вынесении из него гаснут;

негорючие волокна, которые в пламени плавятся или горят, но при вынесении из него сразу же гаснут. Горючесть тканей зависит также от тонины, степени крутки пряжи, толщины и плотности ткани, наличия на поверхности ворса и вида отделки.

Анализ данных о несчастных случаях с летальным исходом при возгорании одежды в США, Швеции, Канаде, Англии, Швейцарии и Германии показал, что один такой случай за год приходится на 60–900 тыс. человек.

На сегодня все национальные законодательства включают в себя правила, нормирующие показатели пожарной опасности текстильных материалов и изделий из них. В связи с тем, что эти показатели зависят от многих факторов (химическая структура материалов, геометрия изделий, окружающая среда, источники зажигания, время воздействия и т.д.), в мировой практике определение характеристик горения и воспламенения текстильных материалов проводится более чем по 100 лабораторным методикам (национальным, ISO, EN, IMO) [2]. Именно созданию качественно новых материалов уделяется особое внимание во всем мире. Во-первых, создаются огнеупорные термостойкие хлопчатобумажные ткани со специальной обработкой; во-вторых, развивается производство тканей на основе синтетических волокон, таких как арамиды, иногда в сочетании с хлопком или вискозой; в-третьих, есть особые материалы для работы в условиях открытого пламени.

В качестве огнезащитной пропитки компания «Чайковский текстиль» использует препарат Pyrovatex фирмы Ciba. Pyrovatex проникает внутрь нити и за счет прочных ковалентных связей с хлопком придает ткани уникальные огнезащитные свойства. Одежда из этой ткани не горит и не плавится при воздействии открытого огня и высоких температур; не тлеет после пребывания в пламени в течение 30 секунд; сохраняет первоначальную форму при воздействии огня; усиливает свои огнезащитные качества при стирке; сохраняет защитные свойства после 200 стирок и химчисток; гарантирует безопасность для здоровья, поскольку не содержит формальдегидов; обладает антистатическими свойствами и защищает от нефти, масла, воды и механических воздействий.

Последний бренд – «TERMOSHIELD» (Германия). Компания предлагает линейку одноименных специализированных огне- и

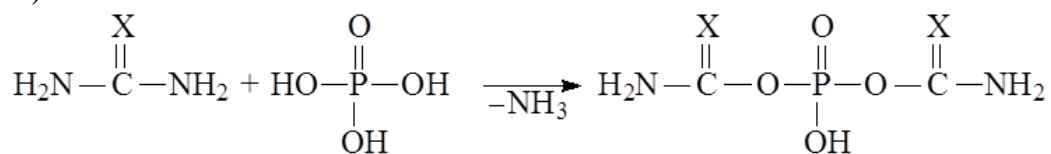
термостойких материалов для производства костюма сварщика. Ткань Термошилд ПС рекомендуется использовать для защиты от искр и брызг расплавленного металла в качестве накладок на переднюю часть костюма. Уникальным является высочайшая стойкость к прожиганию – более 950 секунд, это в 9,5 раза выше, чем у других производителей. Ткань устойчива к стиркам, что обеспечивает защиту от общепроизводственных загрязнений [3].

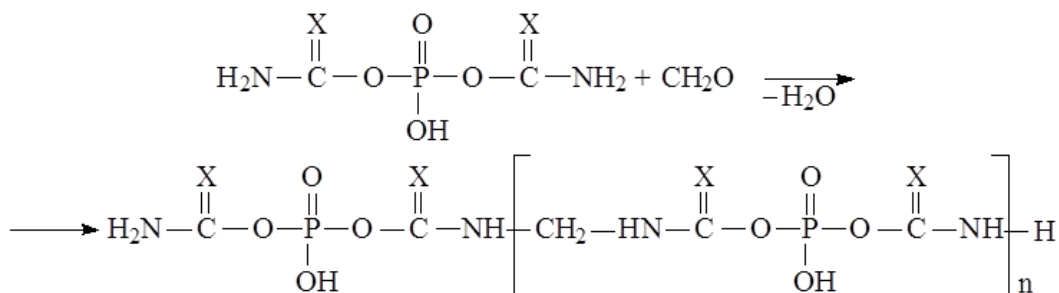
Применение огнестойкой спецодежды требуется на большинстве рабочих мест, где присутствует потенциальная опасность возникновения пожара, взрыва, ожогов при контакте с расплавленным металлом. Материалы для пошива спецодежды должны не только обеспечить необходимую защиту, но и создать комфортные условия носки. В современных условиях важное значение имеет широкое применение огнезащитных составов, которые должны обеспечиваться новым поколением экологически безопасных, рентабельных огнезащитных композиций с высокими эксплуатационными показателями. Используемые для этого составы после нанесения на поверхность горючих материалов повышают их огнестойкость.

Новые проблемы пожарной безопасности возникают также в связи с ускоренным строительством жилых, производственных и автотранспортных предприятий зданий. Вероятность возникновения пожара можно уменьшить, используя в зданиях трудно возгораемые материалы, защищая их специальными противопожарными составами.

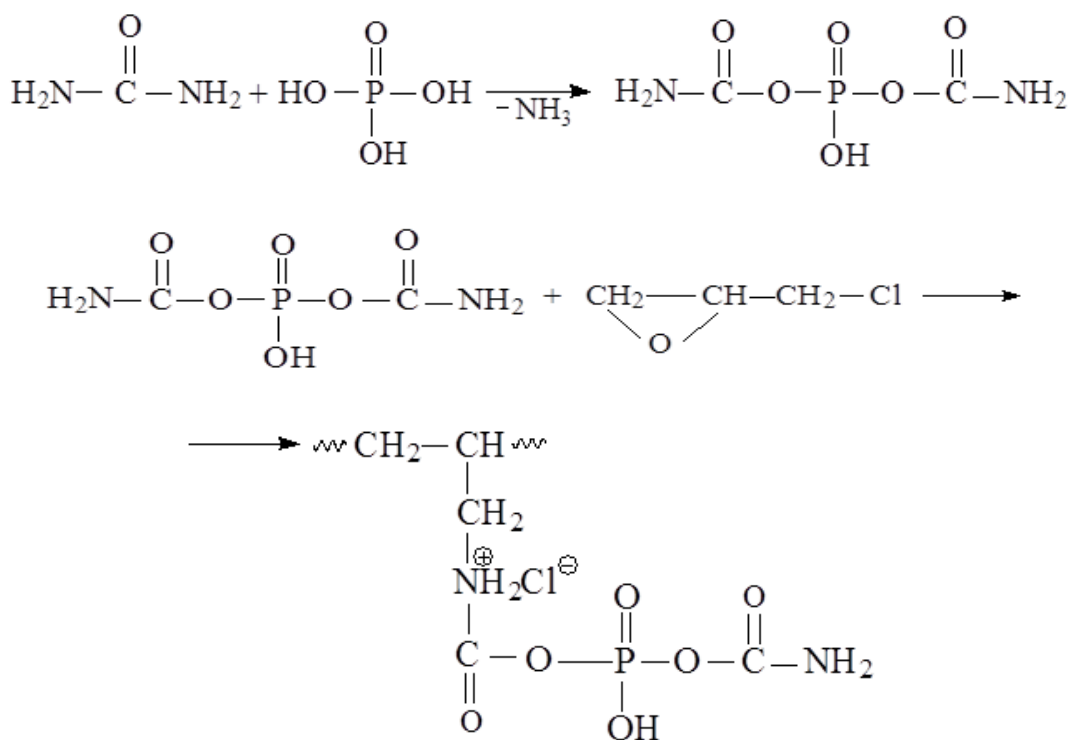
Синтезированы новые полифункциональные олигомерные антипирены на основе продуктов взаимодействия азот-, фосфор-, бор-, магний-, кремний-, алюминийсодержащих соединений, при этом были изучены свойства антипиренов марок Теха-1, Теха-2, Теха-3. Полученные олигомеры имеют следующую общую формулу. Кроме того, эти олигомеры, исходя из состава композиции, содержат в своей структуре бор, кремний и металлы.

1)





2)



Огнеупорную пропитку готовили последовательным перемешиванием исходных материалов в соотношениях (масс.%) в качестве опытного варианта. В трехгорлой колбе емкостью 200 мл, снабженной мешалкой, обратным холодильником, термометрами капельной воронкой, растворяют 20,5 г мочевины в 50 мл воды. К раствору добавляют 20,5 г азотсодержащего соединения, смесь нагревают до кипения в течение 1 часа при перемешивании. К этому раствору в течение 0,5 часа при перемешивании приливают 5 г оксида металла, 0,2 г серосодержащих и 0,1 г ПАВ при температуре 90 °С [4]. Реакционную смесь выдерживают при 90 °С еще 1 час, затем дают охладиться и сушат на открытом воздухе или в термощкафу до постоянной массы. Выход целевого продукта 92 %.

Для спецодежды используют отбеленные гладкоокрашенные классические хлопчатобумажные ткани: бязь, сатин, молескин, диагональ, адриатин и репс. Согласно методике пропитки хлопчатобумажную ткань пропитывали водным составом, содержащим 20 г/л (Теха-1); ткань отжимали, сушили и подвергали термообработке при 150-160 °С в течение 6 мин.

После пропитывания новой огнеупорной пропиткой масса тканей увеличивается в среднем на 5–10 %. Технология процесса пропитывания текстильных материалов зависит от вида ткани и вида пропиточного соединения. В таблице 1 представлены результаты исследований основных физико-механических свойств хлопчатобумажной ткани после пропитывания новой разработанной огнеупорной композицией.

Таблица 1 – Показатели физико-механических свойств хлопчатобумажной ткани после пропитывания новой разработанной огнеупорной композицией

Наименование композиции	Поверхностная плотность, г/м <sup>2</sup>	Разрывная нагрузка, Н, не менее		Переплетение	Гигроскопичность, %, не менее	Воздухопроницаемость, см <sup>3</sup> /см <sup>2</sup> с, не менее	Стойкость к	
		по основе	по утку				истиранию, не менее	прожиганию, с
Теха-1	259,3	422 (10 %)	126 (10 %)	саржа	мс 7,83 мв 6,19	6,73	18 500	15
Теха-2	258,6	320 (10 %)	185 (9 %)	саржа	мс 6,97 мв 6,67	6,39	18 500	15
Теха-3	258,5	325 (10 %)	192 (9 %)	саржа	мс 6,70 мв 6,57	6,35	18 300	15

На основании проведенных исследований можно с высокой достоверностью констатировать, что предложенные ткани по показателям надежности могут быть рекомендованы для конкурентоспособной специальной одежды служащих, пожарных и рабочих автотранспортных предприятий.

### Литература

1. Кричевский, Г.Е. Химическая технология текстильных материалов: Учеб. для вузов. В 3-х т. Т. 3. / Г.Е. Кричевский. – М., 2001.
2. Электронный ресурс. Огнестойкие текстильные материалы.
3. Электронный ресурс/- [http// www/texttime.ru/brand/202](http://www.texttime.ru/brand/202)
4. Нуркулов, Ф.Н. Изучение огнезащитной эффективности олигомерных антипиренов АР-110 и АР-120 для древесных материалов / Ф.Н. Нуркулов, А.Т. Джалилов // Известия. – Волгоград ГТУ. – 2015. – № 7. – С. 175–178.



**УДК 62-932.4:504.054**

**канд. тех. наук, доц. Горовых О.Г., Канина М.А.**

*Филиал «Институт переподготовки и повышения квалификации»  
Университета гражданской защиты МЧС Беларуси, д. Светлая Роща*

## **ПРИМЕНЕНИЕ ОЗОНАТОРА ПРИ ДЕМЕРКУРИЗАЦИИ ЗАГРЯЗНЕННЫХ РТУТЬЮ ПОМЕЩЕНИЙ**

Показаны преимущества применения озонатора на этапе химической демеркуризации. Освещены проблемные вопросы по хранению и утилизации ртутьсодержащих отходов. Как показывает практика, данная проблема существует и требует применения новых, альтернативных методов деkontаминации как самих отходов для их безопасного захоронения, так и мест, где они хранились. Соблюдение установленных требований при обращении с ртутьсодержащими отходами как со стороны юридических лиц и индивидуальных предпринимателей, так и со стороны населения в значительной степени способствует снижению загрязнения окружающей среды и в конечном итоге сохранению здоровья граждан.

*Ключевые слова:* демеркуризация, озонатор, ртутьсодержащие отходы.

**Ph.D. (tech.) O.G. Gorovych  
M.A. Kanina**

*Branch «Institute for retraining and professional development» University of civil  
protection of the Ministry for Emergency Situations of the Republic of Belarus,  
village Svetlaya Roshcha*

## **THE OZONIZER EMPLOYMENT FOR DEMERCURIZATION OF MERCURY-CONTAMINATED PREMISES**

The article highlights the problem issues of storage and disposal of mercury-containing waste. As practice shows, this problem exists and requires the use of new, alternative methods of decontamination of both the waste itself for its safe disposal for its safe disposal, and the places where it was stored. Compliance with the established requirements for the management of mercury-containing wastes both from legal entities and individual entrepreneurs and from the population greatly contributes to the reduction of environmental pollution and ultimately the preservation of health of citizens.

*Key words:* mercury-containing waste, demercurization, ozonizer.

Ртуть попадает в окружающую среду различными путями. Одним из источников поступления ртути в окружающую среду является размещение ртутьсодержащих отходов. На сегодняшний день в Беларуси не налажена экологически обоснованная система управления ртутьсодержащими отходами. Не во всех населенных пунктах организована система сбора

ртутьсодержащих отходов у населения, что в большинстве случаев приводит к попаданию данных отходов на полигоны твердых бытовых отходов.

К ртутьсодержащим отходам мы относим отходы с массовой долей ртути и ее соединений 0,00021% и более (по ртути). Такие отходы очень часто не сразу сдаются на утилизацию, а какое-то время складываются во временных пунктах хранения. Ртутьсодержащие отходы по степени токсичности относятся к I классу опасности, представляя собой, по образному выражению, химическую бомбу замедленного действия. Согласно национальному законодательству захораниваются только отходы, относящиеся к III–IV классам опасности, а также не опасные. Необезвреженные отходы захоранивать строго запрещено. В ст. 1 Закона Республики Беларусь «Об обращении с отходами» обезвреживание отходов определяется как деятельность, связанная с обработкой, сжиганием либо уничтожением отходов другими методами, включая способы, способствующие уменьшению объема отходов либо нейтрализации их опасных характеристик.

В целях обеспечения безопасности здоровья и жизни работающих на предприятиях необходимо строго соблюдать требования санитарного законодательства по обращению с ртутьсодержащими отходами. Для демеркуризации помещений, где могут храниться отходы, используются механический, химический или термический метод демеркуризации самостоятельно или в совокупности. Выбор метода обуславливается объемом или материалом, подлежащим демеркуризации, и формой нахождения ртути. Поэтому подходы к демеркуризации различных помещений в каждом конкретном случае имеют свои особенности и определяются специалистами, проводящими данные работы.

На каждом предприятии и в организации условия сбора и накопления отходов определяются классом опасности, способом упаковки и отражаются в техническом регламенте (проекте лимитов образования отходов, ТУ, инструкции) с учетом агрегатного состояния и надежности тары. Ртутьсодержащие отходы (I класс опасности) без повреждения ртутной системы (целостности стеклянной колбы) разрешается временно хранить в отдельном помещении (кладовой) в заводской таре. Битые ртутьсодержащие лампы должны храниться исключительно в специальной герметичной емкости с крышкой (контейнеры, бочки др.), но временно в этих же помещениях.

При нарушении условий сбора, временного хранения, транспортировки и утилизации ртутьсодержащих отходов возможно возникновение как острых, так и хронических отравлений парами ртути работников предприятий. Кроме того, возможно ртутное загрязнение помещений, территории, воздуха, почвы, воды (среды обитания человека). Ртутьсодержащие лампы представляют собой опасность с позиции локального загрязнения среды обитания ртутью. При разбивании ртутной лампы, содержащей 80 мг металла, образуется свыше

11 тыс. шариков с общей суммарной поверхностью 3,5 см<sup>2</sup>. Этого количества ртути достаточно, чтобы загрязнить до уровня ПДК помещение объемом 300 000 м<sup>3</sup>.

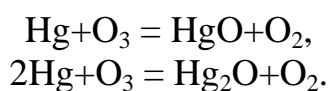
Несмотря на достаточное количество предлагаемых, разрабатываемых изобретателями и рекомендуемых нормативно-правовыми актами составов, демеркуризовать поверхность объектов при однократной обработке до величин, соответствующих допустимым, не удастся. Об этом говорит необходимость многократной обработки загрязненных поверхностей при проведении демеркуризационных работ для достижения предельно допустимых концентраций.

Главными и общими недостатками химического этапа проведения демеркуризации (использования растворов окислителей) является трудность их нанесения на вертикальные поверхности и проблемы с обезвреживанием образовавшихся в результате проведения работ отработанных растворов и промывных вод.

Все используемые средства не уничтожают капельную ртуть, а образуют на ее поверхности нерастворимую или нелетучую форму, но все же токсичную, за время более суток. Также существенным недостатком водных растворов демеркуризаторов является невозможность их применения при низких температурах (-10...-30 °С). Реалии проведения демеркуризационных работ на больших площадях и в зданиях с постоянным или временным пребыванием людей показывают, что обычно для доведения содержания паров ртути в воздухе до ПДК фактически требуется несколько недель. Например, 18 марта в 2016 году было обнаружено загрязнение ртутью нескольких помещений в Республиканском детском пульмонологическом центре медицинской реабилитации. Демеркуризационные работы проводились более одной недели силами нескольких десятков спасателей.

Если проанализировать применяемые и возможные к применению окислители для перевода металлической ртути в окисленное состояние при проведении демеркуризационных работ, то при анализе ЭДС реакций видно, что наиболее эффективным окислителем ртути является озон, газ, который до настоящего момента интенсивно не используется.

Окислительный потенциал озона составляет 2,07 В и уступает только фтору  $E(F) = 2,87$  В, поэтому он является более сильным, чем рассмотренные окислители. Озон эффективно и достаточно быстро переводит металлическую ртуть (впрочем, как и многие другие металлы) в окисленное состояние по следующим уравнениям:





Патентные исследования показали, что именно для проведения демеркуризационных работ озонирующие устройства специально не предлагались. В результате проделанной работы в Университете гражданской защиты МЧС Республики Беларусь разработано устройство озонирующее, позволяющее генерировать не менее 4 г/мин озона, что обеспечивает проведение демеркуризационных работ с достижением норм ПДК по ртути в воздухе за несколько часов. Время обработки в целом зависит от степени ртутного загрязнения и размеров загрязненных помещений.

Используя озоновый генератор, необходимо заполнить все загрязненное ртутью помещение концентрированным озоном, который за счет окислительных реакций создает на поверхности капелек ртути твердую пленку из окислов и солей, которая не пропускает пары. Мелкие капельки за счет озона полностью окисляются в неопасные для здоровья человека соли.

После обработки озоном сразу становятся видны все участки, загрязненные ртутью, как солевые пятна и капельки белого цвета, которые, соблюдая осторожность, можно убрать.

На данный момент озонатор находится на опытной эксплуатации в ГПАСУ РОСН МЧС Республики Беларусь в ЦХРЗ и активно применяется для проведения демеркуризации жилых, производственных помещений, обработки оборудования после проведения аварийно-спасательных работ, а также для демеркуризации их пункта временного хранения ртутьсодержащих отходов. Проведенная работа показала, что эффективность проведения демеркуризационных работ с озонирующим устройством гораздо выше. ПДК в местах применения достигается быстрее относительно применения только химических реактивов и не повышается после окончания воздействия.

Как известно, в 2014 году наша страна подписала Минаматскую конвенцию о ртути, что явилось важным шагом, показывающим мировой общественности, что наша страна не находится в стороне от данной проблемы и предпринимает меры для предотвращения последствий неблагоприятного воздействия ртути на здоровье человека и окружающую среду.

Для ратификации данной конвенции необходимым было проведение инвентаризация ртути. Инвентаризация проводилась в рамках Программы развития ООН в соответствии с Методологией определения и количественной оценки поступлений ртути в окружающую среду ЮНЕП. Источниками данных для проведения инвентаризации являлись национальные статистические данные, информация с официальных сайтов предприятий, бюллетени, сборники, отчеты государственных органов, интернет-ресурсы, а также информация от национальных экспертов по ртутному загрязнению. В результате проделанной работы одним из

выявленных проблемных вопросов и явился вопрос о деконтаминации ртутьсодержащих материалов и помещений, в которых они хранятся. Все выявленные объекты не имеют налаженной системы и методики обеззараживания. Если провести больше опытных экспериментов, то после проведения оценки результатов можно сделать заключение о необходимости внедрения озонатора на этапе химической демеркуризации.

Соблюдение установленных требований при обращении с ртутьсодержащими отходами как со стороны юридических лиц и индивидуальных предпринимателей, так и со стороны населения в значительной степени способствует снижению загрязнения окружающей среды и в конечном итоге сохранению здоровья граждан.

#### **Литература**

1. Патент США № 2774736, кл.252-192
2. Патент РФ № 2185413.
3. Патент РФ № 2276197.
4. Демеркуризационные работы / В.П. Астапов [и др.]. – Мн.: Право и экономика, 2001. – 87 с.
5. Макаrenchенко, В.Г. Демеркуризация объектов городской среды. Эколого-геохимические проблемы ртути: сб. науч. ст. / В.Г. Макаrenchенко, Н.В. Косорукова, А.А. Волох. – М.: ИМГРЭ, 2000. – С. 153–161.



**УДК 614.842.615**

**канд. тех. наук Кодрик А. И., канд. тех. наук Титенко А. Н.,  
канд. тех. наук, доц. Виноградов С. А.\*, С.М. Шахов\***

*Украинский научно-исследовательский институт гражданской защиты,  
г. Киев*

*\*Национальный университет гражданской защиты Украины, г. Харьков*

## **РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ УСТАНОВКИ ДЛЯ ГЕНЕРАЦИИ КОМПРЕССИОННОЙ ПЕНЫ**

Целью исследования было построение математической модели установки для генерации компрессионной пены с учетом особенностей ее конструкции и технологических параметров. Графическая среда имитационного моделирования Simulink (интегрированное в программную среду MatLab) позволяет с помощью отдельных блоков в виде направленных графов строить динамические модели. Это блок подачи газа, блок подачи смеси воды и пенообразователя, блок пеногенерирующей вставки и блок выходного сопла. Каждый из блоков представляет собой автономную математическую модель со своим входом и выходом, благодаря чему осуществляется взаимодействие между блоками в процессе выполнения общей задачи моделирования. Блоки можно менять в соответствии с изменениями конструкции установки, оставляя постоянной только внешнюю оболочку (количество входов, выходов, размерность) отдельного блока.

Разработанная математическая модель позволяет проводить расчеты параметров установки для генерации компрессионной пены в зависимости от ожидаемого времени ее работы и кратности компрессионной пены, которую необходимо получить, и исследовать влияние параметров пеногенерирующей вставки установки для генерации компрессионной пены на кратность компрессионной пены.

*Ключевые слова:* функционально-физическая схема, компрессионная пена, функциональный блок, входные параметры, выходные параметры.

**Ph. D. (tech.) A.Kodryk, Ph. D. (tech.) O. Titenko,  
Ph. D. (tech.) S. Vinogradov\*, S. Shakhov\***

*The Ukrainian Civil Protection Research Institute ,*

*\*National University of Civil Defence of Ukraine*

## **MATHEMATICAL MODEL OF THE DEVICE FOR GENERATING OF EXTINGUISHING COMPRESSED AIR FOAM**

The aim of the study was to build a mathematical model of the installation for the generation of compression foam, taking into account the peculiarities of its design and technological parameters. The Simulink graphical simulation

environment (integrated into the MatLab software environment) allows building dynamic models using separate blocks in the form of directed graphs. This is a gas supply unit, a unit for supplying a mixture of water and a foaming agent, a pinogen-generating unit, and an outlet nozzle unit. Each of the blocks is an autonomous mathematical model with its own input and output, due to which the interaction between the blocks is carried out in the process of performing the general modeling task. Blocks can be changed in accordance with changes in the design of the installation, leaving only the outer shell (number of inputs, outputs, dimension) of a separate block constant.

The developed mathematical model allows us to calculate the parameters of the installation for the generation of compression foam depending on the expected time of its operation and the multiplicity of the compression foam, which must be obtained, and to study the effect of the parameters of the pinogen insert of the installation for the generation of compression foam on the ratio of the compression foam.

*Key words:* functional-physical scheme, compression foam, functional block, input parameters, output parameters.

### **Введение**

Основная проблема при создании систем пожаротушения, потребляющих сжатый воздух, состоит в надлежащем регулировании потока воды и потока воздуха, которые подают в смесительную камеру таким образом, чтобы непрерывно обеспечивать создание пены, которая должна иметь соответствующие свойства для борьбы с огнем и остается стабильной с течением времени. Отметим, что технологии создания компрессионной пены в разных странах отличаются друг от друга схемами построения, количеством и видами пенообразователей, технологическими режимами – давлением, интенсивностью подачи компонентов, временем работы [1–4]. Для нас особый интерес вызывают технологии создания компрессионной пены с использованием отечественных пенообразователей и модернизированного оборудования, находящегося на оснащении подразделений. Результаты этих работ позволят начать внедрение в практику новых инновационных методов тушения пожаров с повышенной эффективностью и значительно меньшими материальными затратами.

Следует отметить, что все приведенные исследования по установкам для генерирования компрессионной пены направлены в основном на экспериментальное определение эффективности применения компрессионной пены для тушения пожаров различных веществ при использовании установок для генерации компрессионной пены с различными параметрами [5–7].

На сегодня общей тенденцией при проектировании различных конструкций, особенно сложных, построенных на внутренних

взаимодействиях отдельных структурных единиц, является разработка математической модели, предшествует конструктивным решением и часто является расчетной основой для них. Такая математическая модель позволит аналитически получить оптимальные геометрические и технологические параметры установки для генерации компрессионной пены для конкретного случая ее применения при тушении пожара, выявить влияние технологических параметров процесса пенообразования, а именно: давления в системе, расхода воды и воздуха, типа и количества пенообразователя, возможных схем смешивания на эксплуатационные характеристики полученной пены, такие как устойчивость, огнетушащая способность, адгезия, позволит создавать эффективные системы по созданию компрессионной пены и осуществлять управление процессами пенообразования и пожаротушения.

## 2. Основная часть

Целью исследования является построение математической модели установки для генерации огнетушащей компрессионной пены.

Для достижения поставленной цели решались следующие задачи:

разработать функционально-физическую схему установки для генерации компрессионной пены;

разработать математическую модель установки для генерации компрессионной пены.

Анализ работ, посвященных проблеме генерации компрессионной пены стационарными и передвижными установками пожаротушения [8–10], позволил выбрать рабочую функционально-физическую схему установки для генерации компрессионной пены, которая представлена на рисунке 1.

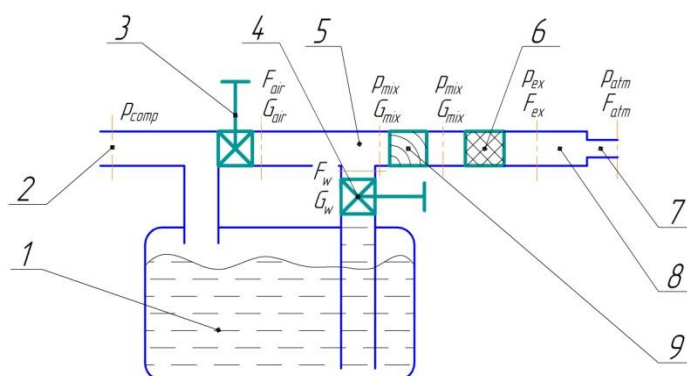


Рисунок 1 – Функционально-физическая схема установки для генерации компрессионной пены: 1 – емкость со смесью; 2 – вход для высокого давления; 3 – дроссель газовый; 4 – дроссель жидкостный; 5 – камера смешивания; 6 – пеногенерирующая вставка; 7 – выходное сопло; 8 – предкамера; 9 – статический смеситель

Установка для генерации компрессионной пены работает следующим образом. Смесь воды с пенообразователем (в заданном соотношении) находится в емкости 1, давление  $p_{comp}$  рабочего газа (воздуха), является энергетическим источником работы установки, подается к отверстию 2. Необходимое количество воздуха и смеси воды с пенообразователем регулируется в соответствии с дросселями: газовым 3, что имеет регулируемую площадь выходного сечения  $F_{air}$  и поток газа  $G_{air}$ , и жидкостным 4, что имеет регулируемую площадь выходного сечения  $F_w$  и поток смеси (вода с пенообразователем)  $G_w$ . Далее воздух смешивается со смесью воды с пенообразователем в камере смешивания 5 под давлением  $p_{mix}$ , имея поток  $G_{mix}$ , проходит через статический смеситель 9 и далее в пеногенерирующую вставку 6, где происходит генерация компрессионной пены, поступающей в предкамеру 8, которая имеет площадь сечения  $F_{ex}$  выходного сопла и находится под давлением  $p_{ex}$ . Готовая пена выходит через сопло 7, имеющее площадь выходного сечения  $F_{atm}$ .

## 2.1 Разработка математической модели установки для генерации компрессионной пены

Достаточно часто математическая модель является многомерной системой уравнений алгебраических, дифференциальных, которую можно решать, как правило, только численными методами. Поэтому для построения математической модели была выбрано графическая среда имитационного моделирования Simulink (интегрированное в программную среду MatLab), что позволяет с помощью отдельных блоков в виде направленных графов строить динамические модели. Использование Simulink является удобным инструментом для решения таких проблем при описании стационарных и переходных процессов при проектировании конструкций.

Математическая модель установки для генерации компрессионной пены создана таким образом, что она является объединением отдельных блоков, каждый из которых представляет собой автономную математическую модель со своим входом и выходом, с помощью которых осуществляется взаимодействие между блоками в процессе выполнения общей задачи моделирования: блока подачи газа, блока подачи смеси воды и пенообразователя, блока статического смесителя, блока пеногенерирующей вставки, блока выходного сопла.

Эти отдельные блоки можно менять в соответствии с изменениями конструкции установки, оставляя постоянной только внешнюю оболочку (количество входов, выходов, размерность отдельного блока).

В математическом смысле этой моделью является система дифференциально-алгебраических уравнений для описания переходного процесса (для определенных заданных параметров) при подаче давления

на входное отверстие 2 установки на рисунке 1. Для каждого из функциональных блоков установки разработано математическое описание.

Входными параметрами для блока подачи газа (на блок-схеме: «Air», рисунок 3) являются:

$p_{comp}$  – давление на входе 2 (рисунок 1), Па;  $p_{mix}$  – давление в камере смешивания, 5 (рисунок 1), Па;  $d_a$  – диаметр отверстия сопла подачи газа, м;  $T$  – температура торможения газа, К;  $R_{air}$  – газовая постоянная для выбранного рабочего газа, Дж/(кг · К).

Для решения задачи моделирования блока подачи газа использован метод гидродинамических функций [11]. Поток газа  $G_a$  (массовый расход) через сопло, образующийся при дросселировании, будет вычисляться по формуле

$$G_a = \frac{\pi \cdot d_{air}^2 \cdot m_{const} \cdot p_{comp} \cdot \left(\frac{k+1}{2}\right)^{\frac{1}{k-1}} \cdot \lambda \cdot \left(1 - \frac{k-1}{k+1} \cdot \lambda^2\right)^{\frac{1}{k-1}}}{4 \cdot \sqrt{T}}, \text{ кг/с}, \quad (1)$$

где  $\lambda$  – приведенная скорость газа;  $T$  – температура торможения газа, К;  $m_{const}$  – характерная постоянная [11].

Для блока подачи смеси воды с пенообразователем (на блок-схеме: «Liquid», рисунок 3) входными параметрами являются:

$p_{comp}$  – давление в емкости смеси 1 (рисунок 1), Па;  $p_{mix}$  – давление в камере смешивания 5 (рисунок 1), Па;  $d_w$  – диаметр отверстия сопла подачи смеси, м.

Исходя из равенства потенциальной энергии давления в емкости смеси 1 (рисунок 1) и кинетической энергии струи воды, выходящей из жидкостного дросселя 4 (рисунок 1), напишем уравнение

$$v_w = \sqrt{2 \cdot \frac{(p_{comp} - p_{mix})}{\rho_w}}, \text{ м/с}, \quad (2)$$

где  $\rho_w$  – плотность смеси воды с пенообразователем, кг/м<sup>3</sup>.

Тогда поток смеси воды с пенообразователем можно вычислить по формуле

$$G_w = \frac{\pi}{4} \cdot v_w \cdot \rho_w \cdot d_w^2, \text{ кг/с}. \quad (3)$$

В блоке статического смесителя (на блок-схеме: «Static Mixer», рисунок 3) происходит предварительное смешение газа и смеси воды с пенообразователем, в котором реализован принцип попеременного

правого и левого вращения потока смеси. Исходя из этого, в основе математического описания физических процессов этого блока лежит равенство работ пропульсивной силы и работы ускоренного вращения порции пены, находящейся в одном элементе статического смесителя:

$$\Delta p \cdot \frac{\pi}{4} \cdot D_s^2 \cdot t_s = J \cdot \varepsilon \cdot \varphi \quad (4)$$

где  $\Delta p$  – перепад давления на элементе статического смесителя, Па;  
 $D_s$  – диаметр элемента статического смесителя, м;  
 $t_s$  – длина элемента статического смесителя, м;  
 $J$  – момент инерции пены в элементе статического смесителя, кг·м<sup>2</sup>;  
 $\varepsilon$  – угловое ускорение в элементе статического смесителя, рад/с<sup>2</sup>;  
 $\varphi$  – величина углового поворота одного элемента статического смесителя, рад.

Итоговая итерационная формула для определения давления на выходе последовательно установленных  $n_s$  элементов статического смесителя в условиях адиабатического процесса:

$$P_{ex} = \sum_{i=1}^{n_s} P_i, P_{i+1} = P_i + n_s \cdot \frac{G^2}{2 \cdot t_s^2 \cdot D_s^2} \cdot \frac{(R \cdot T_n \cdot (k_{FER} - 1) \cdot \rho_{a\_NC} + P_i)}{P_i \cdot ((k_{FER} - 1) \cdot \rho_{a\_NC} + \rho_{liq})} \quad (5)$$

, Па,

где  $n_s$  – число последовательно установленных элементов статического смесителя;

$G$  – массовый расход смеси, кг/с;

$R$  – универсальная газовая постоянная для данного газа, Дж/кг·К;

$T_n$  – абсолютная температура смеси, К;

$\rho_{a\_NC}$  – плотность газа при нормальных условиях, кг/м<sup>3</sup>;

$\rho_{liq}$  – плотность жидкости, кг/м<sup>3</sup>.

Разработка математического описания блока пеногенерирующей вставки (на блок-схеме: «Foam Generator», рисунок 3) состояла из двух этапов:

вывод предварительной формулы исходя из физических принципов, описывающих прохождение пены через пористое тело;

аппроксимирование экспериментальных данных к предварительной формуле путем введения коэффициентов.

Для вывода предварительной формулы использовались следующие формулы.

Формула кратности пены в зависимости от давления:



$$k_p = \frac{P_n}{P} \cdot (k_{FER} - 1) + 1 \quad (6)$$

где  $k_{FER}$  – кратность пены при нормальных условиях.

Формула коэффициента отношения толщины пленки к радиусу пузыря пены:

$$k_{h-D} = 1/2 \cdot \left( 1 - \left( \frac{k_p - 1}{k_p} \right)^{\frac{1}{3}} \right) \quad (7)$$

где  $k_p$  – кратность смеси в условиях сжатия под текущим давлением процесса.

Формула зависимости эффективной вязкости пены от коэффициента отношения толщины пленки к радиусу пузыря:

$$\mu_{foam} = \mu_{liq} \cdot k_{h-D}, \text{ Па}\cdot\text{с}, \quad (8)$$

где  $\mu_{liq}$  – динамическая вязкость смеси воды с пенообразователем, Па·с

Формула падения давления по длине:

$$\delta p l(p, \omega) = 32 \cdot \mu_{foam}(p) \cdot \frac{\omega_{ch}^2}{D_{ch}^2}, \text{ Па/м}, \quad (9)$$

где  $\omega_{cp}$  – скорость в каналах пеногенерирующей вставки:

$$\omega_{ch} = \frac{\omega}{1 - k_s}, \text{ м/с} \quad (10)$$

$k_s = 0,74$  – коэффициент плотности упаковки шаров пеногенерирующей вставки;

$D_{ch}$  – диаметр каналов пористого тела:

$$D_{ch} = \frac{4 \cdot (1 - k_s)}{f}, \text{ м}, \quad (11)$$

$f$  – удельная поверхность каналов согласно [13]:

$$f = \frac{3}{4} \cdot \frac{k_s}{d_b}, \text{ м}^2/\text{м}^3 \quad (12)$$

где,  $d_b$  – диаметр шаров пеногенерирующей вставки, м.

Предполагая, что движение пены является адиабатным процессом, плотность пены определится как:

$$\rho = \frac{p \cdot ((k_{FER} - 1) \cdot \rho_{a\_MC} + p_{liq})}{R_{air} \cdot T_n \cdot (k_{FER} - 1) \cdot \rho_{a\_MC} + p}, \text{ кг/м}^3 \quad (13)$$

А также, учтя, что общий массовый расход смеси:

$$G = \omega_{ch} \cdot \rho \cdot \frac{\pi}{4} \cdot D_g, \text{ кг/с}, \quad (14)$$

где  $D_g$  – внешний диаметр внутренней полости пеногенерирующей вставки, и, решая совместно (6)–(14)

$$\Phi(p, G) = k_{app} \cdot \frac{k_s^2}{(1 - k_s)^4 \cdot d_b^2} \cdot \frac{\mu_{liq}}{1 - \left[ 1 - \left( \left( \frac{p_n}{p} \right)^{1.5} \cdot (k_{FER} - 1) + 1 \right)^{-1} \right]} \cdot \frac{G \cdot R_{air} \cdot T_n \cdot (k_{FER} - 1) \cdot \rho_{a\_MC} + p}{D_g^2 \cdot p \cdot ((k_{FER} - 1) \cdot \rho_{a\_MC} + p_{liq})} \quad (15)$$

, Па/м

где  $k_{app} = 8.021$  – коэффициент аппроксимации, определенный опытным путем на изготовленной модели пеногенератора. Максимальное относительное отклонение значений, получаемых по формуле (15) от опытных данных, не превышает 15,4 % на следующем диапазоне изменения исходных параметров:  $p$  от 0,1 Мпа до 0,6 Мпа,  $k_{FER}$  – от 3 до 14,  $d_b$  – испытывались: 1 мм, 2 мм, 3 мм, объемный расход: от 9,5 до 25,2 л/мин.

Тогда для нахождения зависимости потока пены при заданных параметрах, интегрируя (15), получим:

$$G = \frac{(1 - k_s)^4 \cdot d_b^2 \cdot D_g^2 \cdot ((k_{FER} - 1) \cdot \rho_{a\_MC} + p_{liq})}{k \cdot k_s^2 \cdot L \cdot \mu_{liq}} \cdot \int_0^x \left[ 1 - \left( \left( \frac{p_n}{x} \right)^{1.5} \cdot (k_{FER} - 1) + 1 \right)^{-1} \right] \cdot \frac{x}{p_n \cdot (k_{FER} - 1) + x} dx, \quad (16)$$

кг/с.

Рассмотрим блок выходного сопла (на блок-схеме: «Mix Jet», рисунок 3). Его входными параметрами являются:

$p_{ex}$  – давление на входе в предкамере 8 (рис. 1), в сопло, Па;  $p_a$  – статическое давление окружающей среды, 0,1 МПа;  $d_j$  – диаметр отверстия сопла, м,  $\kappa$ ,  $R_{air}$  – показатель адиабаты и газовая постоянная для воздуха, Дж/(кг·К).

Исходными данными для создания математического описания этого блока является закон сохранения энергии:

$$\int_{p_{ex}}^{p_a} \frac{1}{\rho_{mix}(p)} dp = \frac{\omega_{ex}^2 - \omega_{atm}^2}{2}, \quad (17)$$

где  $p_{ex}$  – давление в предкамере 8 (рис. 1), Па;  $p_a$  – нормальное атмосферное давление на выходе из сопла, Па;  $\omega_{ex}$ ,  $\omega_{atm}$  – скорости на входе и выходе сопла, м/с,

и закон сохранения массового расхода:

$$G = \omega_{ex} \cdot \rho_{mix}(p_{ex}) \cdot F_{ex} = \omega_{atm} \cdot \rho_{mix}(p_a) \cdot F_{atm}, \text{ кг/с}, \quad (18)$$

где  $F_{ex}$ ,  $F_{atm}$  – площадь сечения на входе и выходе сопла, м<sup>2</sup>.

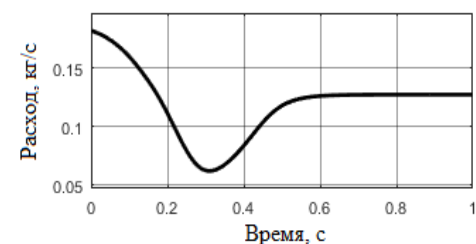
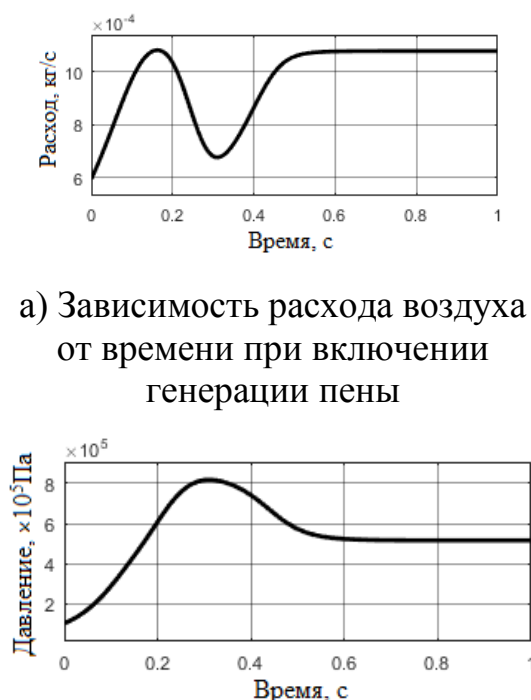
Тогда, решая систему из уравнений (17) и (18) с учетом принятых допущений, получим величину потока смеси газа и жидкости (массового расхода)  $G$  через отверстие сопла:

$$G = \frac{\left( p_{ex} - p_a - \kappa \cdot p_a^{\frac{1}{\kappa}} \cdot (k - 1) \cdot p_{ex}^{\frac{1}{\kappa}} + k \cdot (k \cdot p_a - p_{ex}) \right)}{\left( (k - 1) \cdot \left( k^{\frac{2}{\kappa}} \cdot F_{ex}^2 - \left( F_{atm} \cdot (k - 1) \cdot \left( \frac{p_a}{p_{ex}} \right)^{\frac{1}{\kappa}} + F_{atm} \right)^2 \right) \right)} \cdot (\rho_{a, NC} \cdot k_m + \rho_g - \rho_{a, NC}) \cdot F_{ex} \cdot F_{atm}^{\frac{1}{2}}, \quad (19)$$

кг/с

Взаимодействие рассмотренных отдельных блоков общей математической модели реализовано на базе имитационного моделирования Simulink и показано в виде блок-схемы на рисунке 3. Результаты численного моделирования переходных процессов в установке при ее запуске и переходе в стационарный режим при следующих исходных параметрах (обозначения согласно рисунку 3): давление на входе в установку,  $p_{comp} = 0,9$  МПа; диаметр воздушного сопла,  $d_{kik} = 2,4$  мм; диаметр воздушного сопла,  $d_a = 0,8$  мм; диаметр проходного отверстия статического смесителя,  $D_{Cam} = 12$  мм; длина статического смесителя,  $L_{cam} = 84$  мм, длина элемента статического смесителя,  $t = 12$  мм; угол поворота потока смеси в элементе статического смесителя,  $\Phi_i = \pi/2$  рад;

диаметр проходного отверстия пеногенератора  $D_{cam1} = 25$  мм; длина пеногенератора,  $L_{cam1} = 100$  мм, диаметр шаров наполнения пеногенератора,  $d_b = 1$  мм; диаметр предкамеры выходного сопла,  $D_{cam2} = 20$  мм; длина предкамеры выходного сопла,  $L_{cam2} = 12$  мм; выходной диаметр сопла,  $d_{Jet} = 10$  мм, показано на рисунке 2.



в) Зависимость давления в камере смешения поз. 5 (см. рис.1) от времени при включении генерации пены

Рисунок 2 – Графики имитации в системе Simulink переходных процессов в установке по получению компрессионной пены

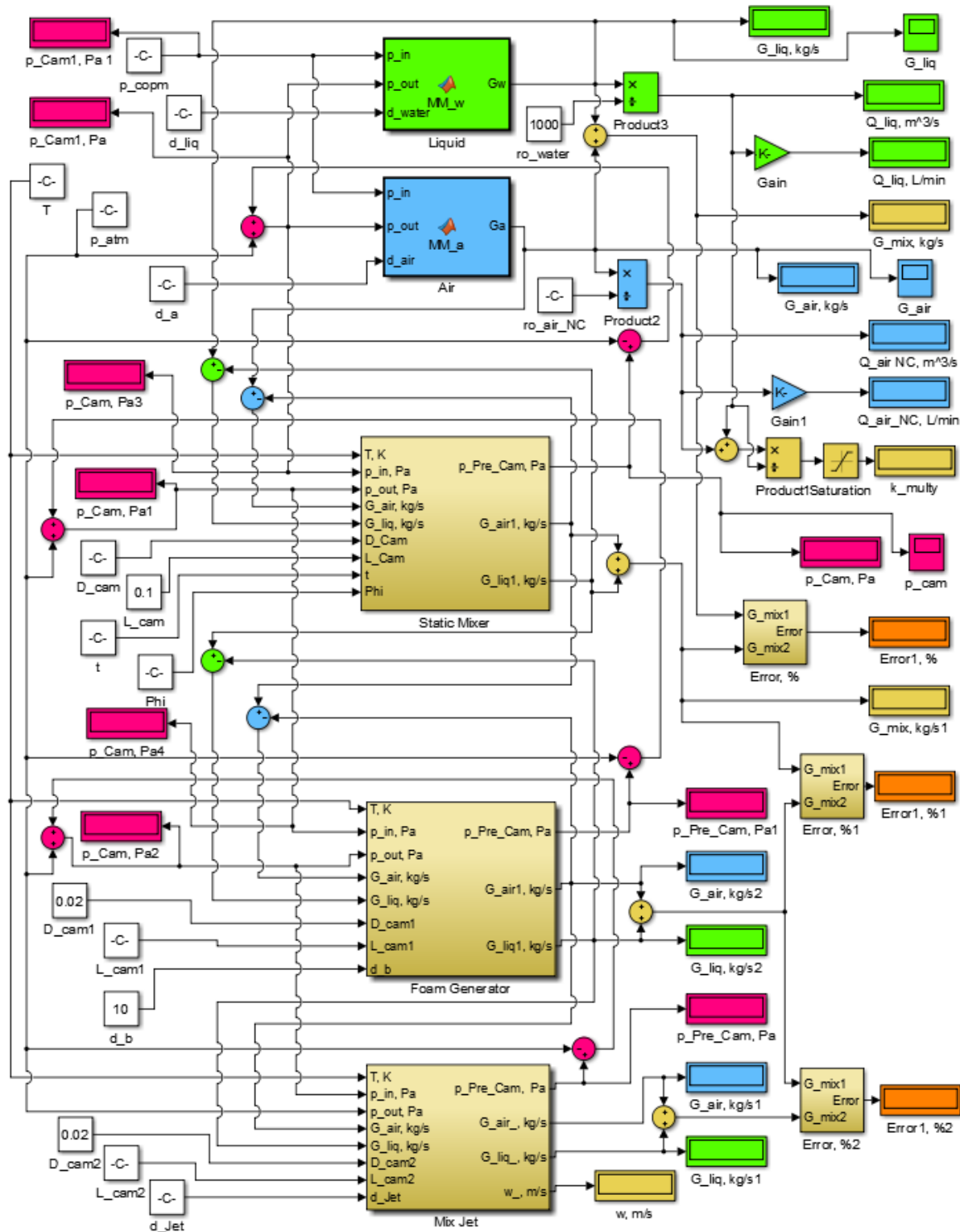


Рисунок 3 – Блок-схема имитационной модели установки по получению компрессионной пены.

### **Заключение**

Наиболее важным результатом разработки математической модели установки для генерации компрессионной пены является возможность проведения технического расчета ее параметров с учетом потребностей.

Разработанная математическая модель установки генерации компрессионной пены позволяет решать следующие прикладные и научные задачи:

проводить расчеты параметров установки в зависимости от ожидаемого времени ее работы, определять особенности тушения различных видов пожаров;

проводить расчеты параметров установки в зависимости от кратности компрессионной пены, которую необходимо получить;

исследовать влияние параметров пеногенерирующей вставки установки на кратность компрессионной пены.

Результаты были использованы при создании установки [14], на которой проведены и подтверждены расчетные значения [15]. Были измерены основные выходные характеристики установки, при этом: относительное отклонение массового расхода воздуха составила +23,8 % (фактический:  $1,3 \times 10^{-3}$  кг/с, расчетный:  $1,05 \times 10^{-3}$  кг/с), относительное отклонение массового расхода пенообразующей смеси составила +21 % (фактический: 0,015 кг/с, расчетный: 0,0125 кг/с), относительное отклонение коэффициента кратности 12,9 % (фактический: 6,2, расчетный: 7).

### **Литература**

1. CAFS - Straight answers for the beginner or the experienced user [Electronic resource]—cafsinfo.com,2008. - Mode of access: <http://www.cafsinfo.com/index.html> Date of access: 05.03.2009.
2. Compressed Air Foam Systems [Электронный Ресурс]/ Neal Brooks. – Режим доступа: <http://compressedairfoamsystem.com>.
3. Jing-yuan C. Research of Integrated Compressed Air Foam System of Fixed (ICAF) for Liquid / Jing-yuan C, Mao X. Procedia Engineering. 2014. Vol. 71. P 44 – 56. doi: <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2014.04.007>
4. Пеногенерирующие системы со сжатым воздухом – средство пенного пожаротушения нового поколения / О.Д. Навроцкий [и др.] // Вестник Командно-инженерного института МЧС Республики Беларусь. – 2012. – № 1 (15). – С. 22–31.
5. Залесов, С.В. Система пожаротушения NATISK для остановки и локализации лесных пожаров / С.В. Залесов, Г.А. Годовалов,

А.А. Кректунов // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 3. URL: [www.science-education.ru/117-12757](http://www.science-education.ru/117-12757).

6. Камлюк, А.Н. Тушения пожаров пеногенерирующими системами со сжатым воздухом / А.Н. Камлюк, О.Д. Навроцкий, А.В. Грачулин // Вестник Университета гражданской защиты МЧС Беларуси. – 2017. – Т. 1, № 1. – С. 44–53.

7. Jing-yuan Chenga. Experimental Research of Integrated Compressed Air Foam System of Fixed (ICAF) for Liquid Fuel / Jing-yuan Chenga Mao Xub // Procedia Engineering 71, 2014 p, 44 – 56 c.

8. Абрамов, Ю.А. Моделирование процессов в пожарных стволах / Ю.А. Абрамов, В.Е. Росоха, Е.А. Шаповалова. – Харьков, 2001. – 195 с.

9. Функціонально-фізична схема установки для генерації компресійної піни / О.Ф. Нікулін [та др.] // Науково-технічний збірник «Комунальне господарство міст». – 2018. – Вып. 7 (146). – С. 163–166.

10. Mawhinney, J. Handbook of fire protection engineering / J. Mawhinney, G. Back. 2016. P. 645. doi: <https://doi.org/10.1007/978-1-4939-2565-0>.

11. Абрамович, Г.Н. Прикладная газовая динамика / Г.Н. Абрамович. – М., 1960. – 600 с.

12. Кутателадзе, С.С. Гидродинамика газожидкостных систем / С.С. Кутателадзе, М.А. Стырикович. – М., 1976. – 143 с.

13. Плановский, А.Н. Процессы и аппараты химической технологии / А.Н. Плановский, В.М. Рамм, С.З. Каган. – М., 1961. – 848 с.

14. Розроблення експериментального лабораторного зразка системи пінного пожежогасіння, що споживає стиснене повітря (CAFS) / О.Ф. Нікулін [та др.] // Цивільний захист та пожежна безпека. – 2018. – № 2 (6). – С. 4–9.

15. Залежність експлуатаційних характеристик компресійної піни від технологічних параметрів процесу піноутворення / А.І. Кодрик [та др.] // Цивільний захист та пожежна безпека. – 2019. – № 1 (7). – С. 4–12.



**УДК 614.842,624.131.23**

**канд. физ.-мат. наук, проф. Ахмедов М.А.,**

**\*канд. арх. наук Сираджитдинов А.Б.**

*Институт механики и сейсмостойкости сооружений АН Республики Узбекистан*

*\*Институт пожарной безопасности МЧС Республики Узбекистан, г. Ташкент*

## **О ПОЖАРАХ ПРИ СИЛЬНЫХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯХ**

По данным конкретных сильных землетрясений, произошедших в прошлом, приведены причины источников возникновения пожаров, их последствия. Изложены факторы, влияющие на ущерб от пожаров, и для предотвращения пожаров во время землетрясений даны соответствующие предложения по разработке конкретных мероприятий, позволяющие предотвратить возникновение и распространение огня.

*Ключевые слова:* сильные землетрясения, повышенная плотность застройки, очаг пожара, горючий газ, радиоактивные элементы, сейсмогенный разлом, афтершоки, корреляция, магнитуда.

**Ph.D. (physic. & math.), Professor Akhmedov M.A.,**

**\*Ph.D. (arch.) A.B. Sirajitdinov**

*Institute of Mechanics and Seismic Resistance of Structures Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan*

*\*Institute of Fire Safety of the Ministry of Emergency Situations of the Republic of Uzbekistan of Tashkent*

## **ABOUT FIRES IN SEVERE EARTHQUAKES**

According to the data of specific strong earthquakes that occurred in the past, the causes of fires, their consequences are given. Set out the factors influencing the damage from the fires and to prevent fires during earthquakes the relevant proposals for the development of a specific event to prevent the occurrence and spread of fire.

*Key words:* strong earthquakes, high density of building, panic of the population, fire center, combustible gas, radioactive elements, seismogenic fault, afrestocks, correlation, magnitude.

### **Причины возникновения пожаров**

Одной из потенциальных и самых больших опасностей, следующей за сильным землетрясением, является угроза пожара, которая при отсутствии контроля может в определенной ситуации привести к обширному, массированному пожару. Угроза огня всегда существует как следствие любого землетрясения для всех районов и категорий зданий.



При сильных землетрясениях повреждается газовая сеть, возникают короткие замыкания. Также пожары возникают в результате повышенной плотности застройки города, нарушения или отсутствия системы тушения пожаров, большого количества сгораемых конструкций зданий.

Во время землетрясения 1 сентября 1923 года в городах Токио и Иокогама во многих местах возникли пожары. Возгорания произошли на кухнях частных домов и общественного питания, в складах химических веществ. Все противопожарное оборудование было уничтожено землетрясением. Пожар уничтожил две трети всех построек города. Часть противопожарной техники уцелела, но во многих районах старого города из-за узких улиц не было условий для проезда пожарных автомобилей [2].

В Токио пожар возник в 92-х местах и охватил площадь 38 кв. км, или 44 % его общей территории. Очагами возникновения пожаров были кухни частных домов – 34 %, склады химических веществ – 31 % и кухни общественного питания – 28 %. В городе Иокогама при землетрясении возникший пожар уничтожил две третьих всех построек города. Пожары возникли в 60 местах, 23 из которых в жилых домах. Количество зданий, в которых происходил пожар в городах Токио и Иокогама, приведено на рисунках 2, 3 [3]:

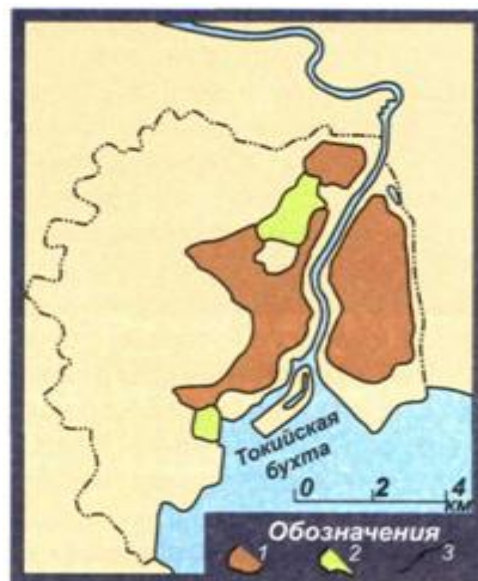
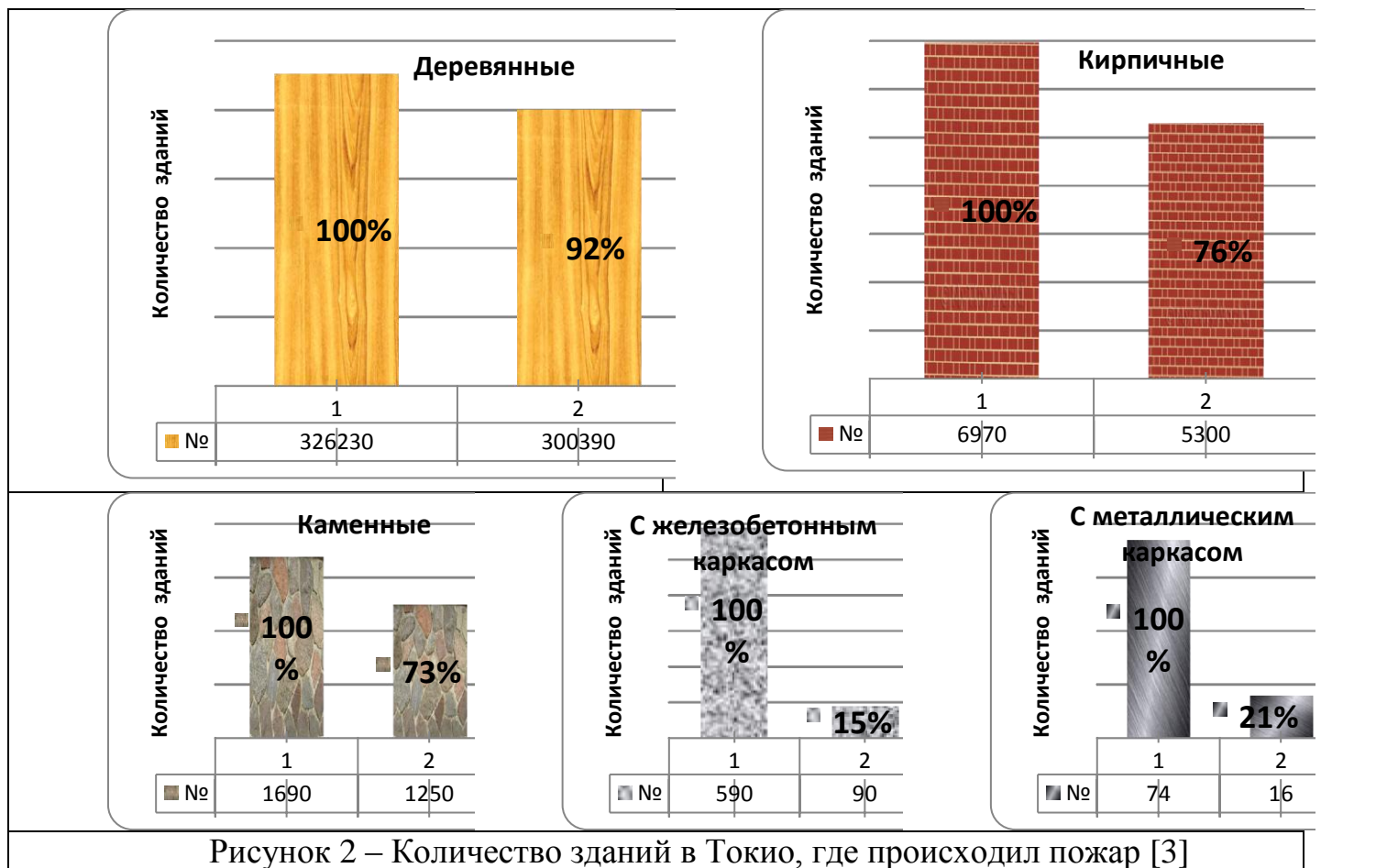
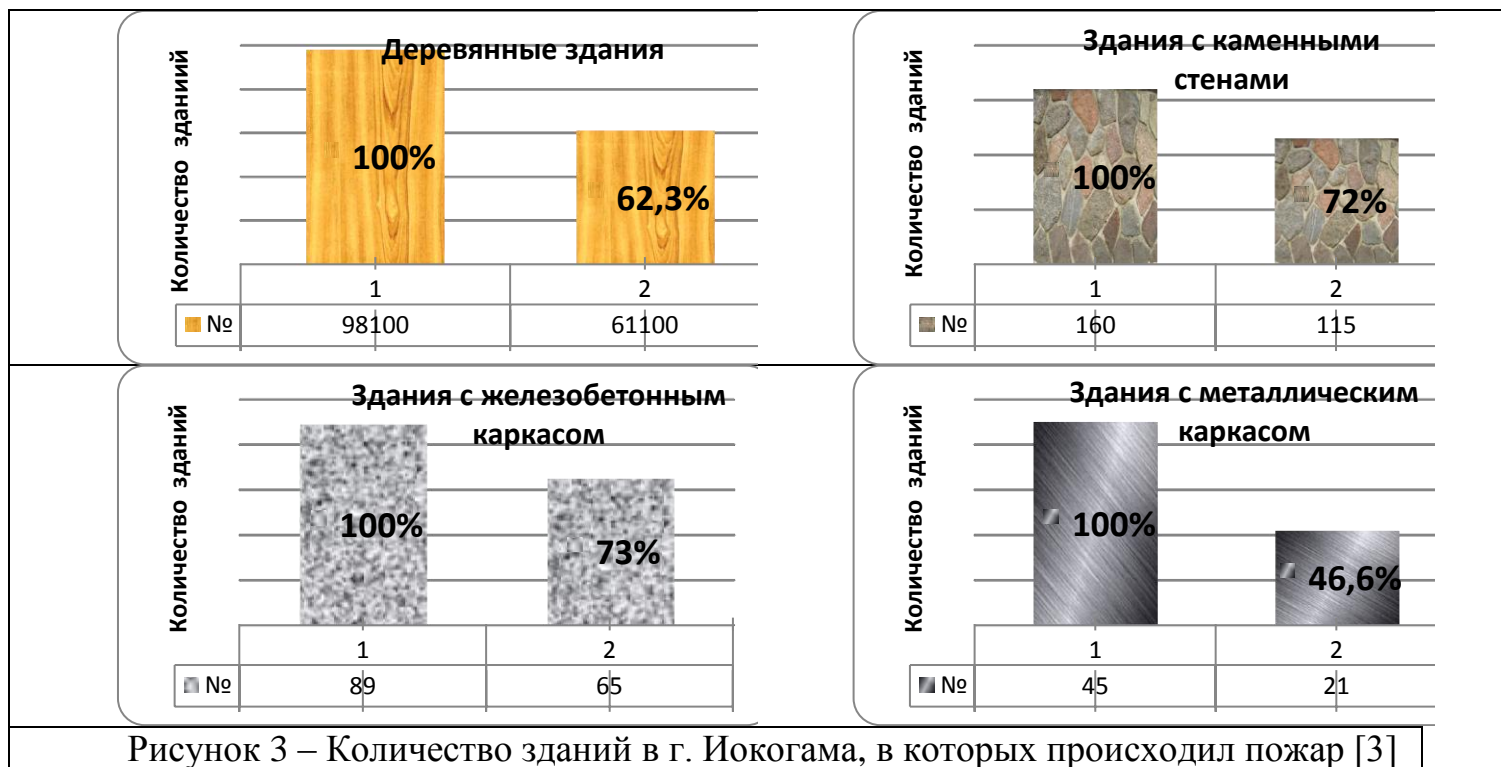


Рисунок 1 – Распространение пожаров в Токио после землетрясения 1 сентября 1923 г.: 1 – зона массовых пожаров 1 сентября; 2 – зона массовых пожаров 2 сентября; 3 – граница застройки [1]





При Ташкентском землетрясении 26 апреля 1966 года также было отмечено 15 очагов пожара, которые были своевременно ликвидированы благодаря хорошей организации пожарной службы города Ташкента [3, 6].

18 октября 1356 года в 10 часов вечера землетрясение колоссальной силы уничтожило г. Базель (Швейцария) и окрестные селения, расположенные в радиусе 30–40 км. По разрушениям зданий землетрясение достигло силы 11 баллов. Ни один дом, ни одна церковь, ни одна крепость не выдержали толчка. 8–10 укрепленных замков и связанные с ними небольшие города и селения были полностью уничтожены пожаром, бушевавшим в течение нескольких дней и уничтожившим все то, что еще уцелело после сотрясений [4].

В 1906 году город Сан-Франциско был поражен землетрясением силой 8,3 балла по шкале Рихтера. От развалившихся горящих печей и замыканий электрических проводов повсеместно вспыхнули пожары, разрывались водопроводные магистрали. Из-за отсутствия воды огонь охватил 490 кварталов на площади 1052 га. Всего сгорело 95 % зданий. Убытки от пожаров были оценены в 400 млн. долларов, что составило свыше 90 % от общего ущерба, причиненного землетрясением (рисунки 4, 5). В результате землетрясения и последующих пожаров погибли до 5000 человек, около 225 000 из 400 000 населения Сан-Франциско остались без крова [3, 5]. Возникновение пожаров от замыкания электропроводов имело место и при Карпатском землетрясении 10 ноября 1940 года.

Другими источниками пожаров при сильных землетрясениях были выходящие из образовавшихся в грунте трещин горючие газы, например, водород.



Рисунок 4 – Распространение пожаров в Сан-Франциско после землетрясения 1906 года [1], 1 – зона массовых пожаров



Рисунок 5 – Пожар, возникший вследствие землетрясения в г. Сан-Франциско 18 апреля 1906 года [5]

Так было при Лиссабонском землетрясении 1 ноября 1755 года. А.Гумбольд по поводу возникновения пожара в Лиссабоне писал в 5-м томе «Космоса» (1858 г.): «во время сильного землетрясения, разрушившего Лиссабон 1 ноября 1755 года, можно было видеть, как столб огня и дыма вырывался в окрестностях города из вновь образовавшейся трещины в скале Алвидрас [3]. При Лиссабонском землетрясении с магнитудой 9 баллов были разрушены 17 000 зданий, 32 монастыря, 53 дворца. Полностью исчезли 300 улиц и 5000 домов.

Лиссабон располагался в пределах очаговой области землетрясения 1755 года, и на его территории при землетрясении образовалось большое количество трещин не только в скале Алвидрас, но и по всей его территории, в том числе и достаточно глубоких. По образовавшимся трещинам из недр земли в достаточно большом количестве мог поступать горючий газ (например, водород), что объясняет факт появления многочисленных очагов возгорания. Выходящий из недр газ, как показали приведенные данные, мог выносить с собой и радиоактивные элементы, которые «осели» в почве и которые через 100 лет после землетрясения обнаружил Ф.Л. Перейра де Соуз [7].

Причины длительного беспощадного пожара в Лиссабоне подтверждаются полученными в последнее время многочисленными данными о существовании большого количества гидрохимических предвестников Лиссабонской катастрофы. Действительно, в ряде населенных пунктов «задним числом» выявлены предвестниковые изменения температуры изливающихся вод, дебита колодцев, химического состава воды (появление у нее неприятного запаха) и др. [8]. Некоторые из этих явлений были отмечены и до катастрофы 1 ноября 1755 года в Лиссабоне.

Существенные изменения концентрации газов отмечены в очагах многих сильных землетрясений. При этом, например, в очагах ряда сильных Газлийских (Узбекистан) землетрясений в составе газа регулярно регистрировался водород, концентрация которого заметно увеличивалась сразу после сейсмических ударов [8, 9]. Зафиксирован и другой эффект – регистрация  $\beta$ -распада короткоживущих продуктов распада радона в зоне глубинного Северо-Ферганского тектонического разлома. Установлено, что радон мог быть вынесен из глубины только потоком других газов. Выявлено содержание радия в воде одной из скважин в зоне предкопетдагского сейсмогенного разлома [3].

В очагах Ташкентского землетрясения и его афтершоков также наблюдалось заметное увеличение концентрации радона, которое, как оказалось, коррелирует с изотопным отношением урана ( $U234/U238$ ) в минеральных водах [6].

Лиссабонское землетрясение было одним из наиболее разрушительных и смертоносных землетрясений в истории Европы. В результате землетрясения

погибло около 90 тыс. и пострадали более 100 тыс. лиссабонцев. Общие убытки составили 214 млн. реалов+ 800 млн. золотых франков [2, 3].

### **Факторы, влияющие на ущерб от пожаров**

Пожары почти всегда происходят после разрушительных землетрясений. На диапазон потерь от пожаров, следующих за землетрясениями, влияют 4 фактора:

- число пожаров, начавшихся первоначально;
- потенциал пожаров;
- свободное поле для распространения пожара;
- действие пожарных служб, для чего необходимы людские ресурсы, оборудование и наличие воды.

Именно наличие воды играет главную роль в деле пожаротушения, предотвращения распространения инфекционных заболеваний и др. Так, одной из особенностей (последствием) сильных землетрясений является трудность водоснабжения населения из-за полного разрушения большинства трубопроводов, которые парализует деятельность пожарных команд. Так было в Тянь-Шане (Китай, 1976 г.), где во время землетрясения были разрушены почти все жилые (96 %) и промышленные (90 %) здания, инженерные коммуникации города полностью вышли из строя, были разрушены мосты, разорваны трубы, плотины, опрокинуты железнодорожные вагоны. Из-за разрушения водных сооружений города начались массовые инфекционные заболевания. Погибло около миллиона человек из трехмиллионного населения города [3].

К возникновению пожара приводят также повреждения оборудования от сейсмического воздействия на промышленные предприятия. Нарушение нормального производственного процесса, в особенности в огнеопасных производствах, может являться также причиной возникновения пожара при землетрясениях. К этой категории следует отнести и пожары в складах горючих материалов. Так было при землетрясении 16 июня 1964 года в Японском городе Ниигата. Огромные резервуары со всеми 400 000 тоннами горючего превратились в ревущий факел, полыхавший двое суток. Все 8 электростанций вышли из строя. Убытки составили 35 миллиардов йен или 800 млн. долларов [10].

Таким образом, из приведенных примеров видно, что при землетрясениях могут возникнуть пожары, которые можно разделить на две категории:

- первичные пожары, возникающие от повреждения частей здания, оборудования, предметов обихода, повреждения газовых сетей и электропроводки (замыкание), нарушения технологического процесса в огнеопасном производстве и др.



Для предотвращения возникновения первичных пожаров от коротких замыканий электропроводов необходимы устройства (аварийного) отключения электроэнергии в населенные пункты;

вторичные пожары, возникающие вследствие распространения огня от горящего здания. Этому виду пожаров способствуют повышенная плотность застройки города, наличие горючих материалов в конструкциях зданий, понижение огнестойкости здания во время разрушений и др. Поэтому для предотвращения вторичных пожаров во время землетрясений необходимо разработать конкретные мероприятия, позволяющие предотвратить распространение огня, например:

снизить плотность застройки;

увеличить разрывы между кварталами, создать широкие проезды и полосы зеленых насаждений, построить сеть водных каналов и т.п.;

применять при строительстве огнестойкие материалы;

иметь средства пожаротушения, повышать огнестойкость зданий;

при выборе идеальной площадки для нефтехимического производства необходимо учитывать современные геологические процессы, которые сопровождаются увеличением опасности землетрясений.

### Литература

1. Медведев, С.В. Инженерная сейсмология / С.В. Медведев. – М.: Госстройиздат, 1967. – 282 с.
2. Руссо, П. Землетрясение / П. Руссо. – М.: Прогресс, 1966. – 247 с.
3. Ахмедов, М.А. Землетрясение. Последствия и защита / М.А. Ахмедов. – Ташкент: ТГТУ, 2016. – 352 с.
4. Тазиев, Г. Когда земля дрожит / Г. Тазиев. – М.: Мир, 1968. – 250 с.
5. Самые сильные землетрясения за 100 лет (19 фотографии и история) // Vip Bar.ru.
6. Ташкентское землетрясение 26 апреля 1966 года. – Ташкент, 1971. – 672 с.
7. Pereira F.L. da Souza. O Terremoto do 1 de novembro de 1755 em Portugal? Lisboa, 1928.
8. Войтов, Г.И. Геохимический прогноз землетрясений / Г.И. Войтов, Е.А. Попов // Природа. Землетрясения – уроки и проблемы. – 1989. – № 12. – С. 60–64.
9. Газлийское землетрясение 1976 г. Инженерный анализ последствия. М., 1982. – 195 с.
10. Поляков, С.В. Последствия сильных землетрясений / С.В. Поляков. – М.: Стройиздат, 1978. – 310 с.



**УДК.536.2.693.9**

**Юрьев Ю.И.**

**канд. техн. наук, доц. Подболотов К.Б.**

*Государственное учреждение образования «Университет гражданской защиты Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь», г. Минск*

### **ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ МНОГОСЛОЙНЫХ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ СИСТЕМ ПРИ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОМ НАГРЕВЕ**

Актуальность темы определяется изучением теплоизоляционных свойств материалов при высокотемпературном нагреве, а также снижением величины термического воздействия на строительные конструкции вследствие применения оптимальной композиции теплоизоляционных материалов.

*Ключевые слова:* ограждающие конструкции, теплофизические свойства, теплоизоляционные материалы

**Y.I. Yuryeu**

**Ph.D. (tech.) K.B. Podbolotov**

*State educational institution «University of Civil Protection of the Ministry for Emergency Situations of the Republic of Belarus», Minsk*

### **STUDY OF THERMO PHYSICAL PROPERTIES OF MULTILAYER INSULATING MATERIALS**

The relevance of the topic is determined by the study of the insulating properties of materials with high-temperature heating, as well as a decrease in the magnitude of thermal effects on building structures due to the use of the optimal composition of insulating materials.

*Key words:* building envelope, thermo physical properties, insulating materials

В настоящее время в органах и подразделениях по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь (далее – ОПЧС), несмотря на принимаемые меры по предупреждению несчастных случаев и травматизма, сохранения жизни и здоровья работников, довольно остро стоит вопрос о постоянном повышении профессиональных навыков работников в процессе обучения, ликвидации чрезвычайных ситуаций и выполнения аварийно-спасательных работ.

При проведении анализа статистических данных о производственном травматизме в ОПЧС, представленных в таблице, можно сделать вывод, что в последние годы увеличивается количество случаев получения травм работниками при тушении пожаров, ликвидации чрезвычайных ситуаций,



проведении занятий, учений, физической подготовки, соревнований, что связано со сложностью и психологической напряженностью работы, присутствием профессионального риска и воздействием опасных факторов, а также по причинам личной невнимательности и низкого уровня знаний безопасных методов выполнения работ.

Таблица 1 – Данные о производственном травматизме в ОПЧС за 2015-2018 гг.

Год	Общее количество несчастных случаев	При тушении пожаров, ликвидации чрезвычайных ситуаций	При проведении занятий, учений	При проведении физической подготовки, соревнований	Прочие
2015	15	3	2	1	9
2016	13	4	2	2	5
2017	19	7	4	2	6
2018	26	7	4	6	9

За рубежом и в странах СНГ в процесс обучения активно внедряются тренажерные комплексы, специально предназначенные для подготовки спасателей-пожарных. Данные комплексы обеспечивают условия, аналогичные настоящим чрезвычайным ситуациям, а именно: высокая температура, задымленность помещений и коридоров, сложная планировка комплекса. При выборе ограждающих строительных конструкций используются различные огнеупорные материалы [1].

Немаловажным элементом при проектировании подобных комплексов является выбор теплоизоляционного материала для снижения тепловых потерь и термической нагрузки на ограждающие конструкции.

В настоящее время выпускают большое количество различных видов теплоизоляционных материалов, отличающихся друг от друга строением, свойствами, назначением. Их изготавливают из различных видов сырья, применяя различные способы получения их высокопористого строения [2]. Чтобы избежать перегрева конструкционных материалов до критической температуры эксплуатации, при которой они могут разрушаться либо терять свои свойства, целесообразно применять теплоизоляционные материалы либо их композиции. Используется большое разнообразие видов фасонных элементов (маты, блоки, плиты, шнуры и др.), а также их типоразмеров (до 80). В связи с этим совершенствование методов подбора композиций тепловой изоляции технологических установок, а также способов регулирования теплофизических свойств теплоизоляционных материалов является актуальной задачей.

Наиболее приемлемым методом расчета многослойных теплоизоляционных композиций для тренажерных комплексов можно

считать метод, используемый для расчета теплотехнических установок и агрегатов промышленности строительных материалов, а именно туннельных и конвейерных печей [3]. В данной работе предполагается рассчитать наиболее эффективную толщину слоев теплоизоляционных материалов, представленных на отечественном рынке, с учетом их теплофизических свойств, путем подбора толщины и вида материалов.

### **Литература**

1. <https://www.firefacilities.com/burn-rooms/westec-insulation-system/>. Ссылка действительна 04.09.2019.
2. Горлов, Ю.П. Лабораторный практикум по технологии теплоизоляционных материалов. Учеб. пособие для строит. спец. вузов // Ю.П. Горлов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. школа, 1982. – 239 с., ил.
3. Левченко, П.В. Расчеты печей и сушил силикатной промышленности: учеб. пособие для вузов / П.В. Левченко. – 2-е изд. – М.: ООО ИД «Альянс», 2007. – 366 с.



**УДК 621.039-78**

**Комар Д.И.<sup>1</sup>, Быстров Е.В.<sup>1</sup>, Коновалов Е.А.<sup>1</sup>, Прибылев С.В.<sup>1</sup>,  
Ильюшонок А.В.<sup>2</sup>, Казаков Б.В.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Научно-производственное унитарное предприятие «АТОМТЕХ», г. Минск

<sup>2</sup>Государственное учреждение образования «Университет гражданской защиты Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь», г. Минск

## **ОБУЧЕНИЕ РЕАГИРОВАНИЮ НА РАДИАЦИОННЫЕ АВАРИЙНЫЕ СИТУАЦИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДОВ И СРЕДСТВ МОДЕЛИРОВАНИЯ РАДИОАКТИВНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ МЕСТНОСТИ**

Представлены преимущества использования программно-аппаратного комплекса «SimRad» при обучении порядку реагирования на ядерные и радиационные аварийные ситуации. Комплекс позволяет имитировать точечные источники гамма-излучения и радиоактивное загрязнение местности. Описаны функции комплекса и его основные возможности.

*Ключевые слова:* источники ионизирующего излучения, программно-аппаратный комплекс, поле мощности дозы, Монте-Карло моделирование.

**D.I. Komar<sup>1</sup>, E.V. Bystrov<sup>1</sup>, E.A. Konovalov<sup>1</sup>, S.V. Pribylev<sup>1</sup>,  
A.V. Ilyushonak<sup>2</sup>, B.V. Kazakov<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>ATOMTEX SPE, Minsk

<sup>2</sup>State educational establishment «University of Civil Protection of the Ministry for Emergency Situations of the Republic of Belarus», Minsk

## **TRAINING TO RESPOND TO RADIATION EMERGENCIES USING METHODS AND TOOLS FOR MODELING RADIOACTIVE CONTAMINATION OF THE AREA**

The article presents the advantages of using the SimRad software and hardware complex for teaching how to respond to nuclear and radiation emergencies. Complex allows to simulate point sources of gamma radiation and radioactive contamination of the area. Its functions and main features are described.

*Key words:* ionizing radiation sources, software and hardware complex, dose rate field, Monte-Carlo simulation.

В Республике Беларусь функционирует более 1000 радиационно опасных объектов. В настоящее время завершается строительство первой атомной электростанции. Широкое использование различных источников ионизирующих излучений (далее – ИИИ) обуславливает вероятность возникновения аварийных ситуаций, связанных с выходом радиоактивных веществ за защитные барьеры и радиоактивным загрязнением окружающей

среды. Важнейшим фактором обеспечения радиационной безопасности при авариях и инцидентах на радиационно опасных объектах является готовность аварийно-спасательных формирований к осуществлению мероприятий по ликвидации их последствий.

Одним из элементов подготовки сил реагирования на ядерные и радиационные аварийные ситуации является их обучение проведению аварийно-спасательных и других неотложных работ на радиоактивно загрязненной территории и в условиях наличия ИИИ, вышедших из-под контроля. При этом первоочередными мероприятиями являются проведение радиационной разведки, зонирование территории, установление контроля над аварийной установкой или источником и выработка соответствующих решений на принятие всесторонних мер по ликвидации последствий подобных аварий. Отработка необходимых умений и навыков в условиях радиоактивно-загрязненной местности и с реальными ИИИ часто труднореализуема на практике и требует специальных мер по обеспечению радиационной безопасности.

В целях повышения эффективности обучающего процесса в настоящее время находят широкое применение программно-обучающие комплексы. Для совершенствования системы подготовки работников аварийных служб, участвующих в реагировании на чрезвычайные ситуации с наличием ИИИ, УП «АТОМТЕХ» разработан и предлагается к использованию программно-аппаратный комплекс «SimRad», позволяющий имитировать точечные источники гамма-излучения, радиоактивное загрязнение местности и оценивать параметры формируемого радиационного поля. Внедрение в обучающий процесс УГЗ МЧС Беларуси данного комплекса позволило проводить учебные занятия по обучению разведке и оценке радиационной обстановки с помощью приборов радиационного контроля без использования ИИИ, тем самым исключив риск облучения обучаемых.

В аппаратной части комплекс представляет из себя компьютер для тренера и дозиметры-радиометры МКС-АТ1117М с блоками обработки информации на основе карманного планшетного компьютера (КПК) и блоками детектирования гамма-излучения для тренируемых. На компьютере тренера должна быть установлена программа SimRad, а на КПК тренируемых – программа SimRadMobile.

Программа «SimRad» позволяет имитировать точечные ИИИ и радиоактивное загрязнение местности с расчетом распределения мощности гамма-излучения по заданным параметрам источника. Время расчета зависит от количества источников и размеров учебной площадки. Корректность расчета результирующего распределения интенсивности излучения от точечных и площадных источников была проверена посредством Монте-Карло моделирования. Программное средство разрабатывалось

с использованием эмпирической информации о поверхностных загрязнениях местности радионуклидами [1, 2].

Возможности и функции программы:

задание параметров учебной площадки на картах сервисов OpenStreetMap, Google, Яндекс;

расположение источников гамма-излучения;

моделирование точечных источников гамма-излучения с радионуклидом  $^{137}\text{Cs}$ ;

моделирование поверхностного загрязнения территории радионуклидом  $^{137}\text{Cs}$ ;

генерирование поля мощности дозы гамма-излучения в зоне учебной площадки;

отслеживание положения тренируемых и дозиметрических параметров;

отслеживание положения знаков ограждения, устанавливаемых тренируемыми.

На рисунке 1 приведен вид главного окна программы «SimRad».

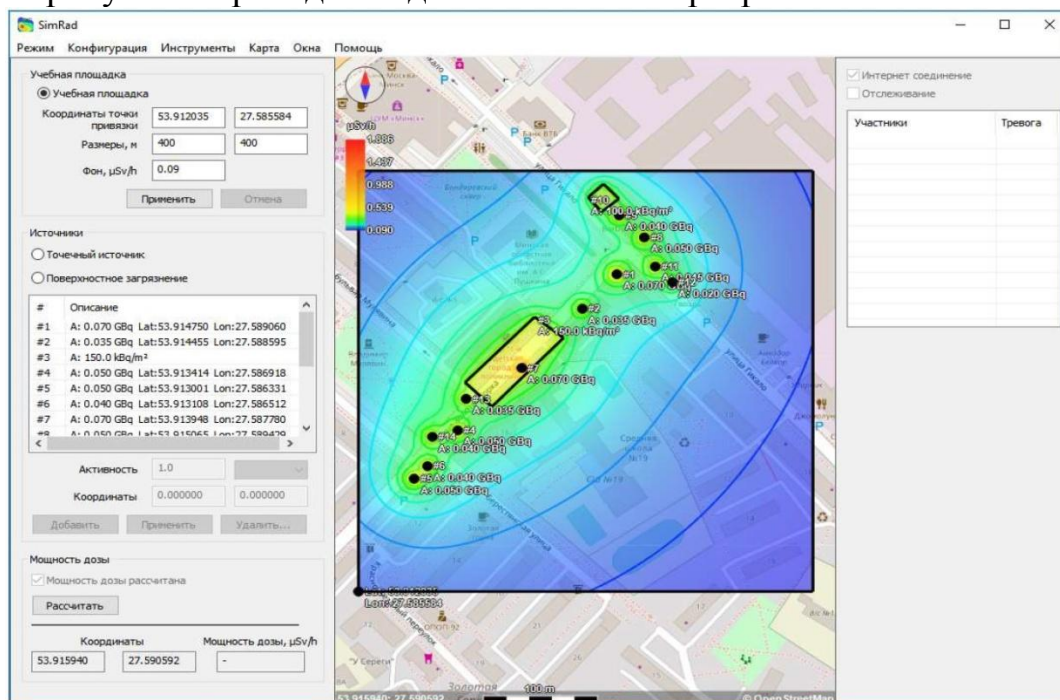


Рисунок 1 – Главное окно программы «SimRad»

Программа «SimRad» позволяет контролировать тренируемых: отображать список участников тренинга и местоположение каждого участника с индикацией значения мощности дозы в точке его нахождения. Программа также визуализирует координаты знаков ограждения, установленных каждым тренируемым (рисунок 2).

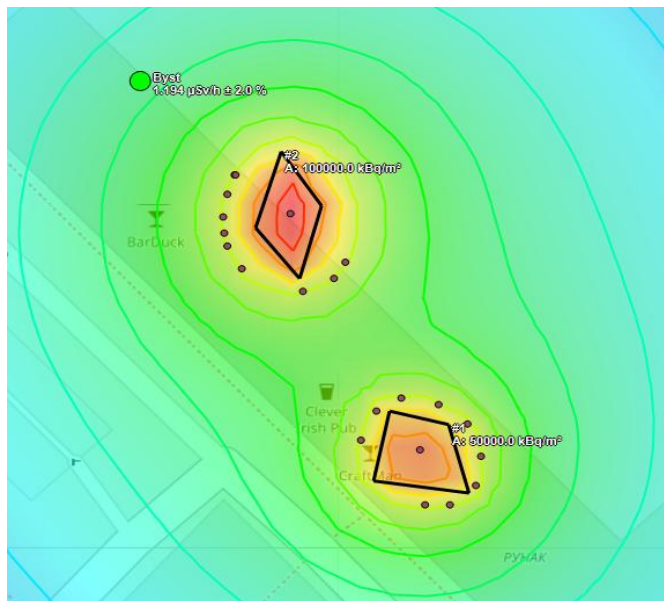


Рисунок 2 – Контроль расстановки знаков ограждения участниками тренировки

Программа «SimRadMobile» для имитации работы реального прибора радиационного контроля устанавливается на КПК. Программа позволяет работать в двух режимах: поисковый режим и режим измерения мощности дозы. Имеется возможность выбора блоков детектирования из широкого набора. Каждый блок детектирования характеризуется индивидуальной чувствительностью и диапазоном измерения мощности дозы по аналогии с реальным прибором (из состава дозиметра-радиометра МКС-АТ1117М).

Пользователь программы «SimRadMobile» получает следующую информацию:

- мгновенную скорость счета импульсов гамма-излучения;
- среднюю скорость счета импульсов гамма-излучения и погрешность;
- мощность дозы гамма-излучения и статистическую погрешность измерения;
- накопленную дозу.

Пользователь имеет возможность устанавливать и удалять виртуальные ограждения.

При движении участника в автоматическом режиме составляется карта загрязнения местности. Координаты местоположения участника определяются с помощью встроенного в КПК GPS-модуля.

Для обеспечения работы комплекса предъявляются следующие требования к учебной площадке и оснащению специальных служб:

- площадь учебной площадки – не более 4 км<sup>2</sup>;
- размер одной из сторон учебной площадки – не более 2 км;
- количество знаков ограждения на одного тренируемого – до 100 шт.;

защищенный, карманный всепогодный компьютер с блоком детектирования гамма-излучения для тренируемого с установленной программой «SimRadMobile» для симуляции работы поискового дозиметра;  
компьютер для тренера с установленной программой «SimRad» для формирования задания и контроля хода учений;  
связь 3G для передачи данных между тренером и тренируемыми.

Проверка корректности генерации программой поля мощности дозы гамма-излучения от заданных источников проводилась посредством Монте-Карло моделирования с помощью кода MCNP [3]. Была разработана Монте-Карло модель поверхности почвы для площадки 50×50 м, на которой размещались источники гамма-излучения Cs-137. Результаты сличения значений мощности дозы, рассчитанных программой «SimRad», со значениями, полученными с использованием метода моделирования Монте-Карло, приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Сравнение значений мощности дозы, полученных «SimRad» и рассчитанных методом Монте-Карло

Точечный источник ( $1 \cdot 10^8$ Бк)			Поверхностная активность ( $1 \cdot 10^6$ Бк/м <sup>2</sup> ) Площадь загрязнения 50×50 м (левый нижний угол в координате 0;0)					
Расстояние от источника, м	Мощность дозы, мкЗв/ч		Отклонение, %	Координаты, м		Мощность дозы, мкЗв/ч		Отклонение, %
	Sim-Rad	М.-К.		х	у	Sim-Rad	М.-К.	
0,1	8,99	10,3	-12,7	10	10	1,695	1,903	-10,9
0,2	8,78	10,01	-12,3	20	10	1,787	1,958	-8,7
0,5	7,36	8,38	-12,2	60	10	0,234	0,223	4,9
1	4,6	5,29	-13,0	80	10	0,077	0,068	12,4
1,5	2,83	3,28	-13,7	60	40	0,238	0,220	8,2
2	1,84	2,12	-13,2	80	40	0,077	0,068	13,4
3	0,919	1,05	-12,5	10	55	0,386	0,372	3,8
5	0,353	0,391	-9,7	100	100	0,016	0,014	14,3
10	0,0905	0,0953	-5,0	70	70	0,061	0,052	16,7
20	0,0226	0,0226	0,0	10	50	1,105	1,056	4,6
50	0,0035	0,0032	9,4	10	45	1,590	1,736	-8,4

В массиве данных, приведенных в таблице 1, прослеживается хорошая сходимости результатов, полученных с помощью Монте-Карло моделирования и рассчитанных программой «SimRad».

Данный программно-аппаратный комплекс может эффективно использоваться при тренировках личного состава специализированных

служб, участвующих в реагировании на ядерные и радиационные аварии и инциденты.

### **Литература**

1. Бекман, И.Н. Ядерная индустрия: курс лекций / И.Н. Бекман. – М.: Энергоатомиздат, 2005. – 75 с.
2. Израэль, Ю.А. Гамма-излучение радиоактивных выпадений / Ю.А. Израэль, Е.Д. Стукин. – М.: Атомиздат, 1967. – 224 с.
3. Briesmeister J.F. MCNP-A General Monte Carlo N-Particle Transport Code, Version 4B. LA-12625-M. изд. Los Alamos: Ed. Los Alamos National Laboratory, 1997. 736 с.





**УДК 623.454.862**

**канд. тех. наук Кожемякин В.А**

*Научно-производственное унитарное предприятие «АТОМТЕХ», г. Минск*

## **ПРОЕКТИРОВАНИЕ И ПРИМЕНЕНИЕ ДАТЧИКОВ РАДИАЦИИ В СОСТАВЕ ДИСТАНЦИОННО УПРАВЛЯЕМЫХ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ**

В связи с интенсивным развитием и внедрением в практику беспилотных малоразмерных летательных аппаратов (далее – БМЛА) представляется целесообразным и эффективным привлечение технических средств этого класса в сферу радиоэкологического мониторинга. Для использования в составе БМЛА предлагается линейка созданных датчиков радиации – интеллектуальных блоков детектирования гамма-излучения для дозиметрического и спектрометрического дистанционного контроля территорий и объектов.

Представлены результаты натурных испытаний, проведенных в радиоактивно-загрязненных зонах Республики Беларусь, их сравнение с данными моделирования. Приведены примеры использования отдельных блоков детектирования в составе БМЛА.

*Ключевые слова:* радиационный контроль, радиационно-метеорологический мониторинг, блок детектирования, гамма-излучение, идентификация радионуклидов, база данных.

**Ph.D. (tech.) V.A. Kozhemyakin**

*ATOMTEX SPE, Minsk*

## **DESIGN AND APPLICATION OF RADIATION SENSORS IN THE COMPOSITION OF REMOTE CONTROLLED UNMANNED AERIAL VEHICLES**

In connection with intensive development and practical application of small unmanned aerial vehicles into practice, it seems appropriate and effective to apply equipment of this class to radioecological monitoring. The range of new smart gamma radiation detection units for use as part of such small UAVs, capable of dosimetric and spectrometric remote monitoring of territories and sites, is offered.

The results of full-scale tests conducted in contaminated zones on the territory of the Republic of Belarus and their comparison with simulation data are presented. Examples of use of individual detection units in assembly with small UAVs are given.

*Key words:* small unmanned aerial vehicles, gamma radiation, remote radiation monitoring, dose rate, equipment for radiation monitoring, gamma radiation detection units.

Широкое распространение малоразмерных беспилотных систем в качестве средств обнаружения разноплановых наземных объектов стимулировало нарастающий интерес к бортовым малогабаритным устройствам детектирования гамма-излучения. Цель их применения в составе малоразмерных и миниатюрных летательных аппаратов – обеспечение дистанционного радиационного мониторинга окружающей среды в зонах, прилегающих к радиационно опасным и радиационно чувствительным объектам, радиоактивных выпадений на местности, поиск, обнаружение и локализация утерянных гамма-источников и т.д.

Для использования в составе таких летательных аппаратов предлагается линейка интеллектуальных блоков детектирования (датчиков) гамма-излучения, способная выполнять следующие функции в зависимости от их назначения и решаемых задач [1, 2]:

- обнаруживать источники радиоактивного загрязнения;

- локализовать источники или зоны загрязнения;

- измерять уровни радиации на высоте полета;

- приводить измеренное значение мощности дозы на высоте полета к уровню 1 метр (при наличии информации о высоте полета над поверхностью объекта);

- оценивать плотность поверхностного загрязнения гамма-излучающими радионуклидами для участков местности;

- осуществлять идентификацию радионуклидного состава загрязнения по гамма-спектрам.

В таблицах 1–2 приведены основные технические характеристики интеллектуальных блоков детектирования гамма-излучения, из числа которых может быть выбран потребителем приемлемый вариант в соответствии с допустимой массой полезной нагрузки и целевым применением. Во всех типах блоков детектирования осуществляется полная обработка информации до получения измеряемой величины (мощность дозы, спектр гамма-излучения), поступающей по интерфейсу связи на бортовые устройства БМЛА.

К настоящему времени сцинтилляционные блоки детектирования БДКГ-11М, БДКГ-24, БДКГ-04, БДКГ-211М, а также другие типы близких к ним по техническим характеристикам уже нашли свое применение в составе БМЛА.

В частности, высокочувствительный блок детектирования БДКГ-111 и широкодиапазонный блок детектирования БДКГ-04 гамма-излучения в дозиметрическом решении используются в аппаратуре дистанционного радиационного контроля, созданной для оснащения белорусского летательного аппарата «Буревестник» (рисунки 1.1, 1.2).

Таблица 1 – Спектрометрические блоки детектирования на основе сцинтилляторов NaI(Tl)

Основные характеристики	БДКГ-201М	БДКГ-203М	БДКГ-205М	БДКГ-11М БДКГ-211М	БДКГ-19М БДКГ-219М
Детектор NaI(Tl)	Ø25×16 мм	Ø25×40 мм	Ø40×40 мм	Ø63×63 мм	Ø63×160 мм
Диапазон энергий	20 кэВ – 3 МэВ				
Диапазон измерения мощности амбиентного эквивалента дозы (МД)	50 нЗв/ч – 1 мЗв/ч	30 нЗв/ч – 500 мкЗв/ч	30 нЗв/ч – 300 мкЗв/ч	30 нЗв/ч – 150 мкЗв/ч	0,03 – 50 мкЗв/ч
Предел относительной основной погрешности измерения МД	±20 %				
Энергетическая зависимость относительно энергии 662 кэВ	±20 % (40 кэВ – 3 МэВ)				
Чувствительность к гамма-излучению <sup>137</sup> Cs	имп·с <sup>-1</sup> /мкЗв·ч <sup>-1</sup>				
	165	400	800	2450	6000
Временная дискретность измерения	1/3 с	1/3 с	1/3 с	1/3 с	1/3 с
Типовое энергетическое разрешение для энергии 662 кэВ ( <sup>137</sup> Cs)	8%	8%	7,5%	7,5%	8%
Степень защиты	IP68	IP68	IP68	IP54 IP68	IP54 IP68
Интерфейс	USB / RS232 / RS485				
Диапазон рабочих температур	-35...+55 °С	-35...+55 °С	-35...+55 °С	-20...+50 °С -35...+55 °С	-20...+50 °С -35...+55 °С
Относительная влажность воздуха (≤35°С без конденсации влаги)	≤98 %	≤98 %	≤98 %	≤95 % ≤98 %	≤95 % ≤98 %

Габаритные размеры, масса	Ø63×313 мм, 1 кг	Ø63×333 мм, 1 кг	Ø63×333 мм, 1 кг	Ø78×320 мм, 1,7 кг Ø90×350 мм, 2 кг	Ø76×422 мм, 3 кг Ø90×430 мм, 3,3 кг
---------------------------	---------------------	---------------------	---------------------	--	--

Таблица 2 – Дозиметрические блоки детектирования на основе сцинтилляционной пластмассы

Основные характеристики	БДКГ-04 БДКГ-204	БДКГ-24 БДКГ-224	БДКГ-30 БДКГ-230	БДКГ-32 БДКГ-232	БДКГ-103
Детектор на основе сцинтилляционной пластмассы	Ø30×15 мм	Ø50×40 мм	Ø50×40 мм	Ø70×80 мм	200×180× ×70 мм
Диапазон энергий	15 кэВ–3 МэВ 60 кэВ –3 МэВ	30 кэВ–3 МэВ	50 кэВ–3 МэВ	35 кэВ– 3 МэВ	80 кэВ–3 МэВ
Диапазон измерения мощности амбиентного эквивалента дозы	50 нЗв/ч– 10 Зв/ч	30 нЗв/ч– 1 Зв/ч	–	30 нЗв/ч– 500 мЗв/ч	30 нЗв/ч– 50 мЗв/ч
Диапазон измерения мощности поглощенной дозы	–	–	30 нГр/ч – 1 Г/ч	–	–
Предел относительной погрешности измерений	±20 %	±20 % ±15 %	±20 % ±15 %	±20 %	±20 %
Чувствительность к гамма-излучению <sup>137</sup> Cs	имп·с <sup>-1</sup> /мкЗв·ч <sup>-1</sup>		имп·с <sup>-1</sup> / мкГр·ч <sup>-1</sup>	имп·с <sup>-1</sup> /мкЗв·ч <sup>-1</sup>	
	70	530	600	1700	15000
Энергетическая зависимость относительно энергии 662 кэВ	±35 % ±25 %	±25 %	±25 %	±25 %	±40 %
Временная дискретность измерения	0,1 с	0,1 с	0,1 с	0,1 с	0,1 с
Степень защиты	IP64 IP57	IP64 IP67	IP64 IP67	IP64 IP67	IP64

VIII Международная научно-практическая конференция, посвященная 20-летию органов и подразделений  
по чрезвычайным ситуациям  
«Чрезвычайные ситуации: предупреждение и ликвидация»

---

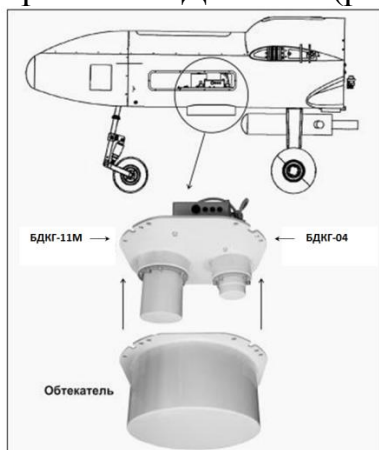
Интерфейс	RS232 RS485	RS232 RS485	RS232 RS485	RS232 RS485	RS232 RS485
Диапазон рабочих температур	-35...+55 °C	-40...+50 °C -40...+55 °C	-40...+50 °C -40...+55 °C	-40...+50 °C -40...+55 °C	-40...+55 °C
Относительная влажность воздуха ( $\leq 35^{\circ}\text{C}$ без конденсации влаги)	$\leq 98\%$	$\leq 98\%$	$\leq 98\%$	$\leq 95\%$ $\leq 98\%$	$\leq 95\%$
Габаритные размеры, масса	Ø60×205 мм, 0,45 кг Ø60×230 мм, 0,55 кг	Ø60×200 мм, 0,65кг Ø60×250 мм, 0,75кг	Ø60×200 мм, 0,65кг Ø60×200 мм, 0,75кг	Ø76×245 мм, 0,78 кг Ø76×245 мм, 0,9 кг	360×220× ×80 мм, 5 кг

Высококчувствительный спектрометрический блок детектирования БДКГ-11М, способный обеспечивать одновременно измерение мощности дозы гамма-излучения, а также спектра гамма-излучения для последующей идентификации радионуклидов в наземном комплексе управления и приема информации, установлен и апробирован на октокоптере «БАС» в Болгарии (рисунок 1.3) для построения карты радиационной обстановки в зоне пункта захоронения радиоактивных отходов.

Широкодиапазонный дозиметрический блок детектирования БДКГ-24 апробирован в составе октокоптера и БМЛА планерного типа российской компании «ZALA AERO GROUP» (рисунки 1.3, 1.4).

Для белорусского БМЛА вертолетного типа создан экспериментальный образец аппаратуры «АГСАТ» на основе блоков детектирования БДКГ-211М и БДКГ-24 (рисунок 1.6), а также макет «АГСАТ-1» на основе блока детектирования БДКГ-103 (рисунок 1.7).

1.1



1.2



1.3



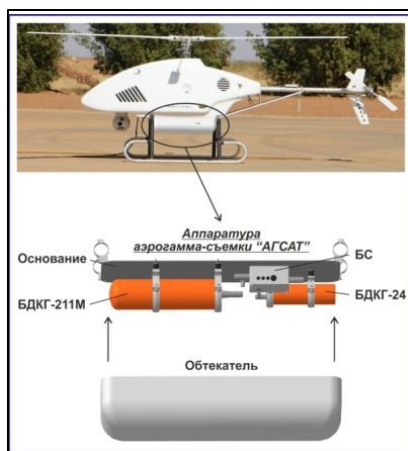
1.4



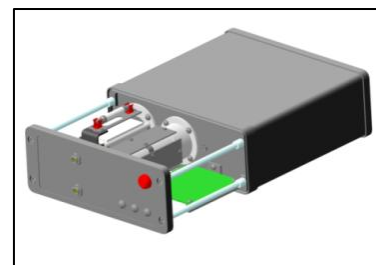
1.5



1.6



1.7



Аппаратура «АСГАТ»

Рисунок 1 – Аппаратура радиационного контроля для: 1.1 и 1.2 – летательного аппарата «Буревестник»; 1.3 – октокоптера «БАС»; 1.4 – октокоптера и 1.5 – БМЛА планерного типа «ZALA AERO GROUP»; 1.6 и 1.7 – варианты для беспилотного вертолета

Принцип дистанционной гамма-спектрометрии с последующей идентификацией радионуклидов во всех приведенных в таблице 1 блоках детектирования, а также других типов с использованием NaI(Tl) – сцинтилляционных спектрометров, наиболее эффективен для измерений на высотах полета не более 50 м. В таких случаях аппаратный спектр не перенасыщен компонентой рассеянного гамма-излучения, что позволяет успешно осуществить распознавание радионуклидов по линии полного поглощения в пределах энергетического разрешения. Более успешно благодаря значительно лучшему энергетическому разрешению задача идентификации может быть решена с использованием LaBr<sub>3</sub> или SrI<sub>2</sub>(Eu) сцинтилляционных спектрометров, разработка которых завершается к концу 2019 года.

Принцип дистанционной дозиметрии заключается в определении усредненных по площади уровней радиации на высоте полета с использованием «высотных коэффициентов пересчета» к уровню 1 м от поверхности земли. Наименьшая зависимость (методическая погрешность) этих коэффициентов от энергии гамма-излучения наземных излучателей обеспечивается при высотах полета не более 150 м. Энергия первичного гамма-излучения – наиболее влияющий, но не единственный фактор, сказывающийся на точности определения уровней мощности дозы на высоте 1 м. Другие факторы – аппаратная погрешность, погрешность из-за влияния реальных условий измерений и др. также вносят свой вклад, в итоге суммарная погрешность [3] дистанционных измерений в диапазоне высот полета до 150 м составляет 50 % при доверительной вероятности, равной 0,95.

Проблема оценки масштаба и плотности загрязнения местности радионуклидом <sup>137</sup>Cs по-прежнему актуальна на территории стран,

пострадавших от последствий Чернобыльской катастрофы, а также в Японии после аварии на АЭС «Фукусима». Имеется широкий спектр приборов и аппаратуры, позволяющий провести измерение мощности дозы и спектрального распределения гамма-излучения в полевых условиях с GPS-привязкой на местности. Но без соответствующего программного средства комплексный анализ полученных данных крайне трудоемкий и непроизводительный.

Ранее нами было разработано программное обеспечение «GARM», которое служит инструментом визуализации и анализа данных радиационных измерений, выполненных приборами и аппаратурой с наличием функции GPS-привязки на местности. В процессе полевых испытаний оборудования радиационного контроля (использовался прибор МКС-АТ6101С с блоками детектирования БДКГ-11М и БДКГ-04) на зараженной местности была выявлена необходимость в предоставлении пользователю аналитической информации о масштабе и поверхностной плотности загрязнения местности радионуклидом  $^{137}\text{Cs}$  на основе данных воздушной радиационной съемки. Для оценки масштаба загрязнения был разработан и реализован алгоритм построения изолиний и градиентной заливки области по интересующему параметру [4].

В ходе натурных испытаний получены большие массивы дозиметрических данных о радиоактивном загрязнении территории: значения мощностей доз гамма-излучения на уровне 1 м (рисунок 2) от поверхности земли и значения мощностей доз гамма-излучения на высоте 50, 100, 150 и 200 м над поверхностью земли с борта вертолета МИ-2. Результатом обработки данных в программе GARM является оценка мощности дозы гамма-излучения на высоте 1 м над поверхностью земли по значениям мощности дозы гамма-излучения, измеренным на высотах от 50 до 200 м. При сличении результатов дистанционной съемки и наземных измерений на 1 м установлено их совпадение в пределах  $\pm 10\%$ .

При этом в качестве высотных коэффициентов пересчета использовались их численные значения, полученные путем математического моделирования (метод статистических испытаний Монте-Карло) с учетом высоты полета, температуры и давления атмосферы, глубины слоя преимущественного залегания радионуклида  $^{137}\text{Cs}$  в почве, плотного лугового травяного покрова, а также экранирования блоков детектирования корпусом вертолета МИ-2.





Рисунок 2 – Результаты пешеходного сканирования

На рисунках 3 и 4 приведены картограммы мощности дозы гамма-излучения при воздушной гамма-съемке на выбранном вполне однородном по уровням радиации участке-мишени на территории ПГРЭЗ.

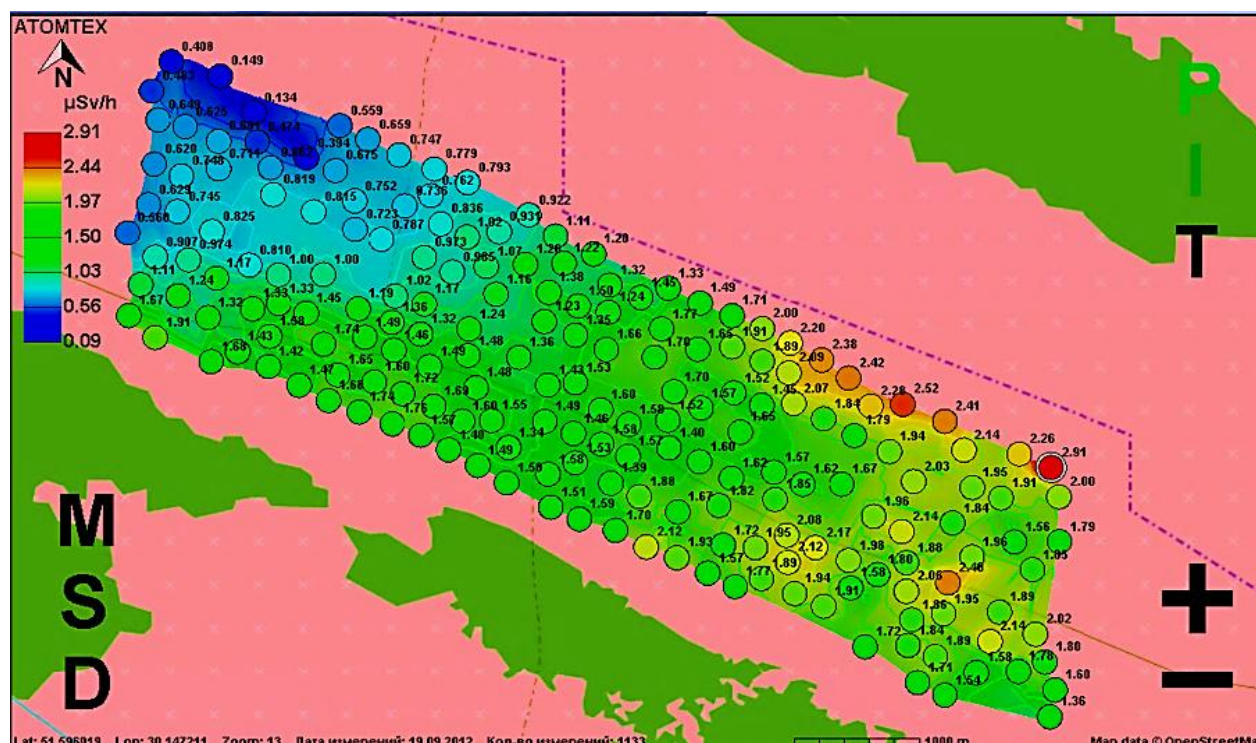


Рисунок 3 – Данные аэрогамма-съемки в ПГРЭЗ. Мощность дозы гамма-излучения на высоте 100 м над поверхностью земли.  
 Размер площадки 8 км на 2 км

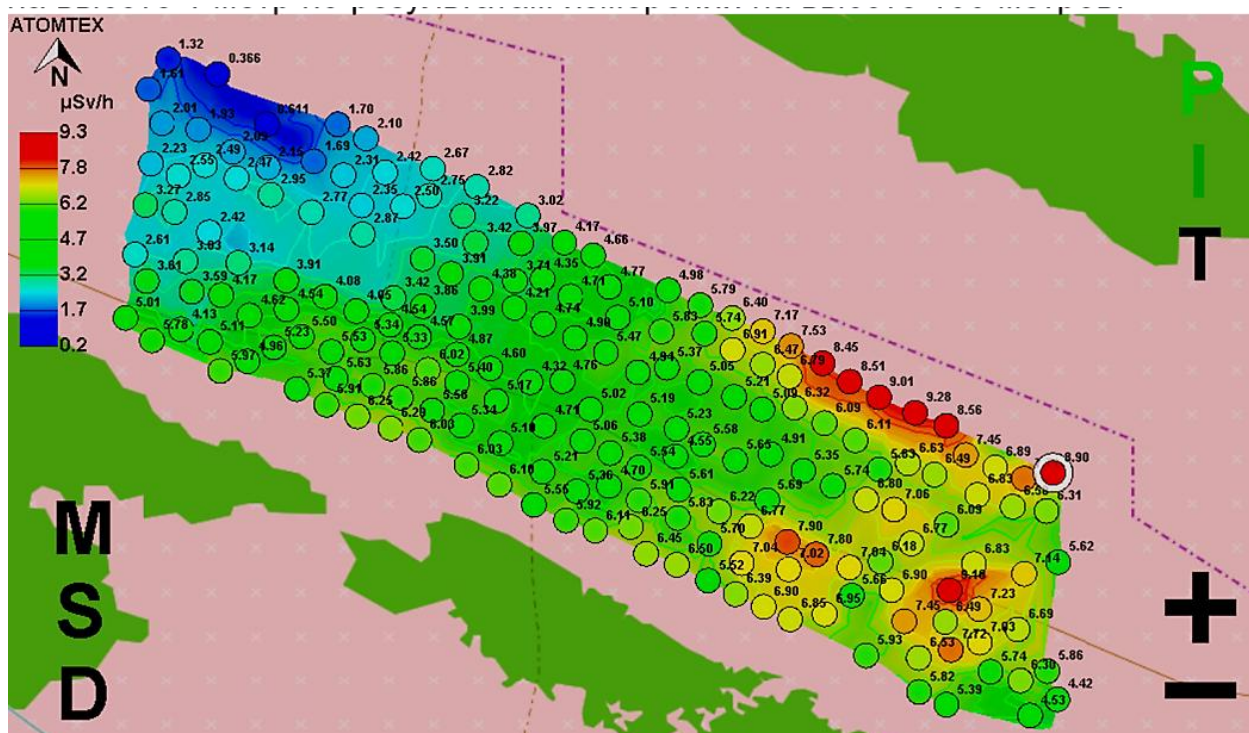


Рисунок 4 – Данные по оценке мощности дозы гамма-излучения на высоте 1 м по результатам измерений на высоте 100 м

С использованием базы данных ПГРЭЗ по удельной активности и поверхностной плотности загрязнения почв радионуклидом  $^{137}\text{Cs}$  проведено их сравнение с данными по оценке плотности загрязнения, полученными при наземной и воздушной съемках. Предварительный анализ данных показал, что расхождение в определении поверхностной плотности загрязнения находится в пределах  $\pm 30\%$  (рисунок 5).

В случае точечных гамма-источников или локальных загрязнений (несколько десятков метров) наиболее целесообразным представляется решение задачи их поиска и обнаружения. При этом по направлению полета будет наблюдаться нарастание и спад уровней радиации, точка максимума фиксируется координатами его местоположения, а затем осуществляется пролет через данную точку перпендикулярно начальному направлению полета.



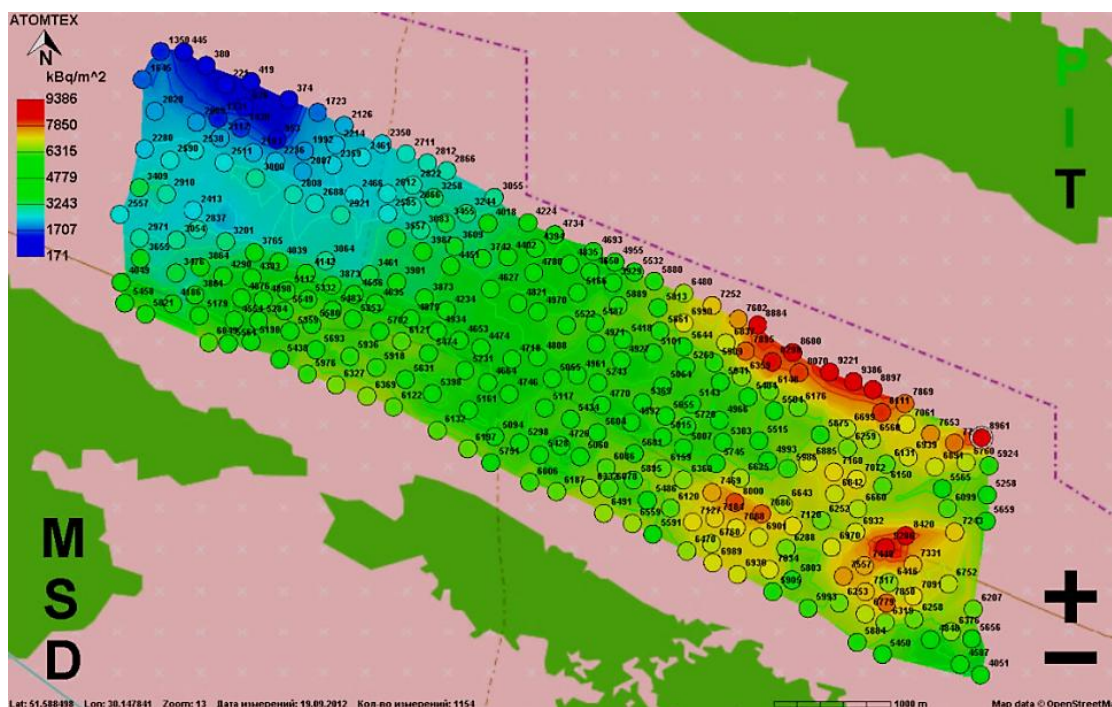


Рисунок 5 – Оценка плотности загрязнения местности радионуклидом  $^{137}\text{Cs}$  (средняя глубина залегания  $^{137}\text{Cs}$  в почве на всей территории составляет 5 см, средняя плотность почвы  $1,26 \text{ г/см}^3$ )

На рисунках 6 и 7 представлены данные, полученные в процессе поиска, обнаружения и оценки уровней радиации от точечных гамма-источников бортовой аппаратурой, установленной на БМЛА. Результаты свидетельствуют об успешном решении поставленной задачи.

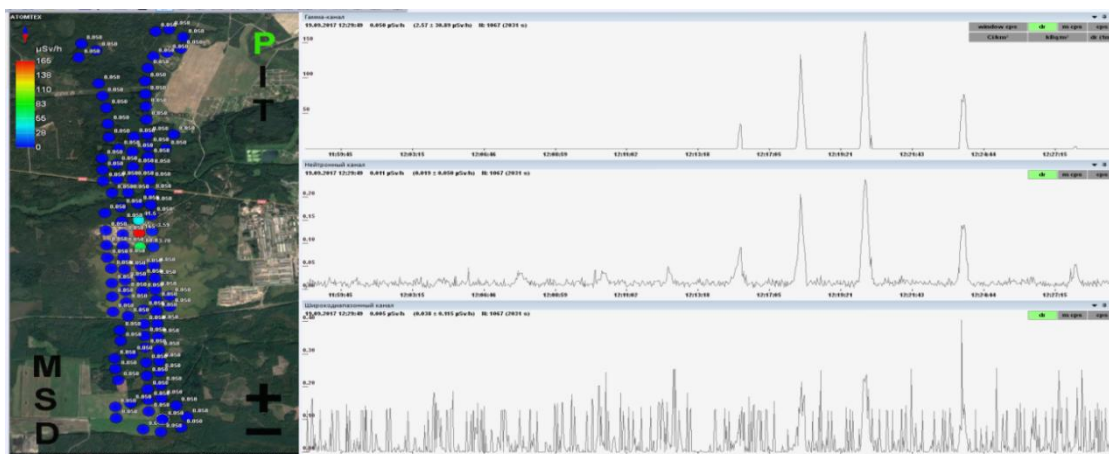


Рисунок 6 – Данные аэрогамма-съемки точечных источников для высоты полета 200 м (ПО «GARM»)

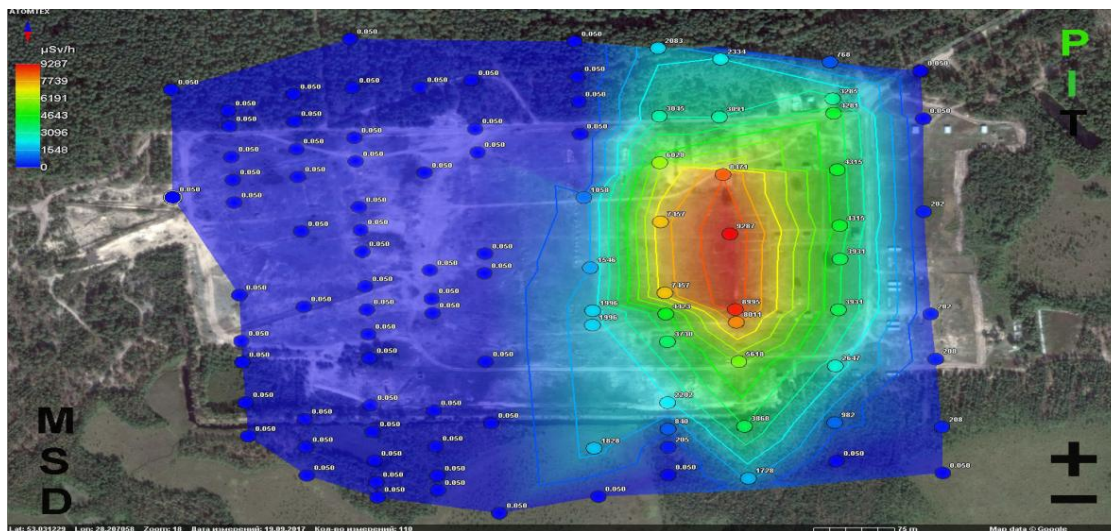


Рисунок 7 – Обнаружение, определение местоположения и оценка МД.  
Карта радиационных уровней от точечных источников для высоты 1 м  
по результатам аэрогамма-съемки на высоте 200 м (ПО «GARM»)

Работы по расширению линейки интеллектуальных датчиков радиации продолжают. В частности, возникают потребности в создании измерительных каналов дозиметрического и спектрометрического назначения, в т.ч. широкодиапазонных блоков детектирования массой 100–400 г. На данный момент времени уже имеются экспериментальные образцы, удовлетворяющие этим требованиям.

Полученные результаты представляются актуальными для данного весьма быстро развивающегося направления использования беспилотных систем [5–7].

В настоящее время рассматривается возможность оснащения средствами радиационного контроля таких беспилотников, как «Бусел-10», «Беркут-2», «Суперкам-С100», «Суперкам-С350».

### Литература

1. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Аварийно-спасательные работы при ликвидации последствий аварий на радиационно-опасных объектах. Общие требования. Межгосударственный стандарт. ГОСТ 22.8.06-2002.
2. Израэль, Ю.А. Гамма-излучение радиоактивных выпадений / Ю.А. Израэль, Е.Д. Стукин. – М.: Атомиздат, 1967.
3. Измерения прямые многократные. Методы обработки результатов измерений. Основные положения. ГОСТ Р 8.736-2011.
4. Отчет о проведении натурных испытаний спектрометрических радиационных сканеров АТ6101С, изготовленных по заказу подготовительной комиссии организации договора о всеобъемлющем запрещении ядерных испытаний. Фонды УП «АТОМТЕХ», Минск, 2012.

5. Бахур, А.Е. Перспективы использования БПЛА в радиозэкологии и при поисковых геологоразведочных работах / А.Е. Бахур, А.В. Стародубов // АНРИ. – 2016. – № 3. – С. 2–8.

6. Кожемякин, В.А. Интеллектуальные датчики радиации для малоразмерных беспилотных систем / В.А. Кожемякин, В.П. Полищук // 7-я Междунар. науч. конф. по военно-техническим проблемам, проблемам обороны и безопасности, использованию технологий двойного применения, Минск, 20–22 мая 2017 г.: сб. науч. ст. В 3 ч. Ч. 1. – Мн., 2017. – С. 164–173.

7. Кожемякин, В.А. Аппаратура радиационного контроля для дистанционно управляемых беспилотных летательных аппаратов и оценка достоверности результатов аэрогамма-съемки / В.А. Кожемякин // 30-я Междунар. науч.-технич. конф. «ЭКСТРЕМАЛЬНАЯ РОБОТОТЕХНИКА», г. Санкт-Петербург, 13–15 июня 2019 г. : сб. тезисов. – Санкт-Петербург, 2019. – С. 363.



**УДК 681.772.7**

**Железняков А.В.**

*Факультет внутренних войск учреждения образования «Военная академия Республики Беларусь», г. Минск*

## **СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ И ЛИКВИДАЦИИ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ НА ОСНОВЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА ОБЩЕСТВЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ**

Показаны возможности использования системы видеомониторинга как основного элемента системы мониторинга общественной безопасности для прогнозирования и ликвидации различного рода чрезвычайных ситуаций (далее – ЧС).

*Ключевые слова:* чрезвычайные ситуации, система мониторинга общественной безопасности, современные информационно-коммуникационные технологии, видеомониторинг, прогнозирование.

**A.V. Zheleznyakov**

*Faculty of internal troops of educational institution «Military Academy of the Republic of Belarus», Minsk*

## **MODERN TECHNOLOGIES OF FORECASTING AND EMERGENCY RESPONSE BASED ON THE USE OF PUBLIC SAFETY MONITORING SYSTEM**

The possibilities of using the video monitoring system as the main element of the public safety monitoring system for forecasting and liquidation of various emergency situations are shown.

*Key words:* emergency situations, public safety monitoring system, modern information and communication technologies, video monitoring, forecasting.

Многие катастрофы и стихийные бедствия нельзя предотвратить, поэтому борьба за уменьшение ущерба и потерь от них становится важным элементом государственной политики стран, в основу которой должны быть положены прогнозирование и своевременное предупреждение людей о грозящем бедствии.

Проблема безопасности жителей городов была всегда и является актуальной в настоящее время. Противоправные действия, техногенные катастрофы, стихийные бедствия или неконтролируемое развитие ситуаций в местах массового пребывания людей могут иметь самые тяжелые последствия. Оперативное получение объективной информации с места ЧС (происшествия) способствует четкой и грамотной координации действий оперативно-дежурных служб, других сил и средств, участвующих в проведении аварийно-спасательных работ или пресечении

правонарушения, предотвращая при этом дальнейшее негативное развитие ЧС.

Значительное сокращение ЧС на территории республики наблюдается на протяжении последних лет. Повышению оперативности и эффективности работы органов и подразделений по чрезвычайным ситуациям способствует активное внедрение информационных и телекоммуникационных технологий. Одним из вариантов оперативности получения информации и приоритетных направлений является установка в местах с массовым пребыванием граждан систем видеонаблюдения. Указ Президента Республики Беларусь от 25 мая 2017 г. № 187 «О республиканской системе мониторинга общественной безопасности» является ярким тому подтверждением. В соответствии с указом в целях повышения уровня общественной безопасности путем использования современных информационно-коммуникационных технологий в Республике Беларусь создается республиканская система мониторинга общественной безопасности, состоящая из элементов, на первом месте перечня которых расположены система видеонаблюдения за состоянием общественной безопасности и локальные системы видеонаблюдения, подключенные к системе мониторинга.

Начало применения систем видеонаблюдения, использующихся в деятельности по обеспечению общественного порядка и безопасности на улицах городов и дорогах Республики Беларусь, получило широкое распространение в 2002 году [1]. Анализ нормативных правовых актов, правоприменительной практики позволяет условно выделить два направления использования стационарных систем видеонаблюдения в Республике Беларусь: 1) охранная деятельность (телевизионные системы видеонаблюдения, системы охранного телевидения); 2) деятельность по обеспечению общественного порядка на улицах и дорогах.

В МЧС Республики Беларусь в рамках Государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций функционирует система мониторинга и прогнозирования чрезвычайных ситуаций (далее – СМПЧС). Объектами наблюдений при проведении мониторинга и прогнозирования ЧС являются источники ЧС. Порядок обмена мониторинговой информацией определен в соответствии с постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 23.08.2001 № 1280 «О порядке сбора информации в области защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера и обмена этой информацией» (Национальный реестр правовых актов Республики Беларусь, 2001 г., № 82, 5/7900) и постановлением МЧС Республики Беларусь от 02.08.2005 № 41 «Об утверждении Инструкции о порядке представления информации в области защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера».

Основными задачами системы мониторинга и прогнозирования являются:

- проведение наблюдений за источниками ЧС;
- сбор, обработка и анализ информации об источниках ЧС;
- создание банка данных по источникам ЧС;
- прогнозирование ЧС;

обеспечение республиканских органов государственного управления и иных государственных организаций, подчиненных Правительству Республики Беларусь, местных исполнительных и распорядительных органов информацией об угрозе возникновения или возникновении ЧС.

СМПЧС включает в себя 15 отдельных видов мониторинга:

- транспортные аварии с опасными грузами;
- пожары и взрывы на опасных производственных объектах;
- аварии с выбросом сильнодействующих ядовитых веществ на объектах;
- гидродинамические аварии;
- опасные геологические явления;
- аварии с выбросом (угрозой выброса) радиоактивных веществ и загрязнением окружающей среды;
- опасные метеорологические явления;
- аварии электроэнергетических систем;
- опасные гидрологические явления;
- аварии систем жизнеобеспечения;
- пожары в природных экосистемах;
- аварии очистных сооружений;
- инфекционные заболевания людей и эпидемии;
- эпизоотии;
- поражение сельскохозяйственных растений и лесных массивов болезнями и вредителями.

Республиканская система мониторинга общественной безопасности позиционируется как система, разрабатываемая в интересах правоохранительных органов, и основой ее планируется система видеомониторинга с определенными параметрами и оборудованием.

Среди доступных систем видеомониторинга в настоящий момент присутствует огромное количество оборудования и систем видеонаблюдения. Камеры существенно различаются по техническим характеристикам и функциональности, а также по форматам, в которых проводятся передача и сохранение видеоданных. Это вызывает ряд проблем, требующих решения. Учитывая то, какие средства вкладываются в разработку систем видеонаблюдения (в интересах служб, милиции, жилищно-коммунального хозяйства, лесного хозяйства и предупреждения чрезвычайных ситуаций и пожаров), предполагается, что эти системы должны работать надежно и



эффективно, а главное – формировать изображения, отвечающие целям, в которых они внедряются. Соответственно, этим определяются и требования к качеству и надежности подобных систем.

Однако какими бы замечательными характеристиками системы наблюдения не обладали, немаловажным является выбор места их установки. Конечно, можно установить их бесконечное множество для покрытия всей площади республики, но возникает вопрос цены. Сколько потребуется денежных средств для этого и за чей счет это будет сделано?

Поэтому при выборе места установки видеокамеры необходимо исходить из нескольких факторов: целей и задач видеонаблюдения, технической возможности прокладки до места установки камеры сигнального и питающего кабеля, обеспечения максимальной площади наблюдения и, конечно же, эстетических соображений. Следует побеспокоиться и о безопасности видеокамер, учитывая вандализм и хищение. Идеальный способ выбора места установки – встать на точку установки видеокамеры и посмотреть, что вы сможете увидеть, применяя систему видеомониторинга. При этом необходимо помнить, что стандартный объектив (2,8–3,6 мм) имеет угол обзора около 90°.

Наличие объектов местности, ограничивающих видимость (так называемых затеняющих объектов, таких, как строения, рельеф местности, растения и пр.), приводит к появлению невидимых зон. Поэтому важным моментом при моделировании мест установки видеокамер является построение на карте (на основе ЦКМ) зоны видимости с учетом наличия таких объектов и рельефа местности.

Рассмотрим алгоритм решения этой задачи.

Первоначально для текущих условий (времени суток и погоды) определяется максимальная дальность обнаружения объекта заданного типа.

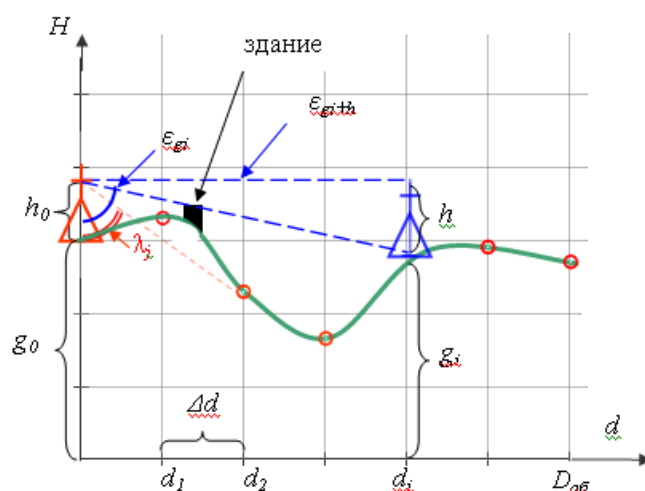


Рисунок 1 – Построение профиля местности на заданном азимутальном направлении  $D_{обн}$

Исходными данными для дальнейших расчетов, как показано на рисунке 1, являются:

$h_0$  – высота оптической оси наблюдателя;

$h$  – высота обнаруживаемого (заданного типа) объекта;

$g_0$  – высота наблюдателя над уровнем моря;

$g_i$  – высота  $i$ -й дискреты местности над уровнем моря;

$d_i$  – дальность до  $i$ -й дискреты местности;

данные об объектах на местности, находящиеся в радиусе  $D_{\text{обн}}$  от точки нахождения наблюдателя.

На заданном азимуте в пределах  $D_{\text{обн}}$  проводится линия визирования и строится профиль местности (рисунок 1). Затем находятся участки профиля, на которых объект не наблюдается. При этом учитывается местоположение (координаты и высота) тех объектов, которые могут быть расположены на линии визирования. После проверки условия видимости осуществляется переход к следующему азимутальному направлению и т.д.

В соответствии с предложенной выше общей схемой с шагом дискретизации  $\Delta\beta$  анализируется пространство по азимуту и на каждом значении  $\beta_j = \beta_{j-1} + \Delta\beta$  ( $j = 1, \dots, 360/\Delta\beta$ ) осуществляется просмотр дальности с шагом  $\Delta d$ , т.е.

$$d_i = d_{i-1} + \Delta d, i = 1, \dots, n, n = \lfloor D_{\text{обн}} / \Delta d \rfloor + 1. \quad (1)$$

Примем, что наблюдаемый объект с каждым шагом условно перемещается от первой ( $i = 1$ ) точки до последней ( $i = n$ ). Перемещая таким образом объект, последовательно анализируются все дискреты местности. При этом на каждом  $i$ -м шаге определяются угол визирования  $\varepsilon g_i$  на точку на земной поверхности с координатами  $(d_i, g_i)$  и угол визирования  $\varepsilon g_i + h$  на вершину объекта, имеющую координаты  $(d_i, g_i + h)$ . При наличии на данном азимутальном направлении строений кустарников и др. осуществляется поправка на их высоту. На рисунке 1 показано затеняющее здание с высотой  $h_{\text{зд}}$  в пределах дискреты (шага) 2. Поэтому для данной дискреты определяются угол визирования  $\varepsilon g$  на точку на земной поверхности с координатами  $(d, g + h_{\text{зд}})$  и угол визирования  $(\varepsilon g_i + h)$  на вершину объекта, имеющую координаты  $(d_i, g_i + h)$ .

С учетом относительно малых дальностей визуального наблюдения и малой величины поправки на кривизну Земли для вычисления угла визирования на любую точку, находящуюся на высоте  $h_i$  над поверхностью на удалении  $d_i$ , используется выражение

$$\varepsilon_i = \arccos \left\{ ((g_0 + h_0) - (g_i + h_i)) / \sqrt{d_i^2 + ((g_0 + h_0) - (g_i + h_i))^2} \right\} \quad (2)$$

В соответствии с приведенным выражением, циклически, с шагом  $\Delta d$  от наблюдателя по направлению к меняющемуся вдоль азимута местоположению объекта заполняется таблица 1.

Обратим внимание, что в третью строку таблицы в процессе ее заполнения при перемещении от наблюдателя к объекту в  $i$ -ю ячейку заносится значение  $\varepsilon_{\max i}$ , максимальное из всех предыдущих значений данной строки.

Отрицательный знак элементов последней строки (значение функции  $\text{Sign}(\varepsilon g_i + h - \varepsilon_{\max i})$ ) определяет участки местности, находясь на которых рассматриваемый объект невидим для наблюдателя в данных условиях – времени суток и погоды.

Таблица 1

d	d1	d2	...	d <sub>i</sub>	...	d <sub>n-1</sub>	d <sub>n</sub>
$\varepsilon g$	$\varepsilon g_1$	$\varepsilon g_2$	...	$\varepsilon g_i$	...	$\varepsilon g_{(n-1)}$	$\varepsilon g_n$
$\varepsilon_{\max}$	$\varepsilon_{\max 1}$	$\varepsilon_{\max 2}$	...	$\varepsilon_{\max i}$	...	$\varepsilon_{\max (n-1)}$	$\varepsilon_{\max (n-1)}$
$\varepsilon g+h$	$\varepsilon g_1+h$	$\varepsilon g_2+h$	...	$\varepsilon g_i+h$	...	$\varepsilon g_{(n-1)}+h$	$\varepsilon g_n+h$
$\text{Sign}(\varepsilon g+h - \varepsilon_{\max})$	+	-	...	+	...	-	+

Зная координаты таких точек, можно отобразить их на ЦКМ и построить зону видимости [2].

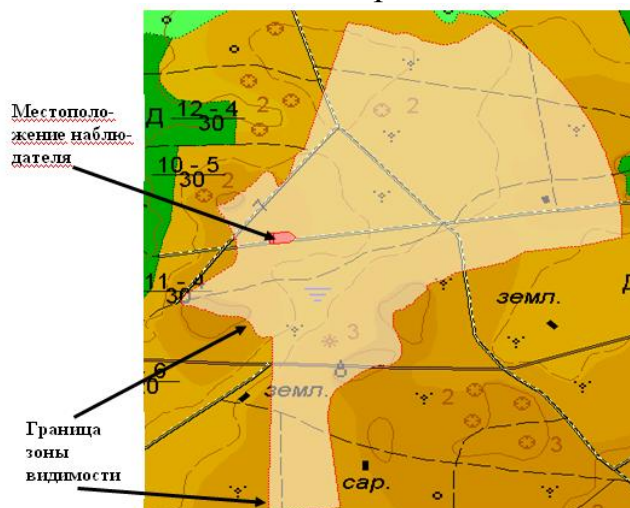
Кроме того, можно рассчитать площадь просматриваемой  $Z$  и непросматриваемой  $\bar{Z}$  территории с выбранной позиции. В этом случае величина  $Z$  характеризует качество выбранной позиции видеонаблюдения.

Пример реализации вышеприведенного алгоритма представлен на рисунке 2.

В требуемом районе в пределах некоторой области  $S$  при заданных условиях наблюдения (время суток, погода, рост наблюдателя, высота объекта наблюдения и др.) необходимо найти позицию с координатами  $X$ , находясь на которой обеспечивается максимальная площадь  $Z$  просматриваемой территории, т.е.

$$X = \arg \max_{X \in S} \{Z(X)\} \quad (3)$$

В предлагаемой статье оптимизация функции (3) осуществляется методом перебора. При этом построение просматриваемой зоны и расчет площади  $Z$  осуществляются с помощью предложенного выше алгоритма [3].



Рисункок 2 – Пример реализации алгоритма построения зон видимости

Используя предложенный алгоритм на основе ЦКМ (ЦПМ), можно построить наиболее оптимальную схему расположения средств видеонаблюдения, максимизируя площадь просматриваемой (контролируемой) территории, тем самым попытаться свести к необходимому минимуму затраты на видеонаблюдение для системы мониторинга общественной безопасности.

Эффект применения системы видеомониторинга в РСЧС:

сокращение среднего времени реагирования на ЧС, которое достигается за счет того, что система исключает многократный ввод одних и тех же данных, обеспечивает автоматическую передачу сведений о ЧС практически без задержек на все вышестоящие уровни управления РСЧС и ускоряет процедуры принятия решений;

повышение оперативности, надежности, обоснованности и качества принятия управленческих решений по предупреждению и ликвидации ЧС на основе интеграции информационных ресурсов, широкой и всесторонней автоматизации процессов управления силами и средствами РСЧС;

возможность не только реагировать на ЧС, но и вырабатывать прогнозы возникновения и развития катастроф.

Таким образом, только масштабная система безопасности на основе фундаментальной программно-аппаратной платформы, объединяющей все области безопасности в единое цифровое пространство, будет эффективно функционировать в условиях современного мегаполиса.

## Литература

1. Пашута, И. Использование систем видеонаблюдения в раскрытии и расследовании преступлений / И. Пашута // Законность и правопорядок. – 2011. – № 1 (17). – С. 42–45.

2. Булойчик, В.М. Обработка картографической информации для решения военно-прикладных задач в нейросетевом базисе / В.М. Булойчик, Д.М. Скрипко // Наука и военная безопасность: науч.-теорет. прил. к журн. «Армия». – 2006. – № 2(10). – С. 36–39.

3. Булойчик, В.М. Военно-прикладные вопросы математического моделирования. Математические методы, используемые при разработке моделей для принятия решений / В.М. Булойчик. – Мн.: ВА РБ, 2000. – 180 с.



**УДК 371.315.6**

**Кузьмицкий А.М.**

*Учреждение образования «Военная академия Республики Беларусь», г. Минск*

## **УПРЕЖДАЮЩЕЕ ОБУЧЕНИЕ ПО ФОРМИРОВАНИЮ КОМПЕТЕНЦИЙ ДЛЯ ДЕЙСТВИЙ В ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ**

Анализируются отдельные проблемы в преподавании специальных и инженерно-технических дисциплин и предлагается содержание учебного материала для изучения специальных средств, техники и их применения.

*Ключевые слова:* опережающее обучение, профессиональные компетенции, специальные средства, специальная техника, снаряжение.

**A.M. Kuzmitsky**

*Educational institution «Military Academy of the Republic of Belarus», Minsk*

## **PROMOTING TRAINING IN FORMING THE COMPETENCES OF OFFICERS OF INTERNAL TROOPS FOR ACTION IN SPECIAL OPERATIONS**

The article analyzes some problems in the of special and engineering disciplines and proposes the content of the training material for the study of special means, equipment and their application.

*Key words:* advanced training, professional competence, special means, special equipment, equipment

Одна из важнейших целей системы профессионального образования на современном этапе заключается в том, чтобы своевременно подготовить офицеров к новым условиям и способам действий при чрезвычайных обстоятельствах и ситуациях, а также в условиях неопределенности будущей служебно-боевой деятельности выпускников. Конструктивной идеей в этом плане и является идея упреждающего образования.

Внедрение в тактику действий внутренних войск МВД Республики Беларусь бесконтактных способов воздействия на нарушителей, а также принятие на вооружение высокотехнологичных образцов средств обеспечения специальных операций, средств защиты и активной обороны, оружия нелетального действия позволяет обозначить ряд проблемных вопросов:

формирование профессиональных компетенций будущих офицеров в области использования специальных средств, специализированной, специальной техники и тактики их применения не соответствует современному уровню оснащения внутренних войск;

изучение общего устройства и принципов работы, тактико-технических характеристик специальных средств, специализированной и специальной техники, позволяющих эффективно использовать их в практической

деятельности, осуществляется в основном по прибытии выпускников в войска;

поставка новых образцов изделий не сопровождается их методическим обеспечением, что не позволяет выработать единый подход к обучению личного состава.

В связи с изложенным полагается целесообразным рассмотреть вопрос о введении новой учебной дисциплины «Специальные средства, техника и их применение» для специальности 1-95 01 10 – «Управление подразделениями внутренних войск». Обучение проводить в интересах изучения учебной дисциплины «Тактика внутренних войск».

Теоретические основы, описывающие тактико-технические характеристики всей совокупности инженерно-технических средств, применяемых при инженерно-техническом обеспечении специальных операций, довольно подробно изложены в [3, 4]. Таким образом, положено начало методическому обеспечению действий личного состава в особых условиях, а именно такому виду действий, как специальная операция.

Для формирования профессиональных компетенций, отвечающих современным требованиям в безотлагательном порядке, целесообразно ввести следующие темы.

#### *Специальные средства.*

В содержании учебного материала следует раскрыть специальные средства, технику как составной компонент сил и средств внутренних войск МВД Республики Беларусь; технические изделия, устройства, предметы и вещества, объединенные понятием «специальные средства»; историю развития и применения; назначение; классификацию; правовые основы и регламентация для применения; обстоятельства и условия применения; общие свойства воздействия специальных средств на человека.

В условиях активного антропогенного воздействия на сотрудников ОВД и военнослужащих внутренних войск начальникам и командирам всех степеней необходимо вдумчиво принимать адекватные меры сохранения жизни и здоровья личного состава.

#### *Средства защиты.*

Основными вопросами при изучении средств защиты должны быть следующие: понятие «повреждение» и «повреждающие факторы оружия»; медицинские аспекты применения средств защиты; современные материалы и технологии создания средств защиты; классы защиты; классификация средств защиты; бронежилеты; шлемы защитные; щиты защитные; средства защиты плеч и конечностей; продолжительность ношения бронезащиты.

Очень важным аспектом при изучении данной темы является занятие «Специальные исследования средств защиты». Оно может проводиться во взаимодействии с кафедрой огневой подготовки и включать проверку

средств защиты различных классов на пулестойкость и ударостойкость. Данное практическое занятие вызовет большой интерес у обучаемых, а также позволит практически убедиться в защитных свойствах изделий.

После отработки вопросов защиты личного состава целесообразно приступить к изучению следующей темы.

#### *Средства активной обороны*

В содержании учебного материала следует раскрыть следующие вопросы: средства ограничения подвижности; устройство и принцип работы; использование изделия; средства ударного воздействия; классификация зон атаки по степени травмоопасности; электрошоковые устройства; нормы воздействия на человека электрошоковых устройств и искровых разрядников; газовые баллончики; меры безопасности при применении средств активной обороны.

Выполнение подразделениями служебно-боевых задач [1] в условиях чрезвычайных обстоятельств относится к служебно-боевой деятельности в особых условиях. В особых условиях внутренние войска привлекаются для выполнения следующих задач, которые решаются, как правило, с проведением специальных операций, что предопределяет включение следующей темы.

#### *Средства обеспечения специальных операций*

В данном случае целесообразно рассмотреть следующие понятия: специальные газовые средства. Виды и характеристика; химические вещества, используемые в качестве поражающего элемента, их токсичность и стойкость; патологическое и физиологическое воздействие на организм человека специальных химических соединений. Конденсационный и дисперсионный способ применения; оценка метеорологической обстановки. Вертикальная устойчивость воздуха; дымовые гранаты и шашки; средства светоакустического воздействия; светошоковые устройства; средства сковывания движения; малогабаритные взрывные устройства; оружие для отстрела газовых патронов и гранат; назначение, тактико-технические характеристики специальных ружей и гранатометов; специальные боеприпасы; выполнение упражнений учебных стрельб; меры безопасности при применении средств обеспечения специальных операций.

Практика использования специальной техники и вооружения во внутренних войсках показала полное отсутствие специалистов по их применению и эксплуатации. Военнослужащие изучают ее самостоятельно. В учебных программах военных факультетов технической направленности, осуществляющих подготовку офицеров для внутренних войск, нет даже упоминания о специфике внутренних войск. Следовательно, вопросы изучения и эксплуатации должны быть рассмотрены в следующих двух темах.



### *Специальные и специализированные транспортные средства*

Специальные транспортные средства. Специальные бронированные транспортные средства. Специальная техника. Базовые шасси многоцелевых автомобилей и джипов под установку специального оборудования. Водометы. Автоцистерна специальная АЦС-40 «Цунами». Автомобиль специального назначения СН6-5336. Автомобиль специального назначения «Раптор». Автомобиль специального назначения «Зубр». Звуковещательная станция ЗС-88. Средства защиты охраняемых объектов (территорий), блокирования движения групп граждан, совершающих противоправные действия. Мобильная прицепная установка АСКМ-860101 «Заградитель». Действия расчетов и экипажей.

*Техническая эксплуатация специальных средств, специальных и специализированных транспортных средств в подразделении.*

Эксплуатация специальных средств. Мероприятия технической эксплуатации. Ввод в эксплуатацию. Подготовка личного состава к эксплуатации. Техническое обслуживание и ремонт. Организация учета и хранения. Сбор и обобщение данных по эксплуатационной надежности. Ведение эксплуатационной документации. Обеспечение мер безопасности в процессе эксплуатации. Контроль за техническим состоянием и качеством эксплуатации. Проведение рекламационной работы. Категорирование и списание специальных средств и техники.

Принятые на вооружение высокотехнологичные образцы средств обеспечения специальных операций, средств защиты и активной обороны, оружия нелетального действия постоянно совершенствуются, разрабатываются новые изделия. По прибытии офицеров-выпускников к месту службы отдельные образцы могут морально устареть. Для реализации принципа опережающего обучения следует предусмотреть следующую тему.

*Перспективные направления развития специальных средств и специальной техники.*

Средства непосредственного воздействия на правонарушителя: средства ударного и газового воздействия, средства ограничения подвижности, специальные окрашивающие и маркирующие средства, светошокковые устройства, световые и акустические специальные средства, электрошокковые устройства, средства сковывания движения, служебные животные, водометы. Средства обеспечения эффективного использования специальных средств. Средства разрушения преград. Средства защиты охраняемых объектов, блокирования движения групп граждан, совершающих противоправные действия. Транспортные средства специальных подразделений. Средства принудительной остановки транспорта. Зарубежные специальные средства полиции. Перспективы развития и совершенствования средства защиты и

нелетального воздействия. Перспективы применения беспилотных летательных аппаратов и противодействия им.

Вышесказанное предопределяет целесообразность включения в учебные планы и программы обучения курсантов соответствующих тем.

Предлагаемые изменения позволят повысить качество выполняемых совместно с заинтересованными и взаимодействующими государственными вооруженными формированиями работ.

Содержание, организация и методика подготовки определяются системой общих принципов воинского обучения с учетом специфики служебно-боевой деятельности внутренних войск.

Изменения в тактической подготовке внутренних войск, инженерно-техническом обеспечении служебно-боевой деятельности внутренних войск МВД Республики Беларусь, а также возросшие требования к морально-боевым качествам личного состава существенно влияют и на методику [2].

Для выполнения принципа опережающего образования следует спланировать и реализовать следующие мероприятия:

- наметить последовательность изучения тем и разделов тактико-специальной подготовки в комплексе с другими предметами;

- определить пути реализации принципов обучения в ходе подготовки личного состава;

- выработать приемы, методы и формы обучения и воспитания личного состава, соответствующие целям и содержанию, определить их место, взаимосвязь и условия наиболее эффективного применения;

- разработать требования к учебно-материальной базе, к ее подготовке и эффективному использованию в ходе обучения;

- раскрыть роль и место офицеров в процессе обучения.

Таким образом, введение учебной дисциплины и другие, предлагаемые в данной статье изменения, будут способствовать:

- повышению профессионального уровня будущих офицеров внутренних войск, обладающих знаниями и практическими умениями при применении специальных средств, специализированной и специальной техники, способных решать задачи инженерно-технического обеспечения служебно-боевой деятельности подразделения;

- развитию методического обеспечения и исследовательских аспектов применения специальных средств, специализированной и специальной техники внутренними войсками Министерства внутренних дел Республики Беларусь;

- приведению теории и практики применения специальных средств, специализированной и специальной техники к современному состоянию военной науки.

### Литература

1. О внутренних войсках МВД Республики Беларусь: Закон Республики Беларусь, 3 июня 1993 г., № 2341-XII: в ред. Закона Республики Беларусь от 21.07.2008 № 417-З // Консультант Плюс: Беларусь. Технология 3000 [Электронный ресурс] / ООО «ЮрСпектр», Национальный центр правовой информации Республики Беларусь. – Минск, 2019.
2. Наставление по организации оперативной и боевой подготовки во внутренних войсках МВД Республики Беларусь: приказ командующего внутренними войсками МВД Республики Беларусь, 22.12.2014, № 137.
3. Специальные средства и снаряжение внутренних войск МВД Республики Беларусь: учеб. пособие для курсантов факультета внутренних войск УО «ВА РБ» / А.М.Кузьмицкий [и др.] : под общ. ред. И.Ф. Татарко. – Минск: ВА РБ, 2013. – 250 с.
4. Экипировка и специальные средства, применяемые сотрудниками ОВД для решения задач правоохранительной деятельности: практ. пособие / С.В. Бородич [и др.]; под общ. ред. Э.П. Костюковича. – Минск: Акад. МВД Респ. Беларусь, 2014. – 256 с.



## **УДК 377**

**канд. пед. наук, доц. Покалюк В. Н.**

*Черкасский институт пожарной безопасности имени Героев Чернобыля  
Национального университета гражданской защиты Украины, г. Черкассы*

### **ПОДГОТОВКА КВАЛИФИЦИРОВАННЫХ РАБОЧИХ ДЛЯ ОПЕРАТИВНО-СПАСАТЕЛЬНОЙ СЛУЖБЫ ГРАЖДАНСКОЙ ЗАЩИТЫ УКРАИНЫ**

Приведены статистические данные о количестве пожаров и количестве чрезвычайных ситуаций, возникших в Украине в течение 2018 года. Раскрыта структура профессиональной подготовки личного состава подразделений Оперативно-спасательной службы гражданской защиты Украины. Отмечено, что профессиональная подготовка личного состава подразделений Оперативно-спасательной службы гражданской защиты включает в себя первичную профессиональную подготовку, подготовку специалистов с высшим образованием, научных и научно-педагогических кадров высшей квалификации. Описано содержание первичной профессиональной подготовки личного состава и профессионально-технического обучения. Отмечено, что к профессионально-техническим учебным заведениям системы Государственной службы Украины по чрезвычайным ситуациям относятся учебные пункты, учебные центры и Высшее профессиональное училище Львовского государственного университета безопасности жизнедеятельности (г. Винница), приведены их характеристики. Обоснована необходимость повышения качества профессиональной подготовки личного состава подразделений Оперативно-спасательной службы гражданской защиты для обеспечения выполнения новых возросших задач.

*Ключевые слова:* профессиональная подготовка, учебный пункт, учебный центр, пожарный-спасатель, спасатель, радиотелефонист, машинист насосных установок пожарно-спасательного транспортного средства, профессионально-техническое обучение.

**PhD (ped.) V. Pokaliuk**

*Cherkasy Institute of Fire Safety named after Chornobyl Heroes of National University of Civil Defence in Ukraine*

### **PREPARATION OF QUALIFIED STAFF FOR OPERATIONAL AND RESCUE SERVICE OF CIVIL PROTECTION OF UKRAINE**

The article provides statistical data on the number of fires and the number of emergencies that arose in Ukraine during 2018. The structure of the professional training of personnel of the units of the Operational Rescue Civil Protection Service of Ukraine is disclosed. It was noted that the professional training of the personnel of the units of the Operational Rescue Service of Civil Protection

includes primary vocational training, the training of specialists with higher education, the training of scientific and scientific-pedagogical personnel of higher qualification. The content of the primary vocational training of personnel and vocational training is described. It is noted that the vocational educational institutions of the system of the State Emergency Service of Ukraine include training centers and the Higher Professional School of the Lviv State University of Life Safety (Vinnitsa), their characteristics are given. The necessity of improving the quality of professional training of personnel of the units of the Operational Rescue Civil Protection Service is substantiated to ensure the fulfillment of new tasks.

*Key words.* Vocational training, training center, firefighter-rescuer, rescuer, radiotelephone operator, driver of pumping units of a fire-rescue vehicle, vocational training.

### **Введение**

По данным Государственной службы Украины по чрезвычайным ситуациям, в течение 2018 года в стране возникло 78 608 пожаров. Количество людей, погибших в результате пожаров, составило 1956 человек, травмированных – 1515 человек.

Материальные потери от пожаров составили 8 млрд 279 млн 120 тыс. грн (из них прямые материальные убытки составляют 2 млрд 198 млн 358 тыс. грн, а побочные – 6 млрд 80 млн 761 тыс. грн). В среднем ежедневно возникало 215 пожаров, в результате которых погибало 5 и получали травмы 4 человека, огнем уничтожалось или повреждалось 70 зданий и 13 единиц техники, ежедневные материальные потери от пожаров составили 22,7 млн грн. [1].

В 2018 году на территории Украины возникло 128 чрезвычайных ситуаций: техногенного характера – 48, природного – 77, социального – 3. По масштабам количество чрезвычайных ситуаций составило: государственного уровня – 2, регионального – 6, местного – 64, объектового – 56. В результате погибло 168 человек (из них 40 детей) и пострадало 839 человек (из них 401 ребенок) [1].

Реформирование Оперативно-спасательной службы гражданской защиты Украины, рост объема профессиональных задач, оснащение аварийно-спасательных и пожарно-спасательных подразделений новой техникой, оборудованием, внедрение новых технологий проведения аварийно-спасательных, пожарно-спасательных и других неотложных работ привело к необходимости повышения уровня профессиональной подготовленности квалифицированных рабочих структурных подразделений Оперативно-спасательной службы гражданской защиты Украины – специалистов, которые принимают непосредственное участие в осуществлении оперативных действий.

### **Основная часть**

Исследования в области подготовки специалистов к действиям в экстремальных условиях остаются актуальными из-за сложности поиска закономерностей в этих ситуациях, а также учитывая трудности систематизации действий в условиях неопределенности, непредсказуемости, неожиданности и скоротечности.

Профессиональная подготовка личного состава подразделений Оперативно-спасательной службы гражданской защиты Украины – это организованный и целенаправленный процесс овладения знаниями, умениями и навыками, необходимыми для выполнения профессионально-служебных задач [3].

Профессиональная подготовка личного состава подразделений Оперативно-спасательной службы гражданской защиты Украины включает в себя первичную профессиональную подготовку, подготовку специалистов с высшим образованием, научных и научно-педагогических кадров высшей квалификации [3].

Первичная профессиональная подготовка – это получение профессионального (профессионально-технического) образования лицами, которые ранее не имели рабочей профессии, или специальности другого образовательно-квалификационного уровня, обеспечивающего соответствующий уровень профессиональной квалификации, необходимый для продуктивной профессиональной деятельности [2].

Профессиональное (профессионально-техническое) обучение – составляющая профессионального (профессионально-технического) образования. Профессиональное (профессионально-техническое) обучение предусматривает формирование и развитие профессиональных компетенций, необходимых для профессиональной деятельности по определенной профессии в соответствующей отрасли, обеспечения конкурентоспособности на рынке труда и мобильности, перспектив карьерного роста в течение жизни [2].

Профессиональное (профессионально-техническое) образование приобретается в учреждениях профессионального (профессионально-технического) образования [2].

Профессионально-техническое учебное заведение – это учебное заведение, обеспечивающее реализацию потребностей граждан в профессионально-техническом образовании, владении рабочими профессиями, специальностями, квалификации в соответствии с их интересами, способностями, состоянием здоровья [8].

Подготовка, переподготовка и повышение квалификации рабочих кадров сферы гражданской защиты осуществляется в профессионально-технических учебных заведениях системы Государственной службы Украины по чрезвычайным ситуациям.

К профессионально-техническим учебным заведениям системы Государственной службы Украины по чрезвычайным ситуациям относятся: учебные пункты, учебные центры и Высшее профессиональное училище Львовского государственного университета безопасности жизнедеятельности (г. Винница).

Учебные пункты созданы как структурные подразделения аварийно-спасательных отрядов специального назначения Главных управлений (Управлений) Государственной службы Украины по чрезвычайным ситуациям в областях [5].

Учебный пункт относится к учебным заведениям первого аттестационного уровня и обеспечивает первую ступень профессионально-технического образования по формированию соответствующего уровня квалификации профессий.

Учебный пункт в соответствии с требованиями законодательства осуществляет профессионально-техническое обучение, переподготовку и повышение квалификации рабочих кадров для органов и подразделений гражданской защиты, а также лиц других предприятий, учреждений и организаций на договорной основе, проводит на контрактной основе в установленном законодательством порядке обучение должностных лиц и работников по вопросам пожарной безопасности на предприятиях, в учреждениях и организациях, осуществляет другую деятельность согласно действующему законодательству.

Учебные пункты осуществляют профессионально-техническое обучение, переподготовку и повышение квалификации по рабочим профессиям: 5161 «Пожарный-спасатель», 5169 «Спасатель», 8333 «Машинист насосных установок пожарно-спасательного транспортного средства», 4223 «Радиотелефонист».

Учебные центры, которые осуществляют профессиональную подготовку квалифицированных рабочих для Оперативно-спасательной службы гражданской защиты Украины:

Учебный центр Главного управления Государственной службы Украины по чрезвычайным ситуациям в г. Киеве. Учебный центр осуществляет профессионально-техническое обучение, переподготовку и повышение квалификации по рабочим профессиям: 5161 «Пожарный-спасатель», 5169 «Спасатель», 8333 «Машинист насосных установок пожарно-спасательного транспортного средства», 4223 «Радиотелефонист», 5169 «Командир отделения оперативно спасательной службы гражданской защиты», 8333 «Машинист автоподъемника (автолестницы) пожарного передвижного».

Учебный центр Оперативно-спасательной службы гражданской защиты Государственной службы Украины по чрезвычайным ситуациям

осуществляет профессионально-техническое обучение, переподготовку и повышение квалификации по рабочим профессиям: 5161 «Пожарный-спасатель», 5169 «Спасатель», 8333 «Машинист насосных установок пожарно-спасательного транспортного средства», 4223 «Радиотелефонист», 5169 «Командир отделения оперативно-спасательной службы гражданской защиты», 8333 «Машинист автоподъемника (автолестницы) пожарного передвижного», 5169 «Сапер (разминирование)»; 7243 «Дозиметрист»; 8154 «Дезактиваторщик»; 9142 «Дезинфектор»; 8340 «Матрос-спасатель»; 7111 «Респираторщик»; 8332 «Машинист дорожно-транспортных машин»; 8111 «Машинист экскаватора»; 8332 «Машинист крана автомобильного»; 8332 «Машинист землеройно-фрезерной самоходной машины»; 8161 «Машинист электростанции передвижной»; 7129 «Верхолаз»; 8163 «Машинист компрессорных установок»; 8155 «Оператор заправочных станций»; 7215 «Стропальщик».

Межрегиональный центр быстрого реагирования Оперативно-спасательной службы гражданской защиты Государственной службы Украины по чрезвычайным ситуациям (г. Ромны, Сумская область) является аварийно-спасательным подразделением центрального подчинения со статусом государственной аварийно-спасательной службы, входит в состав Оперативно-спасательной службы гражданской защиты Государственной службы Украины по чрезвычайным ситуациям. Осуществляет профессионально-техническое обучение, переподготовку и повышение квалификации по рабочей профессии 5169 «Спасатель-кинолог».

Высшее профессиональное училище Львовского государственного университета безопасности жизнедеятельности (г. Винница) является государственным профессионально-техническим учебным заведением третьего аттестационного уровня, осуществляет подготовку, переподготовку, повышение квалификации работников высокого уровня квалификации технологически сложных профессий, младших специалистов в области гражданской защиты, другие виды обучения согласно полученным лицензиям.

Выпускникам училища в соответствии с их образовательно-квалификационным уровнем присваивается квалификация «квалифицированный рабочий» по приобретенной профессии соответствующего разряда (категории, класса).

Высшее профессиональное училище осуществляет первичную профессиональную подготовку по рабочим профессиям 5161 «Пожарный-спасатель», 4223 «Радиотелефонист», 7243 «Дозиметрист»; профессионально-техническое обучение, переподготовку и повышение квалификации по рабочим профессиям 5161 «Пожарный-спасатель», 5169 «Командир отделения оперативно-спасательной службы гражданской



защиты», 4223 «Радиотелефонист», 8333 «Машинист автоподъемника (автолестницы) пожарного передвижного», 8333 «Машинист насосных установок пожарно-спасательного транспортного средства», 9322 «Ремонтировщик респираторов и противогазов».

Государственный военизированный горноспасательный (аварийно-спасательный) отряд Государственной службы Украины по чрезвычайным ситуациям является государственной специализированной военизированной аварийно-спасательной службой, созданной на профессиональной основе в сфере предотвращения и реагирования на чрезвычайные ситуации техногенного и природного характера государственного, регионального, местного и объектового уровней.

Государственный военизированный горноспасательный (аварийно-спасательный) отряд (учебный взвод) осуществляет профессионально-техническое обучение, переподготовку и повышение квалификации по рабочим профессиям 8163 «Наполнитель баллонов», 7111 «Респираторщик», 7129 «Верхолаз», 7233 «Слесарь-ремонтник», 7111 «Горняк по ремонту горных выработок», 8163 «Инженер по зарядке огнетушителей», 7244 «Электромонтер охранно-пожарной сигнализации», 5169 «Спасатель», 8290 «Газоспасатель», 7215 «Стропальщик», 7111 «Наборщик проб в шахте».

### **Заключение**

С учетом анализа документальных и литературных источников нами выявлено противоречие между повышенным уровнем требований к подготовленности спасателей в современных условиях и традиционной системой их профессиональной подготовки, что не учитывает изменений относительно расширения и усложнения профессиональных задач; возрастающими потребностями структурных подразделений Оперативно-спасательной службы гражданской защиты Украины в квалифицированных рабочих с высоким уровнем профессиональной подготовленности. Устранение данного противоречия возможно при условии концептуального обоснования и разработки системы подготовки кадров для подразделений Оперативно-спасательной службы гражданской защиты Украины к эффективной деятельности в новых сложных условиях оперативной обстановки чрезвычайных ситуаций.

### **Литература**

1. Аналитический обзор состояния техногенной и природной безопасности в Украине / Украинский научно-исследовательский институт гражданской защиты // [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://undicz.dsns.gov.ua/ua/Analitichniy-oglyad-stanu-tehnogennoyi-ta-prirodnoyi-bezpeki-v-Ukrayini.html>

2. Закон України «Про професійну (професійно-технічну) освіту» // Відомості Верховної Ради України (ВВР), 1998, № 32, ст. 215. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/103/98-%D0%B2%D1%80>

3. Наказ МНС України від 01.07.2009 № 444 «Про затвердження Настанови з організації професійної підготовки та післядипломної освіти осіб рядового і начальницького складу органів і підрозділів цивільного захисту».

4. Наказ МВС України від 03.07.2014 № 631 «Про затвердження Положення про Оперативно-рятувальну службу цивільного захисту Державної служби України з надзвичайних ситуацій».

5. Наказ ДСНС України від 15.06.2015 № 313 «Про здійснення організаційно-штатних заходів в організаційних структурах ДСНС України».

6. Наказ МВС України від 26.04.2018 № 340 «Про затвердження Статуту дій у надзвичайних ситуаціях органів управління та підрозділів Оперативно-рятувальної служби цивільного захисту та Статуту дій органів управління та підрозділів Оперативно-рятувальної служби цивільного захисту під час гасіння пожеж».

7. Покалюк, В.Н. Педагогические основы адаптации к условиям профессиональной деятельности будущих специалистов пожарно-спасательной службы в профильном вузе: автореф. дис. канд. пед. наук: 13.00.04. Черкаassy, 2010. 20 с.

8. Постанова Кабінету Міністрів України від 05.08.1998 № 1240 «Про затвердження Положення про професійно-технічний навчальний заклад». – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1240-98-%D0%BF>



**УДК 614.844.5:614.844.2**

**Лихоманов А.О.,**

**канд. физ.-мат. наук, доц. Камлюк А.Н.,**

**канд. техн. наук Грачулин А.В.**

*Государственное учреждение образования «Университет гражданской защиты Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь», г. Минск*

## **ЭВОЛЮЦИЯ ПЕННЫХ ПОЖАРНЫХ ОРОСИТЕЛЕЙ**

Рассмотрены этапы эволюции оросителей для автоматических установок пожаротушения. Показаны конструкции оросителей наиболее широко известных компаний-производителей, проанализированы их отличительные особенности.

Указаны геометрические параметры дужек и розетки оросителя, оказывающие основное влияние на процесс дезинтеграции потока жидкости. Сопоставлены подходы к моделированию процесса дезинтеграции и разбрызгивания жидкости в пожарных оросителях, в том числе с использованием методов вычислительной гидродинамики (CFD-модели). Показана несостоятельность имеющихся в настоящее время математических и компьютерных моделей описания данного процесса для воды и отсутствие таких моделей для воздушно-механической пены.

Приведены краткие результаты исследований влияния геометрии пожарных оросителей на кратность генерируемой пены, а также результаты оптимизации их конструкции для получения пены наибольшей кратности (от 11,2 до 13,6).

*Ключевые слова:* автоматическая установка пожаротушения, ороситель, пена, кратность пены, оптимизация конструкции.

**A.O. Likhomanov**

**Ph.D. (phys.-math.) A.N. Kamlyuk**

**Ph.D. (tech.) A.V. Grachulin**

*State educational institution «University of Civil Protection of the Ministry for Emergency Situations of the Republic of Belarus», Minsk*

## **THE EVOLUTION OF FOAM FIRE SPRINKLERS**

The stages of evolution of sprinklers for automatic extinguishing systems are considered. Designs of sprinklers of the most widely known manufacturing companies are shown, their distinctive features are analyzed.

The geometrical parameters of the sprinkler frame arms and deflector, which have the main effect on the process of disintegration of the fluid flow, are shown. The approaches to modeling the process of liquid disintegration and spraying in fire sprinklers including methods using computational fluid dynamics (CFD-

models) are compared. The inconsistency of the currently available mathematical and computer models for describing this process for water and the absence of such models for air-mechanical foam are shown.

Brief results of studies of the influence of the geometry of fire sprinklers on the expansion rate of the generated foam are given, as well as the results of optimizing their design to produce the foam with the highest expansion rate (from 11.2 to 13.6).

*Key words:* automatic extinguishing system, sprinkler, foam, foam expansion rate, design optimization

В начале 1900-х годов с развитием индустрии пожарного оборудования конструкция оросителей для пенных и водяных автоматических установок пожаротушения постоянно совершенствовалась. Была проведена масса огневых испытаний в реальных условиях, в результате чего установлены критерии, которые и по сегодняшний день остаются неизменными и учитываются при производстве пожарных оросителей. Так, установлен минимальный номинальный диаметр отверстия оросителя, равный  $\frac{1}{2}$  дюйма (13–15 мм), а также минимальное давление жидкости перед оросителем для его успешной работы – 0,05 МПа. При этом определена стандартная формула для расчета расхода жидкости через ороситель:  $Q = K_p \sqrt{P}$ . Коэффициент расхода  $K_p$  определяется производителем путем проведения серий опытов и указывается в технической документации на ороситель. Давление перед оросителем  $P$  следует подставлять с учетом единиц измерения, в которых берется коэффициент расхода  $K_p$ . Например, если в паспорте на ороситель указан коэффициент  $K_p = 80,6 \text{ л/(м} \cdot \text{бар}^{1/2})$ , то давление  $P$  берется в барах, а расход через ороситель  $Q$  будет иметь размерность литры в минуту. Сегодня производятся оросители и с большими номинальными диаметрами отверстия оросителя с целью увеличения количества жидкости, разбрызгиваемой за единицу времени.

Если с отверстием оросителя все достаточно понятно, путем изменения его диаметра можно уменьшать либо увеличивать расход жидкости, то совсем не так однозначно обстоят дела с остальными элементами оросителя – дужками и розеткой. До 1953 года оросители изготавливались с достаточно небольшими по размеру розетками и схожим внешним видом (рис. 1). При такой геометрии элементов около 40 % от общего потока жидкости было направлено вверх, а остальная часть разбрызгивалась в стороны и вниз под ороситель.

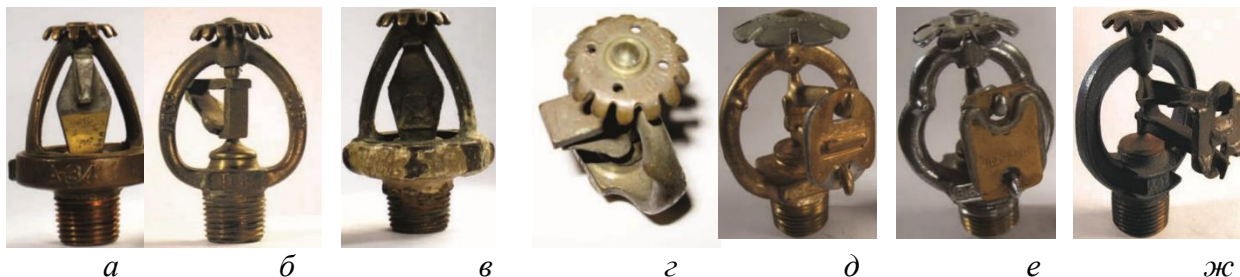


Рисунок 1 – Внешний вид оросителей, произведенных до 1953 года: *а* – 1907 г.; *б* – 1912 г.; *в* – 1915 г.; *г* – 1925 г.; *д* – 1944 г.; *е* – 1946 г.; *жс* – 1947 г.

С 1953 года производители перестали массово использовать такого рода розетки, а оросители со «старым» исполнением основных элементов в дальнейшем практически не применялись для противопожарной защиты объектов. В практику вошли оросители с большим диаметром розетки и измененной формой дужек, геометрия которых позволяла создавать более равномерный факел разбрызгивания жидкости. Такие оросители называли «стандартными» (рис. 2).

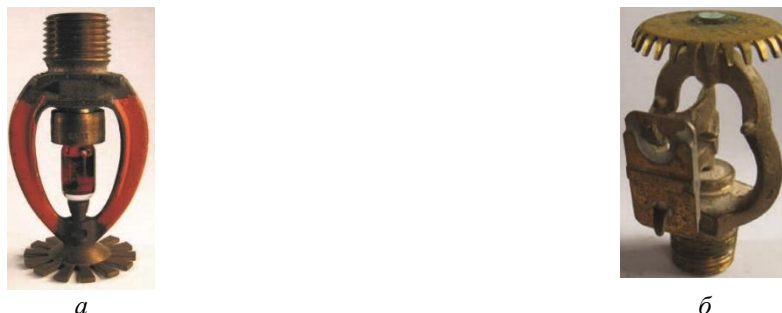









Рисунок 2 – Внешний вид оросителей, произведенных после 1953 года: *а* – 1971 г., устанавливается розеткой вниз; *б* – 1976 г., устанавливается розеткой вверх







Однако начиная с 1980-х годов начали разрабатываться оросители, форма и размеры которых разительно отличались друг от друга. На сегодняшний день различие в размерах элементов оросителя двух разных марок могут достигать более 50 %. Это связано в первую очередь с тем, что производители пожарного оборудования постоянно расширяли ассортимент продукции: разрабатывались специальные оросители с усовершенствованным факелом распыла, которые позволяли успешно ликвидировать пожары определенного типа (устанавливаемые розеткой вниз либо вверх; универсальные, которые могут устанавливаться как розеткой вниз, так и вверх; для тушения пожаров на складах различного назначения; с «плоским» факелом разбрызгивания для защиты пространства под фальшполами, над натяжными потолками и т.п.; с увеличенной защищаемой площадью;

со специальным назначением, например, для тушения пожаров в скрытых пространствах, градирнях, высотных зданиях и др.). Тем не менее даже оросители из одного сегмента назначения, но от разных производителей имеют явные отличия как по форме, так и по размерам их элементов.

В таблице представлены оросители девяти наиболее известных производителей пожарного оборудования с коэффициентом производительности  $K_p$  в диапазоне от 61 до 88 л/(м·бар<sup>1/2</sup>). Такой диапазон выбран по той причине, что оросители с данными значениями коэффициента  $K_p$  наиболее распространены и имеют наибольший спектр областей применения. Как отмечалось ранее, по  $K_p$  можно косвенно оценивать расход жидкости через тот или иной ороситель. При этом чем больше различается расход у сравниваемых оросителей, тем значительнее могут быть отличия в их конструкции и размере основных элементов (розетка и дужки).

Таблица – Внешний вид оросителей, представленных на рынке наиболее известными производителями пожарного оборудования

Универсальные, устанавливаемые как розеткой вниз, так и вверх (Conventional (Pendent/Upright) sprinklers)				
Eurosprinkler (Швейцария)	Globe Sprinkler (США)	Minimax (Германия)	Reliable (США)	Tyco (США)
		Не производится		
Victaulic (США)	Viking (США)	АкваВива (Беларусь)	Спецавтоматика (Россия)	
		Не производится		
Оросители, устанавливаемые розеткой вниз (Pendent sprinklers)				
Eurosprinkler (Швейцария)	Globe Sprinkler (США)	Minimax (Германия)	Reliable (США)	Tyco (США)

				
Victaulic (США)	Viking (США)	АкваВива (Беларусь)	Спецавтоматика (Россия)	
				
Оросители с повышенной защищаемой площадью (Extended coverage sprinklers)				
Eurosprinkler (Швейцария)	Globe Sprinkler (США)	Minimax (Германия)	Reliable (США)	Tyco (США)
Не производится				
Victaulic (США)	Viking (США)	АкваВива (Беларусь)	Спецавтоматика (Россия)	
Не производится		Не производится	Не производится	

Как следует из таблицы, оросители разных производителей отличаются друг от друга по некоторым геометрическим параметрам. Данные параметры более наглядно изображены и отмечены на рисунке 3. Такие различия



в конструкции оросителей однозначно влияют на процесс разбиения струи жидкости о дужки и розетку оросителя. Этот факт уже известен благодаря ряду исследований по определению основных принципов дезинтеграции потока воды в оросителях [1–6].

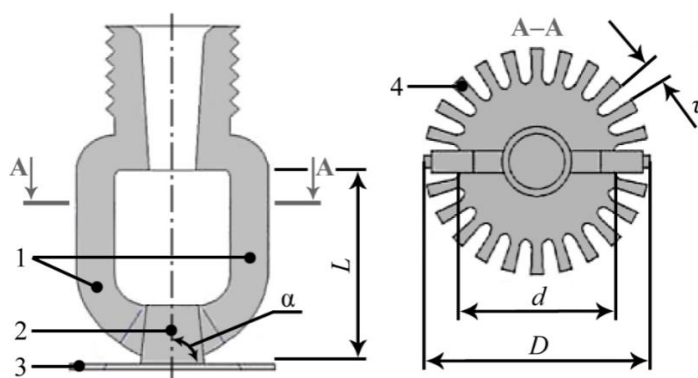


Рисунок 3 – Элементы оросителя и их геометрические параметры:

1 – дужки; 2 – винт; 3 – розетка; 4 – лопасть;

$L$  – длина дужек;  $\alpha$  – угол конусности розетки;  $\tau$  – угловой шаг лопастей;

$d$  – внутренний диаметр розетки;  $D$  – внешний диаметр розетки

Эффективность работы оросителя во многом зависит от интенсивности дезинтеграции потока жидкости в нем и равномерности разбрызгивания огнетушащего вещества на горящую поверхность.

Процесс дезинтеграции жидкости в оросителе на данный момент принято разделять на следующие этапы [7] (рис. 4):

1) «формирование слоев жидкости» – при срабатывании поток жидкости проходит через выходное отверстие, ударяется о дужки, винт и розетку оросителя, образуя ряд каскадных тонких слоев жидкости;

2) «дробление слоев жидкости» – под действием аэродинамических сил и силы поверхностного натяжения жидкости слои дробятся на мелкие фрагменты – струи и капли;

3) «движение фрагментов» – дальнейшее движение мелких струй и капель и формирование факела распыла. Сформированные на последнем этапе капли попадают в зону пожара, взаимодействуя с продуктами горения, тепловым потоком, пламенем, после чего, наконец, осаждаются на горячей поверхности.

Сегодня для прогнозирования процессов, протекающих при таком взаимодействии, исследователи применяют высокоточные модели пожара с использованием методов вычислительной гидродинамики (CFD-модели).

Следует отметить, что в результате дезинтеграции потока жидкости в оросителе образуется достаточно неравномерный по своей структуре факел распыла, что было неоднократно подчеркнуто в ряде исследований [2, 8–10].



Факел распыла, формируемый оросителем, и его взаимодействие с окружающей средой в существующих моделях чаще всего представляется в виде совокупности частиц, движение которых определяется при помощи так называемого подхода Лагранжа-Эйлера. Подход заключается в том, что для описания движения частиц продуктов горения, теплового потока и пламени применяется метод Эйлера, а частицы (капли) в факеле распыла оросителя моделируются путем их отслеживания методом Лагранжа (Lagrangian particle tracking) [11]. В моделях, использующих данный подход, частицы жидкости вводятся в заданную область моделирования, после чего параметры их движения определяются путем решения уравнений Лагранжа, а параметры частиц окружающей среды определяются с использованием ряда подмоделей (например, модель теплопередачи, модель испарения капель жидкости и др.).

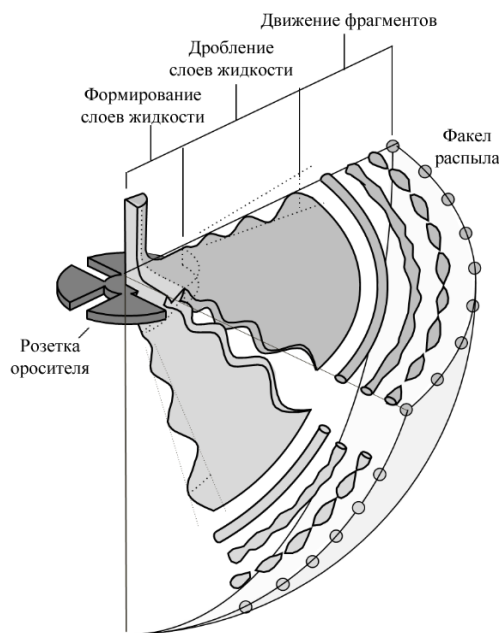


Рисунок 4 – Схема трехэтапного процесса дробления жидкости на капли в оросителе [7]

Отслеживание частиц методом Лагранжа для описания полета капель от оросителя до горячей поверхности был не раз применен для моделирования факела распыла оросителя, например, в работах [12–14]. В данных исследованиях частицы с заданным значением диаметра вводились в область моделирования по ограниченному числу траекторий (точек инъекции). Однако, как показала практика, относительно малое количество точек инъекции частиц значительно снижает точность описания факела распыла оросителя. Связано это с тем, что прогнозирование процесса разбрызгивания

жидкости с использованием методов вычислительной гидродинамики в высокой мере зависит от исходных данных модели [15, 16].

При ограничении количества точек инъекции и размеров капель в процессе моделирования разбрызгивания жидкости оросителем возникает большое количество неопределенностей и неточностей [11]. Кроме того, снижение разрешения CFD-модели посредством ввода различного рода упрощений приводит к неточностям в описании параметров газовой фазы (продуктов горения, теплового потока, пламени), которые изменяют траектории движения частиц в факеле распыла оросителя [17]. На данный момент взаимодействие разбрызгиваемых оросителем частиц жидкости с газовой фазой не изучен должным образом, что не позволяет моделировать факел распыла оросителя с необходимой точностью.

В работе [18] авторы отметили, что точность моделей разбрызгивания жидкости в оросителе значительно повышается при вводе в область моделирования частиц различных размеров через точки инъекции, выбираемые случайным образом. Такой подход был применен исследователями в работе [19]. Ими был предложен метод описания формирования факела распыла возле оросителя (так называемый, начальный факел распыла) с использованием функции распределения капель жидкости. Данная функция описывает случайные пространственные параметры факела распыла оросителя и связывает их с экспериментально полученными исходными данными (расход жидкости, радиус дробления, размер капель и скорость движения). В таком случае частицы могут быть введены в область моделирования через случайные точки инъекции и со случайными размерами при определенном расходе жидкости, достаточно точно описывая поведение реального факела распыла в области, близкой к оросителю. Затем параметры начального факела распыла могут быть применены для расчета следующих стадий, т.е. процессов взаимодействия с продуктами горения, тепловым потоком, пламенем и горячей поверхностью.

Последние исследования в данной области направлены на разработку более совершенных алгоритмов описания начального факела распыла. Так, в работе [3] предложен алгоритм, основанный на ранее разработанном в исследовании [19] методе статистической обработки. Согласно данному алгоритму начальный факел распыла описывается изменяющимися в пространстве расходом жидкости, средним и стандартным отклонением радиуса дробления, средним диаметром капель, диапазоном изменения диаметра капель и начальной скоростью капель. Частицы вводятся через случайные точки инъекции с определенной скоростью.

Сравнение результатов экспериментов и прогнозов модели, работающей по данному алгоритму, показали хорошую сходимость результатов (разница не более 10 %). Определяемым параметром в данных исследованиях являлся

расход жидкости в различные моменты времени на участке полета капель от оросителя до защищаемой поверхности. Тем не менее следует отметить, что эксперименты и расчеты проводились в нормальных условиях без огневого воздействия. По этой причине авторы заключили, что необходимо провести ряд дополнительных исследований, направленных на моделирование не только факела распыла оросителя, но и взаимодействия капель с газовой фазой. Только совместное применение данных моделей позволит точно воспроизводить процесс тушения пожара оросителями с использованием методов вычислительной гидродинамики.

Сложившаяся теория и имеющиеся практические данные в области моделирования процесса дезинтеграции потока жидкости в оросителе свидетельствуют о том, что за последние несколько лет исследователи значительно продвинулись в изучении данного вопроса. При этом моделей, учитывающих все факторы и позволяющих точно воспроизводить тушение пожаров различных классов с использованием оросителей, на данный момент не получено. Более того, попытки создать такие модели предпринимаются только для воды в качестве огнетушащего вещества. В случае применения воздушно-механической пены ситуация значительно усложняется из-за протекания физико-химических, физико-механических и других процессов, сопровождающих ее образование.

Отметим, что в технической и эксплуатационной документации большинство производителей указывает, что оросители могут применяться как для разбрызгивания воды, так и для генерирования воздушно-механической пены. На данный момент имеются результаты исследований, проведенных исключительно с использованием воды. Однако при использовании водных растворов пенообразователей для генерирования пены возможно иное протекание процесса дробления жидкости на дужках и розетке оросителя, например, по причине снижения поверхностного натяжения воды за счет наличия в ней поверхностно-активных веществ.

С целью исследования влияния геометрических параметров оросителей (рис. 3) на характеристики генерируемой пены проведен ряд экспериментальных исследований по нахождению зависимостей для описания данного влияния [20–22]. На основе полученных экспериментальных зависимостей разработана экспериментально-статистическая математическая модель, позволяющая прогнозировать значения кратности пены (отношение объема пены к объему раствора, из которого она сгенерирована) в зависимости от геометрических параметров оросителя (рис. 3) [22–24]. Кроме того, при помощи данной модели проведена оптимизация геометрии оросителя для получения пены наибольшей кратности [22, 23]. Оптимизированная конструкция оросителя подтверждена результатами лабораторных и комплексных испытаний

в аккредитованной лаборатории испытательного центра Научно-исследовательского института пожарной безопасности и проблем чрезвычайных ситуаций Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь [24]. При этом в рамках испытаний были получены значения кратности от 11,2 до 13,6, что более чем на 60 % превышает значения кратности для имеющихся на данный момент на рынке оросителей (от 5 до 7).

Работа выполнена при финансовой поддержке Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований (грант № Т19М-090).

### Литература

1. Ren, N. Atomization and dispersion measurements in fire sprinkler sprays / N. Ren, A. Blum, C. Do, Andre W. Marshall // Atomization and Sprays. – 2009. – Vol. 19, № 12. – P. 1125–1136.
2. Ren, N. A comprehensive methodology for characterizing sprinkler sprays / N. Ren, A. Blum, Andre W. Marshall // Proceedings of the Combustion Institute. – 2010. – Vol. 33, № 2. – P. 2547–2554.
3. Myers, T. Predicting sprinkler spray dispersion in FireFOAM / T. Myers, A. Trouvé, Andre W. Marshall // Fire Safety Journal. – 2018. – Vol. 100. – P. 93–102.
4. Wu, D. A modeling basis for predicting the initial sprinkler spray / D. Wu, D. Guillemin, Andre W. Marshall // Fire Safety Journal. – 2007. – Vol. 42, № 4. – P. 283–294.
5. Myers, T. A Free-Surface Model of a Jet Impinging On a Sprinkler Head / T. Myers, Andre W. Marshall, H.R. Baum // Fire Safety Science. – 2014. – Vol. 11. – P. 1184–1195.
6. Villiermaux, E. Life of a flapping liquid sheet / E. Villiermaux, C. Clanet // Journal of Fluid Mechanics. – 2002. – Vol. 462. – P. 341–363.
7. Marshall, A.W. Unraveling fire suppression sprays / A.W. Marshall // Fire Safety Science, Proceedings of the Tenth International Symposium. – 2011. – P. 61–75.
8. Widmann, J.F. Phase Doppler interferometry measurements in water sprays produced by residential fire sprinklers / J.F. Widmann // Fire Safety Journal. – 2001. – Vol. 36. – P. 545–567.
9. Sheppard, D. Characterization of fire sprinkler sprays using particle image velocimetry / D. Sheppard, R. Lueptow // Atomization Sprays. – 2005. – Vol. 15 (3). – P. 341–362.
10. Jordan, S.J. Spatially-resolved spray measurements and their implications / S.J. Jordan, N.L. Ryder, J. Repcik, A.W. Marshall // Fire Safety Journal. – 2017. – Vol. 91. – P. 723–729.

11. Subramaniam, S. Lagrangian Eulerian methods for multiphase flows / S.Subramaniam // Progress in Energy and Combustion Science. – 2012. – Vol. 39 (2–3). – P. 215–245.
12. Alpert, R.L. Numerical modeling of the interaction between automatic sprinkler sprays and fire plumes / R.L. Alpert // Fire Safety Journal. 1985. – Vol. 9 (2). – P. 157–163. [https://doi.org/10.1016/0379-7112\(85\)90003-7](https://doi.org/10.1016/0379-7112(85)90003-7)
13. Nam, S. Numerical simulation of the penetration capability of sprinkler sprays / S. Nam // Fire Safety Journal. – 1999. – Vol. 32 (4). – P. 307–329.
14. Wang, Y., Meredith, K., Zhou, X., Chatterjee, P., Xin, Y., Chaos, M., Ren, N., Dorofeev, S. Numerical simulation of sprinkler suppression of rack storage fires. Fire Safety Science, Proceedings of the Eleventh International Symposium, pp. 1170–1183, 2014.
15. McGrattan, K., Hostikka, S., McDermott, R., Floyd, J., Vanella, M. Fire dynamics simulator. User's guide. NIST Special Publication 1019 Sixth Edition, 2013. <https://dx.doi.org/10.6028/NIST.SP.1019>
16. Beji, T., Zadeh, S. E., Maragkos, G., Merci, B. Influence of the particle injection rate, droplet size distribution and volume flux angular distribution on the results and computational time of water spray CFD simulations. Fire Safety Journal, Vol. 91, pp. 586–595, 2017.
17. Boivin, M. On the prediction of gas-solid flows with two-way coupling using large eddy simulation / M. Boivin, O. Simonin, K.D. Squires // Physics of Fluids. – 2000. – Vol. 12 (8). – P. 2080–2090.
18. Almeida, T.G. Large-eddy simulation of a dispersed particle-laden turbulent round jet / T.G. Almeida, F.A. Jaber // International Journal of Heat and Mass Transfer. – 2008. – Vol. 51 (3–4). – P. 683–695.
19. Myers, T. M. A description of the initial fire sprinkler spray / T.M. Myers, A.W. Marshall // Fire Safety Journal. – 2016. – Vol. 84. – P. 1–7.
20. Камлюк, А.Н. Инновационные подходы при оптимизации конструкции пенных пожарных оросителей с помощью аддитивных технологий / А.Н. Камлюк, А.О. Лихоманов // Новости науки и технологий. – 2018. – № 3. – С. 53–59.
21. Камлюк, А. Н. Экспериментальное определение рациональных геометрических параметров держателя и разбрызгивателя оросителя по кратности и устойчивости пены / А.Н. Камлюк, А.О. Лихоманов // Вес. Нац. акад. навук Беларусі. Сер. фіз.-тэхн. навук. – 2019. – Т. 64, № 1. – С. 60–68.
22. Kamluk, A. N. Increasing Foam Expansion Rate By Means of Changing The Sprinkler Geometry / A. N. Kamluk, A. O. Likhomanov // Fire Safety Journal. – 2019. – Vol. 109. <https://doi.org/10.1016/j.firesaf.2019.102862>
23. Лихоманов, А.О. Математическая модель прогнозирования кратности пены в зависимости от геометрических параметров розеточных

оросителей / А.О. Лихоманов, А.Н. Камлюк // Научные и образовательные проблемы гражданской защиты. – 2019. – Т. 41, № 2. – С. 27–38.

24. Лихоманов, А.О. Комплексные испытания оросителя, оптимизированного по кратности пены / А.О. Лихоманов // Вестник Университета гражданской защиты МЧС Беларуси. – 2019. – Т. 3, № 3. – С. 247–254.



**УДК 614.841.332:678.67**

**канд. хим. наук, доц. Рева О.В.,  
Криваль Д.В.**

*Государственное учреждение образования «Университет гражданской защиты Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь»,  
г. Минск*

### **ТЕРМОДЕСТРУКЦИЯ ФОСФАТОВ АММОНИЯ, ПРОЯВЛЯЮЩИХ ОГНЕЗАЩИТНЫЙ ЭФФЕКТ ПО ОТНОШЕНИЮ К ПОЛИАМИДУ-6**

Изучена зависимость эффективности огнезащиты полиамида-6 от химического состава неорганических замедлителей горения, а также закономерности термодеструкции различных антипиреновых композиций. Установлены состав и оптимальное количество замедлителя горения, обеспечивающие огнестойкость полученного композиционного материала на уровне ПВ-0.

*Ключевые слова:* композиционные материалы на основе полиамида-6, аммонийные фосфаты, минеральный каркас, термодеструкция, карбонизация.

**Ph.D. (chem.) O.V. Reva,  
D.V. Kryval**

*State educational institution «University of Civil Protection of the Ministry for Emergency Situations of the Republic of Belarus», Minsk*

### **THERMAL DECOMPOSITION OF AMMONIUM PHOSPHATES, EXHIBITING THE FIRE PROTECTING EFFECT TO POLYAMIDE-6**

The dependence of the effectiveness of fire protection polyamide-6 on the chemical composition of inorganic flame retardants, as well as the regularities of thermal decomposition of different flame retardant compositions, were studied. The composition and the optimum amount of the flame retardant providing fire resistance (0-level) of the obtained composite material are established.

*Key words:* polyamide-6 composites, ammonium phosphates, mineral skeleton, thermal decomposition, carbonization.

#### **Введение**

Полиамид-6 является распространенным конструкционным материалом, поскольку обладает высокой прочностью и упругостью, хорошими электроизоляционными свойствами и термостойкостью, химической стойкостью к действию щелочей, углеводов и минеральных масел. Существенным недостатком полиамидных материалов является их высокая горючесть с образованием токсичных соединений и активное растекание при горении. Для придания огнестойкости полиамидам применяются эффективные синергические системы, включающие оксид сурьмы и галогенсодержащие органические соединения [1–3]. Однако при нагревании

полиамидов, модифицированных такими замедлителями горения, выделяются высокотоксичные продукты их разложения. В качестве неорганических антипиренов для полиамидов предлагается использование красного фосфора и полифосфатов аммония [1]. К сожалению, их эффективность колеблется в очень широких пределах и трудно прогнозируема. Кроме того, существенной проблемой является совместимость полимера с неорганическими веществами.

Чаще всего огнезащищенные композиты на основе полиамидов получают методом экструзионного компаундирования в расплаве, но необходимая категория стойкости материала к горению достигается только при достаточно высоком содержании (~30 и более масс. %) модифицирующей смеси в полученном композите [4]. Помимо того, физико-механические свойства полиамидов весьма чувствительны к внесению посторонних примесей и далеко не всегда удается создать прочный и пластичный микрокомпозиционный материал. Многие свойства систем, где в полимерную матрицу вносится неорганический модификатор, очень плохо предсказуемы, несмотря на обилие накопленных экспериментальных данных и новейшие теории синтеза композиционных материалов с заданными свойствами [5, 6]. В связи с этим вопрос о методах придания огнестойкости полиамидным материалам нетоксичными антипиренами до настоящего времени остается открытым.

Целью данной работы было изучение особенностей термодеструкции аммонийных фосфатов различного химического и фазового состава, предназначенных для внесения в полиамидную матрицу, и огнестойкости модифицированного ими полиамида-6.

### **Методы исследования**

В качестве замедлителей горения для полиамида-6 нами были использованы неорганические синтетические аморфные аммонийные фосфаты двух- и трехвалентных металлов и полифосфаты различного химического и фазового состава с разными температурами плавления и разложения (таблица 1).

Композиции АН-1, АН-2 и АН-3, производимые в Республике Беларусь, представляют собой смеси плохо закристаллизованных аммонийных фосфатов различного строения и способа синтеза [7]; такие, как  $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ ,  $\text{MgHPO}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{NH}_4\text{Fe}(\text{HPO}_4)_2$ , в большинстве случаев значительная часть композиции является аморфной фазой. Такие соединения являются эффективными антипиренами и применяются в качестве огнезамедляющих добавок при производстве огнезащитных красок, лаков, пропиток, мастик, пластиков, оболочек электрических кабелей и т.д. [7]. Важным достоинством аммонийных фосфатов является их экологическая



безопасность: они не содержат галогенов и соединений тяжелых металлов. Также для модификации гранулированного полиамида использовали приобретаемые предприятиями Беларуси антипирены зарубежного производства, состав которых зашифрован (таблица 1).

Таблица 1 – Характеристики замедлителей горения, вносимых в полиамидную матрицу

№ п/п	Огнезащитная композиция	Температура начала разложения массы, °С	Температура начала экзотермического разложения, °С
1	АН-1	130	420
2	АН-2	220	440
3	АН-3	220	425
4	Exolit AP 760	210	420
5	Exflam APP 201	260	440
6	Pekoflam TC 503	190	425
7	Pekoflam TC 303	240	400
8	Pekoflam TC 203	220	440
9	PNP 1D	220	440
10	JLS APP 101	240	440

Модификация гранулированного полиамида неорганическими порошкообразными антипиреновыми композициями в количестве от 10 до 30 масс. % проводилась на стадии расплавления полимера методом вальцевания с быстрой формовкой из полученной массы пластины толщиной ~3 мм механическим прессованием на керамической гладкой поверхности. Данный метод широко применяется исследователями в лабораторных условиях [8] и обеспечивает получение гомогенизированной массы, не уступающей по техническим характеристикам композиционным материалам, получаемым в производственных условиях методом экструдирования в расплав.

Испытания полученных огнезащитных полимеров проводили по ГОСТ 28157-89 [9] на горелке Бунзена с приложением наиболее горячей части пламени к образцу. Для исследования закономерностей термолитизации антипиреновых композиций, применяемых для модификации полимерных матриц, образцы композиций антипиренов прогревались в муфельной печи в фарфоровых тиглях в течение 30 минут при температуре от 150 до 500 °С через 50 °С. В каждом случае фиксировали изменение массы, объема и структуры исследуемой композиции, поскольку весьма важными характеристиками антипиренов являются не только выделение летучих ингибиторов горения в газовую фазу, но и образование минеральных скелетов и карбонизированных структур, изолирующих твердую фазу. Гравиметрические исследования проводили на аналитических весах ВРЛ-200.

### Результаты исследования и обсуждение

В результате проведенных исследований установлено, что введение в расплав полиамида-6 от 10 до 20 масс. % любой из изученных огнезащитных композиций недостаточно для огнезащиты полиамидных материалов (пластины композитного полимера сгорают полностью после первого поджигания, а растекание их начинается еще до отнятия пламени горелки). Выяснено, что даже 30 масс. % некоторых антипиреновых композиций в полиамиде недостаточно для получения огнестойкого материала: образцы продолжают гореть после первого поджигания, происходит растяжение образца, а также каплепадение с зажиганием ваты (АН-3, Pekoflam TC 503, Pekoflam TC 203, JLS APP 101). Все остальные образцы с добавлением 30 масс. % огнезащитных композиций в матрицу (АН-1, АН-2, Exolit AP 760, Exflam APP 201, Pekoflam TC 303, PNP 1D) выдерживали по 2–3 поджигания, не поддерживали самостоятельного горения и затухали после отнятия пламени через 3–5 секунды, что соответствует наивысшей категории устойчивости к горению ПВ-0. Из двух отечественных антипиреновых композиций АН-1 и АН-2 наилучшие показатели огнестойкости полиамида достигнуты с композицией АН-1; при этом они обе не уступают зарубежным аналогам (Exolit AP 760, Exflam APP 201, Pekoflam TC 303, PNP 1D), стоимость которых на порядок выше.

Обнаружено, что ряд металлофосфатов, в том числе полимерных, с температурами начала разложения свыше 210 °С, предположительно перспективных для введения в тугоплавкие полимеры, такие как полиамид-6 (температура плавления полиамида-6 находится в интервале 210–220 °С), не демонстрируют наилучших результатов по повышению огнестойкости полиамидной матрицы, поскольку обеспечивают огнезащиту только при высоких концентрациях и не всегда блокируют растекание и деформацию композиционного материала. В то время как огнезащитные композиции АН-1 и АН-2, начало расплавления которых соответствует 110–120 °С, а начало активного выделения газов – 150 °С (рисунок 1), причем при 200 °С теряется уже до 10 масс. % азота и до 12,5 фосфора [10], оказались значительно более эффективны, несмотря на несовпадение температур плавления с полиамидом-6. Они не только обеспечивают высокую огнестойкость полимера уже при концентрации ~22–25 масс. %, но и полностью блокируют его растекание. Таким образом, можно предположить, что в процессе совместного расплавления полиамида-6 и аморфных металлофосфатов помимо механического диспергирования происходят и химические превращения с получением структурированного композиционного материала.

При исследовании потери массы замедлителями горения в процессе их термодеструкции при различных температурах было обнаружено, что потеря массы АН-2 и АН-3 в начале нагрева происходит более медленно, чем АН-1 (в интервале температур до 300 °С), рисунок 1а. Однако при дальнейшем подъеме температуры уменьшение массы композиции АН-2 интенсифицируется, и при температуре 500 °С она в среднем составляет 55,9 %, что практически не отличается от интегральной потери массы композицией АН-1 (рисунок 1). Уменьшение массы композиции АН-3 происходит менее интенсивно, при температуре 500 °С она в среднем составляет 49,3 %.

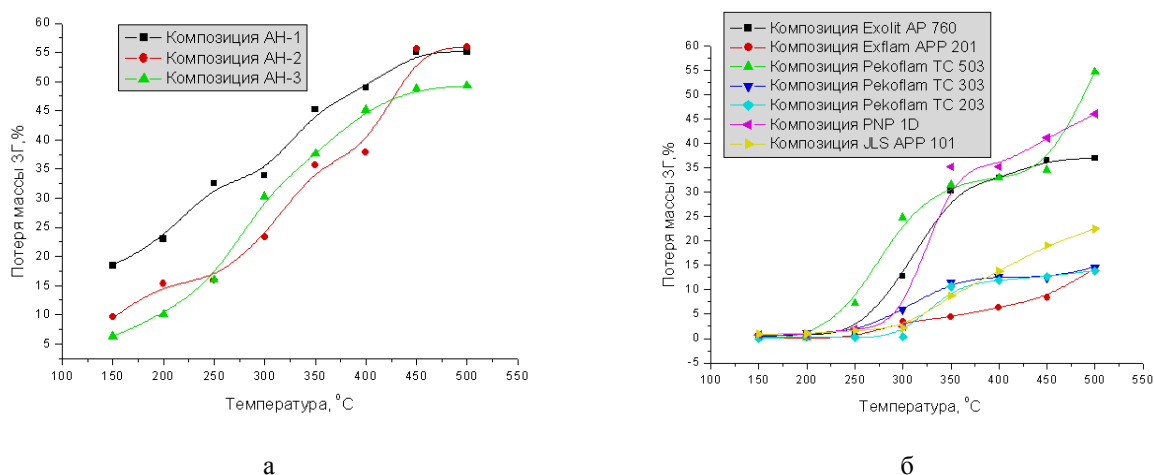


Рисунок 1 – Зависимость потери массы: а – отечественными, б – зарубежными замедлителями горения от температуры прокаливания

Для замедлителей горения АН-1 и АН-2 кривые потери массы к 500 °С практически выходят на плато, что означает завершение выделения газообразных продуктов их разложения. Для композиции АН-3 кривая потери массы выходит на плато уже при 400 °С (рисунок 1а). Таким образом, результаты гравиметрических исследований свидетельствуют, что огнезащитные композиции АН-1 и АН-2 при термодеструкции выделяют приблизительно одинаковое количество летучих компонентов, но с различной скоростью в разных интервалах температур. Композиция АН-3 выделяет значительно меньшее количество летучих соединений. Эти данные находятся в соответствии с наблюдениями за изменениями структуры и объема исследуемых композиций.

При исследовании потери массы антипиренами зарубежного производства в процессе их термодеструкции видно, что ряд этих замедлителей горения выделяют значительно меньшее количество летучих компонентов, чем композиции АН-1 и АН-2 (рисунок 1б). Кроме того,

выделение газов из всех этих замедлителей горения начинается только при 250 °С, тогда как наиболее эффективные АН-1 и АН-2 к этому моменту выделяют уже 35 % и 16 % летучих веществ соответственно.

В связи с этим было проведено детальное исследование особенностей изменения объема и структуры неорганических огнезащитных композиций при термоллизе и найдено, что исследуемые композиции по мере нагревания изменяются сильно различающимся образом. По всей вероятности и огнезащитная эффективность исследованных замедлителей горения также должна быть различной в разных интервалах температур и по отношению к полимерным матрицам различной химической природы. Так, при температуре 150 °С для композиции АН-1 происходит заметное необратимое вспучивание, объем ее увеличивается приблизительно в два раза. Образец после нагревания представляет собой хрупкую пористую массу. Объем композиции АН-2 при 150 °С практически не изменяется, но замедлитель горения затвердевает и становится неоднородным, что может быть следствием начала подплавления легкоплавких компонентов смеси и склеивания расплавом твердых частиц. При нагреве до 150 °С композиции АН-3, Exolit AP 760, Exflam APP 201, Pekoflam TC 503, Pekoflam TC 303, Pekoflam TC 203, PNP 1D, JLS APP 101 не изменяются. Все восемь композиций сохранили прежний цвет, объем, однородность, подплавление и вспучивание отсутствует.

При дальнейшем повышении температуры до 300 °С композиции Pekoflam TC 503 и Pekoflam TC 503 вспениваются с выделением значительного количества летучих компонентов (рисунок 2а, б) и существенно карбонизируются. Композиции Exflam APP 201, Pekoflam TC 203, PNP 1D, JLS APP 101 спекаются и почти не изменяются в объеме, темнеют до серого цвета и становятся упруго-эластичными. Плавление и вспучивание этих композиций не наблюдается. По мере термического разложения в интервале температур 300–500 °С плотные спеченные композиции Pekoflam TC 203, JLS APP 101, Exflam APP 201 превращаются в вязкие жидкости.



а



б



в



г

Рисунок 2 – Композиции Pekoflam TC 503 (а) и Pekoflam TC 303(б)  
после прокаливания при температуре 300 °С; АН-1 (в) и АН-2 (г)  
после прокаливания при температуре 500 °С

Композиции Exolit AP 760, Pekoflam TC 503, PNP 1D вспениваются с выделением газовой фракции только при довольно высоких температурах (400–450 °С) и формируют упругие твердые пены. Быстро вспенившиеся легкоплавкие эффективные огнезащитные составы АН-1 и АН-2 по мере дальнейшего прокаливания до 500 °С либо усыхают до карбонизированных рыхлых хлопьев, либо преобразуются в кораллоподобные минеральные каркасы (рисунок 2в, г).

Для всех других огнезащитных композиций (АН-3, Exolit AP 760, Exflam APP 201, Pekoflam TC 503, Pekoflam TC 303, Pekoflam TC 203, PNP 1D, JLS APP 101) формирование объемных минеральных каркасов не характерно. Из них композиции Exolit AP 760, Exflam APP 201, Pekoflam TC 303, PNP 1D отличаются превращением в плотные карбонизированные структуры, и именно они проявляют огнезащитную эффективность по отношению к полиамиду-6. Тогда как все прочие замедлители горения (АН-3, Pekoflam TC 503, Pekoflam TC 203, JLS APP 101), которые практически не изменяются в объеме или усыхают, не демонстрируют огнезащитной эффективности по отношению к полиамиду-6.

Исследование дифференциальных тепловых эффектов превращений, протекающих при термолизе фосфатных огнезащитных композиций, показало, что для наиболее эффективной композиции АН-1 плавление и деструкция достаточны сложны и многостадийны: преобразования начинаются уже при ~100 °С, при 200 °С наблюдается ярко выраженный эндотермический пик (рисунок 3). Сопоставление с результатами гравиметрических исследований и превращениями в процессе прокаливания позволяет предположить, что, вероятно, выделение летучих соединений азота и фосфора из разлагающейся в процессе нагревания легкоплавкой огнезащитной композиции АН-1 предотвращает деструкцию полимера, блокируя радикальные процессы в газовой фазе. Однако эта легкоплавкая композиция не подходит для применения в производственных условиях многократной переработки полимера.

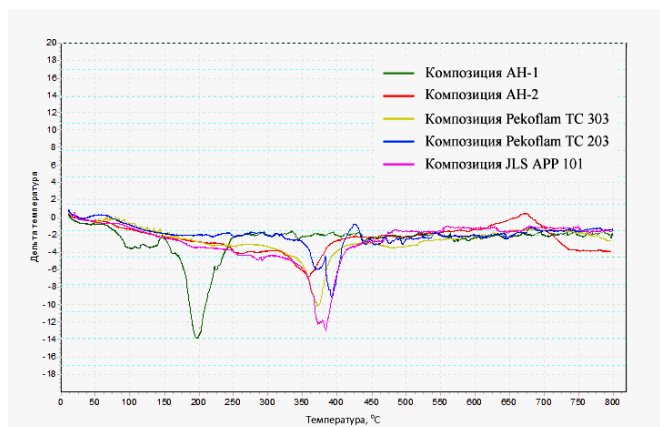


Рисунок 3 – Термограммы огнезащитных композиций

Для композиции АН-2, высокоэффективной по отношению к огнезащите полиамида-6 эндотермический пик смещен к 355 °С, и в ~2 раза меньше по теплопоглощению (рисунок 3). Дальнейшая ДТА кривая для композиции АН-2 характеризуется экзотермическим пиком при 650 °С, по всей вероятности соответствующим формированию минерального скелета и постепенной кристаллизации остаточной массы композиции. Композиция Pekoflam TC 303, также достаточно эффективная по отношению к огнезащите полиамида-6, характеризуется значительным эндотермическим пиком при 370 °С; причем, несмотря на различие температур плавления и разложения, обе композиции (АН-2 и Pekoflam TC 303) выделяют при разложении существенное количество газов и формируют вспененные твердые структуры. Огнезащитные композиции Pekoflam TC 203 и JLS APP 101, эндотермическая деструкция которых смещена к 400 °С (рисунок 3), характеризуются большим теплопоглощением, чем композиция АН-2. Однако довольно высокие температуры деструкции в сочетании с их полной карбонизацией при незначительном выделении летучих продуктов и отсутствием кристаллизации минерального скелета очевидно являются причиной их низкой огнезащитной эффективности по отношению к полиамиду. По всей видимости, активное поглощение тепла огнезащитной композицией при температуре, близкой к температуре плавления полимера, явно препятствует плавлению и разложению самого полиамида с выходом горючих продуктов его деструкции в газовую фазу. Таким образом, только термограммы огнезащитных композиций не позволяют судить об их огнезащитной эффективности по отношению к полимеру определенной химической природы, для чего требуется проведение комплексных исследований.

### **Заключение**

Установлено, что термодеструкция замедлителей горения АН-1, АН-2, Exolit AP 760, Exflam APP 201, Pekoflam TC 303, PNP 1D проходит в различных диапазонах температур, при этом для них наблюдается одновременное выделение значительного количества ингибиторов горения в газовую среду и формирование минеральных вспененных структур типа пемзы или карбонизированной упругой твердой пены. Эти композиции проявляют наивысшую эффективность по отношению к огнезащите полиамида-6 и обеспечивают для модифицированного композиционного материала устойчивость к горению категории ПВ-0. Композиции АН-3, Pekoflam TC 503, Pekoflam TC 203, JLS APP 101, преимущественно твердофазного действия, для которых характерно только формирование минеральных образований без существенного выделения газов, огнезащитной эффективностью по отношению к полиамиду-6 не обладают.

Полученные данные свидетельствуют о достаточно сложных процессах структурообразования в огнезащищенной микрокомпозиционной матрице, в том числе с формированием пространственно-сеточных структур в процессе кристаллизации расплава полиамида-6 и замедлителя горения, что приводит к образованию минеральных или твердопенных каркасов при термодеструкции композита. Таким образом, несмотря на то, что все исследованные композиции представляют собой аммонийные металлофосфаты и полифосфаты, способ их синтеза, фазовый состав, соотношение азота и фосфора в соли оказывают существенное влияние на закономерности их термодеструкции, способ физико-химического взаимодействия с полимерной матрицей и, соответственно, огнезащитную эффективность в различных температурных интервалах. Исходя из полученных результатов, можно предположить, что в случае наиболее огнестойких образцов модифицированного полиамида-6 задействовано два механизма прекращения горения: воздействие замедлителя горения на формирование каркасообразующих структур в конденсированной фазе и ингибирование радикальных процессов в газовой фазе.

### **Литература**

1. Костюченко, М.А. Влияние триазинового и неорганического фосфорного ингибиторов горения на эксплуатационные свойства и стойкость к горению стеклонаполненного полиамида-6 / М.А. Костюченко, М.М. Ревяко // Весці НАН Беларусі. – 2013. – № 2. – С. 21–24.
2. Богданова, В. В. Огнегасящий эффект замедлителей горения в синтетических полимерах и природных горючих материалах / В.В. Богданова; под ред. О.А. Ивашкевича // Химические проблемы создания новых материалов и технологий: сб. ст. – Мн.: БГУ. – 2003. (2). – С. 344–375.

3. Неханов, С.А. Физико-химия вспенивающихся огнезащитных покрытий на основе полифосфата аммония. Литературный обзор / С.А. Неханов, В.П. Пименова // Пожаровзрывобезопасность. – 2010. – № 8. – С. 11–58.
4. Песецкий, С.С. Полиамидные нанокompозиты пониженной горючести / С.С. Песецкий, Б. Юрковски, А.А. Давыдов // Труды конф. Химические реактивы, реагенты и процессы малотоннажной химии. – Мн.: Беларус. навука. – 2011. – С. 184–193.
5. Принципы создания композиционных материалов / А.А. Берлин [и др.]. – М.: Химия, 1990. – 238 с.
6. Полимерные композиционные материалы: прочность и технология / С.Л. Бажнов [и др.]. – Долгопрудный: Издательский Дом «Интеллект», 2010. – 352 с.
7. Богданова, В.В., Синтез и физико-химические свойства фосфатов двух- и трехвалентных металлов-аммония (обзор) / В.В. Богданова, О.И. Кобец // Журнал прикладной химии. – 2014. – Т. 83. Вып.10. – С. 1385–1399.
8. Наполненные стабилизированные композиции полиолефинов / Л.А. Попова [и др.] // Труды БГТУ. Сер IV, Химия и технология орг. в-в. – 2008. – Вып. XVI. – С. 71–74.
9. Пластмассы. Методы определения стойкости к горению: ГОСТ 28157-89. – Введ. 01.07.1990. – М.: Издательство стандартов, 1989. – 10 с.
10. Огнезащита полиамидных полимеров безгалогенными антипиренами с получением микрокомпозиционной матрицы / В.В. Богданова [и др.] // Проблемы обеспечения безопасности при ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций : сб. трудов II Всероссийской научно-практической конференции. – Воронеж : Воронежский институт ГПС МЧС России. – 2013. – Ч. 1. – С. 403–407.





**УДК 678.049.91**

**канд. хим. наук, доц. Рева О.В.,  
д-р хим. наук, проф. Богданова В.В.,  
Назарович А.Н.**

*Государственное учреждение образования «Университет гражданской  
защиты Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь»,  
г. Минск*

### **ХЕМОПРИВЯЗКА НЕОРГАНИЧЕСКИХ ОГНЕЗАЩИТНЫХ КОМПОЗИЦИЙ К ОКСОДИАЗОЛЬНЫМ МАТЕРИАЛАМ ТИПА «АРСЕЛОН»**

Установлены режимы огнезащитной обработки с химической активацией поверхности, обеспечивающих прочную привязку к оксодиазольным материалам типа «арселон» азот-фосфорсодержащего неорганического ингибитора горения. Установлено наличие химического взаимодействия компонентов антипирена и подложки с формированием мостиковых связей.

*Ключевые слова:* оксодиазольные волокна и ткани, неорганические нетоксичные замедлители горения, аммонийные металлофосфаты, инициирование реакционной способности.

**Ph.D. (chem.) O.V. Reva,  
Ph.D. (chem.), Professor V.V. Bogdanova,  
A.N. Nazarovich**

*State educational institution «University of Civil Protection of the Ministry for  
Emergency Situations of the Republic of Belarus», Minsk*

### **CHEMICAL BINDING THE INORGANIC FIREPROTECTIVE COMPOSITIONS TO OXADIAZOLYL MATERIALS SUCH AS «ARSELON»**

The conditions of fire protecting treatment with the chemical surface activation were established; which provides strong binding the nitrogen-phosphorus inorganic flame retardant to oxadiazolyl materials. The presence of chemical interaction between flame retardant components and substrate with the formation of bridging bonds was established.

*Keywords:* oxadiazole fibers and fabrics, non-toxic inorganic flame retardants, ammonium metallophosphates, initiation reactivity.

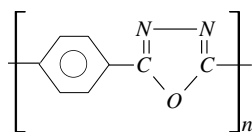
#### **Введение**

В настоящее время значительно увеличилось количество техногенных катастроф и пожаров высокой степени сложности – сопровождающихся чрезвычайно высокими температурами в зоне горения, большой площадью очагов и массированным выделением едких и ядовитых веществ. В связи с этим возникают новые требования к синтетическим материалам, из

которых изготавливаются пожарные рукава и прочие технические средства, боевая одежда пожарных, средства индивидуальной защиты. Эти материалы одновременно должны обладать высокой механической прочностью, эластичностью, химической стойкостью, водоупорностью, термо- и огнестойкостью. Такие применяемые огнестойкие материалы и ткани, как оксалон, силотекс, нитрон, арселон, номекс и др. [1, 2], несмотря на достаточно высокие функциональные свойства, тем не менее характеризуются склонностью к тлению после огневого воздействия и нуждаются в дополнительной пропитке ингибиторами горения. В последние годы достигнуты значительные успехи в области огнезащитных обработок различных полимерных материалов, однако серьезной проблемой является закрепление антипиренов на поверхности полимера, позволяющее проводить стирку боевой одежды и гигиеническую обработку технических средств, поскольку обычно это приводит к постепенной или скачкообразной потере огнеупорных свойств.

Классическими методами придания огнестойкости тканым и волокнистым полимерным материалам являются: пропитка или спрейная обработка растворами и суспензиями антипиренов, пленкообразователей, ПАВ [3, 4]. Для каждой полимерной матрицы необходим индивидуальный подход при выборе как замедлителей горения, так и модифицирующих агентов и способов активации [1–6]. В ряде случаев модифицирование волокнообразующих полимеров для придания огнестойкости осуществляется на стадии формирования волокна [7]. Введение модифицирующих добавок на стадии синтеза полимера является одним из наиболее перспективных направлений создания новых материалов вследствие небольшого количества требуемых модификаторов, отсутствия стадии повторной переработки полимера и долговечности огнезащитного эффекта. Однако изменение условий полимеризации может привести к образованию некондиционных продуктов, а для конкретно арселона это вряд ли возможно, поскольку полимеризация терефталевой кислоты с гидразинсульфатом происходит в олеуме. Финишное нанесение огнезащитных композиций на оксодиазольные ткани и волокна осложняется их химической инертностью и гладкой беспористой структурой поверхности.

Так, согласно формуле элементарного звена арселона



в структуре волокна отсутствуют реакционно активные группы, способные к образованию химических связей с модифицирующими агентами. В особенности это важно для неорганических огнезащитных композиций, плохо сочетаемых с синтетическими полимерами.

Возможным решением проблемы может быть создание на поверхности полимера либо функциональных групп, способных к ионному обмену с компонентами растворов и хемосорбции коллоидных частиц [8–12], обеспечивающих химическое взаимодействие полимер-ингибитор горения; либо активация поверхности путем воздействия  $\gamma$ -излучения на полимер, находящийся в растворе антипирена [5], прогрев матрицы при повышенной температуре, воздействие электрического разряда, облучение ультрафиолетовыми лучами, рентгеновским и  $\gamma$ -излучением [13].

Методы химического травления полимерных материалов различными растворами (хромовая смесь с добавкой фосфорной кислоты, растворы NaOH с добавками спиртов, этилендиамина и других азотсодержащих соединений), обеспечивающие формирование на их поверхности функциональных групп типа -COOH, -CNH, -CO- и др., достаточно хорошо изучены применительно к процессам химической металлизации полимеров [10, 11]. Необходимо отметить, что в литературе не обнаружены сведения, относящиеся к возможности инициирования реакционной способности оксидазольного полимера (арселона) для образования химических связей между матрицей и модифицирующими агентами. Кроме того, перспективной методикой может быть использование сенсibilизаторов на основе каталитически активных соединений переходных металлов. Так, соединения Sn(II), Fe(II), Ti(II), Cu(II) и др. обладают ярко выраженными восстановительными свойствами и способностью адсорбироваться на поверхности твердых тел с образованием связей -C-O-Met- [13, 14].

Целью данного исследования было изучение возможности химической привязки фосфор- и азотсодержащих антипиренов к поверхности арселоновой ткани путем создания активных групп дозированной химической деструкцией материала.

### **Методы исследования**

Поскольку применяемые для защитной одежды антипирены и продукты их разложения должны быть токсически безопасны, в качестве замедлителей горения изучали нетоксичные азот- и фосфорсодержащие соединения: фосфаты аммония и натрия, галогениды аммония, карбамид, уротропин, фосфаты аминотетразола и мочевины; сульфаты аммония и алюминия, соединения бора, кремния.

Предварительную модификацию арселоновой ткани проводили концентрированными и разбавленными серной, азотной, соляной и фосфорной кислотами, а также растворами NaOH с добавкой этилендиамина

и концентрацией 10-40 % в течение 5-10 мин как при комнатной, так и при повышенной (40–60 °С) температуре. После проведения предварительной активации образцы промывали холодной водой и подвергали огнезащитной обработке погружением ткани в раствор или водную суспензию антипирена при комнатной температуре в течение 20–30 мин. После механического отжима и высушивания при 100 °С проводилась термофиксация образцов при температурах 200–220 °С (кроме органических веществ, разлагающихся при нагревании) в течение 2–5 мин. Стирку обработанной ткани осуществляли по СТБ 11.03.02-2010 [15] (30 мин при 60 °С со стиральным порошком).

Эффективность огнезащитной обработки арселона оценивали по времени самостоятельного горения ткани после поджигания в пламени газовой горелки в течение 5–15 с (по требованиям СТБ 11.03.02-2010). Для определения химического состава поверхностной зоны полимеров применяли метод рентгенофотоэлектронной спектроскопии (РФЭС), используя электронный спектрометр ЭС-2401 с Mg K $\alpha$  излучением и разрешением по спектру 0,1 эВ. Идентификацию соединений по энергиям химической связи проводили путем разложения пиков сложной формы на Гауссовские составляющие с помощью пакета программ для ЭВМ PROF по справочным характеристикам [16, 17].

### **Обсуждение результатов**

Установлено, что наиболее эффективное огнезащитное действие на арселон из всех испытанных соединений проявили фосфаты аммония (одно-, двух- и трехзамещенные водорастворимые фосфаты, а также нерастворимый в воде аммонийный металлофосфат) и сульфат алюминия (таблица 1).

С учетом требований к сохранению обработанным материалам эластичности, внешних и гигиенических свойств в дальнейших исследованиях использовали только аммонийно-фосфатные композиции. Было установлено, что обработанный пропиткой в одну стадию арселон не поддерживает самостоятельного горения при снижении концентрации  $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$  в огнезащитной композиции до 7 %, хотя привес образцов снижается от 45 до 8 %. Концентрация  $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$  ниже 7 % уже не обеспечивает огнестойкость арселона. Также обнаружено, что при понижении концентрации раствора от 30 до 5 % потеря массы ткани при горении увеличивается с 2–3 до 15–19 %.

Очень важным моментом является то, что при всех вариантах обработки после стирки огнестойкость материала резко снижается, что свидетельствует о необходимости дополнительного закрепления антипирена. Увеличением времени обработки и температуры растворов антипиренов, а также введением стадии термофиксации не удалось сохранить огнестойкость арселона после стирок. В связи с этим были предприняты попытки предварительной

активации поверхности арселона в различных средах для обеспечения прочной химической привязки огнезащитной композиции.

Таблица 1 – Огнестойкость ткани арселон после обработки замедлителями горения различной природы

Антипирен	Время самостоятельного горения (тления), с
Необработанная ткань арселон	5 (40 тл.)
Фосфат аммония однозамещенный, 20–30 % раствор	0
Фосфат аммония двухзамещенный, 7–30 % раствор	0
Фосфат аммония трехзамещенный, 10–30 % раствор	0
Фосфат натрия однозамещенный, 30 % раствор	10
Фосфат натрия трехзамещенный, 30 % раствор	4 (2 тл.)
Аммонийный металлофосфат, 20 % суспензия (АН-20)	0
Карбамид, 20 % раствор (при нагревании разлагается)*	10 (8 тл.)
Уротропин, 40 % раствор (при нагревании разлагается)*	6 (9 тл.)
Фосфат аминотетразола, 20 % раствор	10
Фосфат мочевины, 30 % раствор	0
Сульфат аммония, 30 % раствор	3 (10 тл.)
Сульфат алюминия, 30 % раствор	0
Алюмокалиевые квасцы, 30 % раствор	5
Бромид аммония, 30 % раствор	4 (20 тл.)
Силикат натрия, 20–40 % раствор	30 тл.
Борат цинка, 20 % раствор	10 (4 тл.)
Бура, 20 % раствор	20

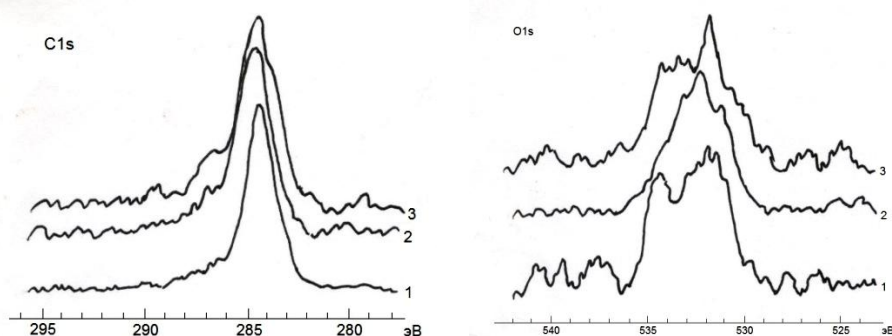
Данные о превращениях арселона под действием кислотно-щелочных обработок в литературе отсутствуют, однако предположительно при травлении возможна деструкция полимера с образованием групп R-CO-O- или -NH- и =N-O-, способных взаимодействовать с ионами металлов. В процессе щелочной обработки, особенно при повышенной температуре, наблюдалось изменение цвета арселоновой ткани с желто-оранжевого на коричневый, что косвенно может указывать на происходящие в полимере химические процессы. При последующей тщательной отмывке образцов в проточной холодной воде цвет ткани восстанавливался, то есть наблюдаемые изменения существовали только в щелочной среде. Последующая обработка антипиренами, в том числе с промежуточной сенсibilизацией соединениями двухвалентного олова в различных вариациях pH, концентраций и лигандов, а также обработка совмещенными растворами травителя и сенсibilизатора не привела к стабильному повышению огнестойкости материала. Сохранения огнезащиты на арселоне после стирки не наблюдалось ни после щелочного травления, ни после дополнительной обработки раствором хлорида олова, ни после совмещенной обработки. Вероятно, при данных условиях

предварительной подготовки не создается функциональных групп либо условий образования связей типа полимер -O-Sn-Met.

Травление арселеновой ткани концентрированными и разбавленными серной, азотной, соляной и фосфорной кислотами, а также фосфорной кислотой с растворенными в ней оксидами металлов перед огнезащитной обработкой аммонийно-фосфатными композициями позволило существенно повысить ее огнестойкость после стирки. При огневых испытаниях образцы поддерживают горение не более 5 с, в большинстве случаев сразу же затухают, тление отсутствует. Таким образом, доказана возможность инициации поверхности арселона при помощи травления растворами минеральных кислот с последующим закреплением антипирена на модифицированном полимере.

Введение каталитических добавок в огнезащитные составы ( $\text{FeCl}_3$ ,  $\text{AlCl}_3$ ,  $\text{CuCl}_2$ ) суммарно с кислотной активацией поверхности арселона (в том числе с дополнительной сенсibilизацией ионами цветных металлов) перед огнезащитной обработкой позволили в ряде случаев увеличить стойкость огнезащитной отделки до 8 стирок (проведенных в соответствии с СТБ 11.03.02-2010). После стирки в волокне сохраняется до 3 % входящего в состав антипирена фосфора, а кислородный индекс его равен 30.

Исследование химического состава приповерхностной зоны арселона методом РФЭС показало, что в исходном арселоне присутствуют следовые количества серы и довольно много Si (3–4 %). Наличие атомов серы и кремния может оказать влияние на образование кислородных мостиков при последующих обработках. Анализ спектров N1s, C1s и O1s (рисунок 1) позволяет предположить, что после кислотного травления в оксодиазольном полимере появляются некоторые нарушения структуры, поскольку характеристические  $E_{\text{св}}$  для группировок  $-\text{CH}_2-\text{CH}_2-$ ,  $-\text{C}-\text{O}-\text{C}-$ ,  $>\text{C}=\text{N}-$  несколько смещены относительно справочных данных, а в спектрах часто присутствуют неидентифицируемые слабые пики или сателлиты.



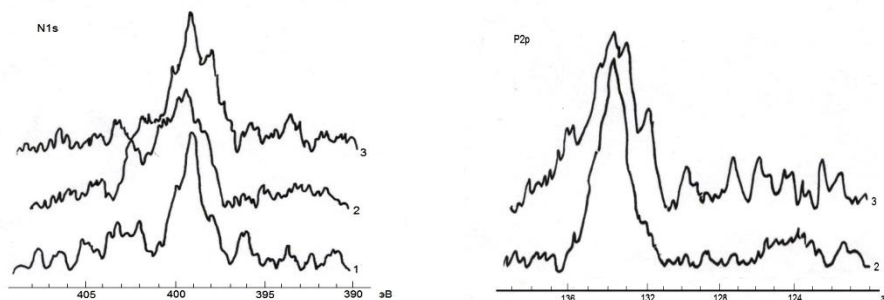
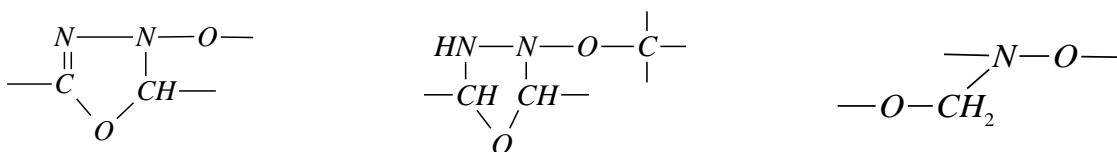


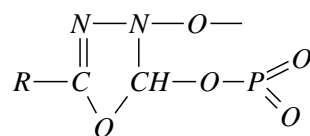
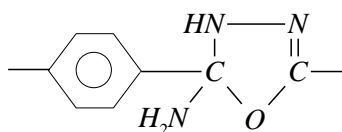
Рисунок 1 – Рентгенофотоэлектронные спектры арселоновой ткани на различных стадиях обработки: 1 – материал после активирующего травления; 2 – после огнезащитной обработки; 3 – после стирки

Так, в спектре O 1s максимум при  $E_{\text{св}}$  534,6 эВ может быть связан либо с разрывом связи -C-O-C- и образованием вакансии C-O-, либо с образованием связей между молекулами полимера, что маловероятно с учетом проводимых разрыхляющих обработок. Наличие в спектре N 1s протравленного арселона мах с  $E_{\text{св}}$  398-399 эВ (по литературным данным соответствует группам R-NH<sub>2</sub>) свидетельствует, что не все группировки -C=N- заимидизированы; часть из них, вероятно, переходит в состояние >C-NH-, что выражается смещением максимума до 399,3 эВ (рисунок 1). Отношение количества атомов N, связанных с кислородом, к остальному азоту составляет ~0,46. Группа мало интенсивных максимумов в области 400,2-403,5 эВ может быть отнесена к связи N-O, образующейся при неполной имидизации или разрыве одной из связей C=N. В результате в протравленном полимере формируются активные группировки с предположительным строением:



После обработки арселона неорганическим фосфорсодержащим антипиреном (NH<sub>4</sub>H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>) (кривые 2) в спектре C 1s слабый мах при 287,0 эВ, соответствующий связи C=N, смещается до 286,9 эВ, что может свидетельствовать о частичном разрыве двойных связей с образованием -CH-N<; в спектре O 1s появляются максимумы при 532,4 и 531,3 эВ, которые соответствуют связям -P-O-P-, -P-O-C- или предположительно иону PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>; в спектре N 1s появляется значительный максимум при 401,3 эВ, который можно приписать связанному с органическим радикалом NH<sub>4</sub><sup>+</sup>. Кроме того, в спектре огнезащитного арселона появляется ранее не регистрируемый пик P 2p, где  $E_{\text{св}}$  136,2-136,8 эВ соответствует иону PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>,

связанному с различными катионами, в том числе  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$ . После стирки арселеновой ткани, обработанной  $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$  (кривые 3), спектр C 1s не изменяется, тогда как в спектре N 1s появляются максимумы при 403,5 и 401,8 эВ, которые соответствуют группе -NO- в органических соединениях и максимум при 398,2 эВ, который обычно приписывают группировке R-C-NH-. Следовательно, вследствие проведенных обработок возможно образование структур предположительно следующего строения:



В спектре O 1s огнезащищенного и отстиранного материала максимум с  $E_{\text{св}}$  533,5 эВ очевидно соответствует связи P-O-. Остальные максимумы по имеющимся литературным данным неидентифицируемы, но исходя из состава обрабатывающих растворов могут быть приписаны группировкам >N-O-, C-O- или P-O-.

Несмотря на значительное вымывание соединений фосфора при стирке и низкую интенсивность пика P 2p, можно считать доказанным наличие в приповерхностной зоне огнезащищенных арселеновых волокон ионов  $\text{PO}_4^{3-}$  и образование связи типа -P-O-C- (рисунок 1). Таким образом, полученные данные позволяют предположить, что в результате огнезащитной обработки арселона аммонийно-фосфатной композицией, усиленной добавками ионов переходных металлов с использованием предварительной кислотной модификации, возможно частичное раскрытие имидных циклов с образованием группировок типа >C-NH<sub>2</sub>, >C-NH-O-P-, что обеспечивает химическую привязку компонентов аммонийно-фосфатных антипиренов к арселону. Судить о концентрации этих связей и их устойчивости к различным обработкам на данном этапе исследований не представляется возможным.

### Заключение

В результате проведенных исследований установлено, что наиболее эффективными неорганическими композициями для огнезащитной обработки оксодиазольных волокон и тканей являются одно- и двухзамещенные аммонийные фосфаты, допированные ионами переходных металлов. Устойчивое к стиркам закрепление этих замедлителей горения на поверхности тканей из оксодиазольных полимеров происходит только в случае предварительной кислотной активации поверхности арселона. Это взаимодействие упрочняется при введении в огнезащитные составы каталитических добавок ( $\text{FeCl}_3$ ,  $\text{AlCl}_3$ ,  $\text{CuCl}_2$ ) и/или дополнительной сенсibilизации подложки ионами цветных металлов перед огнезащитной



обработкой. Доказано, что активация приводит к частичному раскрытию имидных циклов и образованию связей между атомами полимерной подложки и компонентами антипирена.

### Литература

1. Придание огнестойких и водонепроницаемых свойств термостойкой ткани «ОКСАЛОН» / В.В. Богданова [и др.] // Сб. мат. Межд. науч.-практ. конф. «Чрезвычайные ситуации: предупреждение и ликвидация». – Мн.: БГУ, 2001. – С. 194–195.
2. Дмитракович, Н.М. Термостойкие ткани для производства материала верха специальной одежды от повышенных теповых воздействий / Н.М. Дмитракович, Ю.Г. Русецкий, В.И. Ольшанский // Тезисы докл. II Межд. науч.-практ. конф. «Чрезвычайные ситуации: предупреждение и ликвидация», посвященной 150-летию пожарной службы Республики Беларусь. – Мн.: БГУ, 2003. – С. 82–83.
3. Кодолов, В.И. Замедлители горения полимерных материалов / В.И. Кодолов. – М.: Химия. – 270 с.
4. Устойчивая к стиркам огнезащитная отделка термостойкого волокна арселон / В.В. Богданова [и др.] // Тезисы докл. II Межд. науч.-практ. конф. «Чрезвычайные ситуации: предупреждение и ликвидация», посвященной 150-летию пожарной службы Республики Беларусь. – Мн.: БГУ, 2003. – С. 23–25.
5. Богданова, В.В. Огнезащитная обработка волокна арселон путем химической прививки замедлителей горения / В.В. Богданова, З.В. Шукело, Л.А. Масловская // Тезисы докл. III Межд. науч.-практ. конф. «Чрезвычайные ситуации: предупреждение и ликвидация». – Мн.: МЧС РБ, 2005. – С. 213–215.
6. Разработка устойчивой к стиркам огнезащитной отделки волокна и ткани на основе оксодиазольного полимера / В.В. Богданова [и др.] // Тезисы докл. IV Межд. науч.-практ. конф. «Чрезвычайные ситуации: предупреждение и ликвидация». – Мн.: МЧС РБ, 2007. – С. 153–155.
7. Кричевский, Г.Е. Химическая технология текстильных материалов / Г.Е. Кричевский. – М.: Химия, 2001.
8. Химия привитых поверхностных соединений / под. ред. Г.В. Лисичкина. – М.: Физматлит, 2003. – 589 с.
9. Алесковский, В.Б. Химико-информационный синтез / В.Б. Алесковский. – СПб: Изд. С.-Петербургского ун-та, 1998. – 71 с.
10. Vorobyova, T.N. / T.N. Vorobyova // J. Adhes. and Sci. Technol. – 1997. – Vol. 11, № 2. – P. 167–182.
11. Рева, О.В. / О.В. Рева, Т.Н. Воробьева // Журнал прикладной химии. – 1998. – № 3. – С. 498–502.

12. Модифицирование поверхности стекла для повышения адгезии пленок меди и никеля, осаждаемых из растворов / А.В. Кобец [и др.] // Свиридовские чтения: сб. ст. Вып. 3. – Минск, 2006.

13. Химическое осаждение металлов из водных растворов / Под ред. В.В. Свиридова. – Мн.: Изд-во «Университетское», 1987. – 270 с.

14. Electroless Plating: Fundamentals & Applications / Ed. by G.O., Mallory, J.B. Hajdu. American Electroplaters and Surface Finishers Society: Orlando F 1. 1990. 273 p.

15. Средства огнезащитные. Общие технические требования и методы испытаний: СТБ 11.03.02-2010. – Введ. 01.01.11 (с отменой на территории РБ НПБ 10-2000, НПБ 12-2000, НПБ 80-2003). – Минск: Государственный комитет по стандартизации Республики Беларусь, 2011. – 25 с.

16. Анализ поверхности методами Оже- и рентгеновской фотоэлектронной спектроскопии. – М., 1987. – 600 с.

17. Нефедов, В.И. Рентгеноэлектронная спектроскопия химических соединений: справочник / В.И. Нефедов. – М.: Химия. – 256 с.



**УДК 536.46 / 691.1 / 699.81**

**д-р хим. наук, проф. Богданова В.В.,  
канд. хим. наук Кобец О.И.,  
Бурая О.Н.**

*Учреждение Белорусского государственного университета «Научно-исследовательский институт физико-химических проблем», г. Минск*

**ВЛИЯНИЕ ПОРО-, КАРКАСО- И КОКСООБРАЗУЮЩИХ  
КОМПОНЕНТОВ НА СВОЙСТВА ТЕРМОВСПЕНИВАЕМОГО  
ПОЛИМЕРНОГО КОМПОЗИЦИОННОГО МАТЕРИАЛА ДЛЯ  
ПРОТИВОПОЖАРНОГО ОГНЕТЕРМОЗАЩИТНОГО УСТРОЙСТВА**

Изучено влияние природы связующего, поро-, каркасообразующих огнезамедлительных добавок и коксообразующих компонентов на огнетермозащитные свойства разрабатываемого термовспениваемого композиционного материала для противопожарных устройств. Композиционные материалы получены модифицированием базовой рецептуры вспенивающейся композиции на основе полиолефинового (как термопластичного, так и водно-дисперсионного) связующего.

Исследованы эластичность, термические, вспенивающие свойства полученных образцов, а также механическая прочность (остаточное сжатие) и плотность продуктов их прогрева, оказывающие определяющее влияние на огнетермозащитную эффективность термовспенивающегося материала. По результатам испытаний огнетермозащитных свойств наиболее эффективных модифицированных композиций в лабораторных условиях, приближенных к стандартным, установлено, что они обеспечивают более высокий предел огнестойкости полимерной конструкции (полипропиленовой трубы) по сравнению с зарубежным аналогом. Показано, что модифицированным композитам, изготовленным по двум разным технологическим вариантам, присущи близкие термические и огнетермозащитные характеристики.

*Ключевые слова:* термовспенивающийся композиционный материал для противопожарной муфты, полиолефиновое связующее, термические, физико-химические, огне-термозащитные свойства композита.

**Doctor of chemical sciences, Proffesor. V.V. Bogdanova,  
Ph.D. (chem.) O.I. Kobets, O.N. Buraya**

*Research Institute for Physical Chemical Problems of the Belarusian State University, Minsk*

**INFLUENCE OF PORO-, FRAME-, AND COX-FORMING COMPONENTS  
ON THE PROPERTIES OF THERMO-FOAMABLE POLYMER  
COMPOSITE MATERIAL FOR FIRE-FIGHTING THERMAL PROTECTIVE  
DEVICE**

The influence of the nature of the binder, pore-, carcass-forming fire retardant additives and coke-forming components on the fire-heat-protective properties of the developed thermo-foamable composite material for fire fighting devices has been studied. Composite materials were obtained by modifying the basic formulation of an expandable composition based on a polyolefin (both thermoplastic and water-dispersion) binder.

We studied the elasticity, thermal, foaming properties of the obtained samples, as well as the mechanical strength (residual compression) and the density of their heating products, which have a decisive influence on the fire-thermoprotective efficiency of the heat-foaming material. According to the test results of the fire-thermal protective properties of the most effective modified compositions in laboratory conditions, close to standard, it was found that they provide a higher fire resistance of the polymer structure (polypropylene pipe) compared to the foreign counterpart. It has been shown that modified composites made according to two different technological options have similar thermal and fire-thermal protection characteristics.

*Key words:* thermo-foaming composite material, for fire-fighting couplings, polyolefin binder, thermal, physical chemical, fire-thermoprotective properties of the composite.

Для повышения огнестойкости строительных конструкций в местах их пересечения инженерными системами на практике используют огнезащитные герметизирующие составы, материалы и устройства [1]: огнезащитные обмазки, мастики, противопожарные огнезащитные терморасширяющиеся подушки, противопожарные муфты (ПМ).

ПМ предназначены для защиты здания от распространения пожара по коммуникациям канализации и водоснабжения, изготавливаются и применяются в соответствии с требованиями нормативной документации [2]. ПМ характеризуются пределом огнестойкости, который выражается временем в минутах от момента контакта с открытым пламенем до прогрева внешней поверхности фрагмента защищаемого трубопровода из полимерного материала на его необогреваемом участке до температуры 120 °С, а также потерей защищаемой конструкцией теплоизоляционных свойств [2]. ПМ содержат в своем составе термовспенивающийся полимерный композиционный материал (ТПКМ).

Физический смысл огнезащитного действия ТПКМ в составе ПМ заключается в том, что во время воздействия пламени на композиционный материал образуется вспененный коксовый слой продуктов прогрева с низкой теплопроводностью [3, 4]. Пиролиз огнетермозащитных ТПКМ сопровождается сложными физико-химическими процессами. Например, для ТПКМ, содержащего в качестве антипиреновой добавки полифосфат аммония, установлено [5], что под влиянием теплового воздействия

происходят фазовые, структурные превращения, многочисленные параллельно-последовательные химические реакции, приводящие к образованию полимерно-олигомерного органо-фосфатного изолирующего слоя – пенококса на поверхности защищаемого материала. При термоллизе пенококс снижает скорость деструкции огнезащищенного материала, уменьшает поток образующихся горючих газов к пламени.

При разработке рецептуры эффективного огнетермозащитного ТПКМ выбор компонентов, входящих в его состав, зависит от многих факторов: природы пленкообразователя, наполнителей, огнезамедлительных добавок, технологии получения покрытия, области применения покрытия и условий его эксплуатации, требуемого предела огнестойкости защищаемой конструкции, экологической и экономической целесообразности [6]. Большинство термовспенивающихся композиций, как правило, чаще всего использующихся для огнезащиты металлических конструкций, основано на воднодисперсионных связующих [7]. Достаточное распространение получили органорастворимые полимерные композиции – водостойкие с хорошим огнезащитным эффектом и адгезией, хотя далеко не всегда технологичны при нанесении и экологически небезопасны. При эксплуатации в закрытых помещениях используются сравнительно дешевые вспенивающиеся составы, изготовленные на основе жидкого стекла. Однако после их отверждения получающиеся покрытия хрупкие, большой толщины, не обладающие гибкостью, что важно при огнезащите гнущихся кабелей в полимерной оплетке, недолговечны, так как чувствительны к изменению влажности [8].

Ранее нами были проведены поисковые работы по выбору природы и соотношения основных компонентов ТПКМ: полимерного связующего, инертных минеральных наполнителей, вспенивающих агентов для получения образцов базовой рецептуры термовспенивающейся композиции. Для базового состава «полимерное связующее (как термопластичное, так и водно-дисперсионное) – терморасширяющийся графит – инертный минеральный наполнитель» исследованы физико-механические и огнетермоизолирующие свойства [9].

Целью данной работы было изучение влияния природы связующего, поро-, каркасообразующих огнезамедлительных добавок и коксообразующих компонентов на огнетермозащитные свойства разрабатываемого термовспениваемого композиционного материала для противопожарных устройств. Для этого проведено модифицирование базовой рецептуры вспенивающейся композиции на основе полиолефинового (как термопластичного, так и водно-дисперсионного) связующего. Исследованы термические, вспенивающие свойства полученных образцов и механическая прочность продуктов их прогрева, оказывающие определяющее влияние на огнетермозащитную эффективность термовспенивающегося материала.

### Материалы и методы исследования

Рецептуры ТПКМ на основе термопластичного связующего готовили введением предварительно тонко измельченных наполнителей в термопластичное полимерное связующее, разогреваемое до состояния текучести (125–130 °С). ТПКМ на основе водно-дисперсионного связующего получали введением компонентов в полимерную водную дисперсию при постоянном перемешивании до получения однородной вязкой композиции. Для формирования образцов (50×50 мм) расплав полимерного композита наносили тонким слоем (0,8÷1,7 мм) на основу – алюминиевую фольгу, а наполненную водно-дисперсионную композицию – на матерчатую хлопковую основу.

В качестве термопластичного полимерного связующего использовали смесь полиолефинового сополимера этилен-винил ацетатный – СЭВА и полиизобутиленового каучука (БК), в некоторых случаях добавляли пластификатор – хлорпарафин (ХП). Наполнителями в композициях ТПКМ на основе термопластичного связующего служили: ТРГ (вспениватель), силикатные инертные добавки (слюда, волластонит или вермикулит). Огнезамедлительные добавки представляли собой комбинации азот-, фосфор-, серо-, галоген- и/или металлсодержащих неорганических и органических соединений (аммонийные соли – дигидрофосфат, полифосфат, бихромат; бромид калия, сульфат железа, амины и амиды – уротропин, тио- или политиомочевина, акриламид; соединения цинка – ацетат, сульфат, стеарат, оксид, гидроксид; кальций-магний содержащий карбонатный минерал (доломит)).

В качестве водно-дисперсионных пленкообразователей применяли винилацетат-этиленовую, акриловую и полиэфир-полиуретановую дисперсии. Минеральными функциональными наполнителями служили инертные минеральные добавки (аэросил, мелкодисперсное стекло, гранит или бентонит), структурирующие, газообразующие огнезамедлительные компоненты (гидроксиды или оксиды алюминия, магния, кальция, цинка, бария, цинка, диоксид титана, мел, доломит, хлорпарафин, меламина, уротропин, карбамид, поли- или дигидрофосфат аммония), коксообразующие ингредиенты (порошкообразный полиэтилен, крахмал, капролактамы или пентаэритрит).

Эластичность исходных ТПКМ определяли по ГОСТ 6806 [10] по отсутствию трещин, разрывов при испытаниях на сгибание образцов.

Вспенивающую способность ТПКМ оценивали по коэффициенту вспенивания, рассчитанному по относительному изменению объема образцов в процессе прогревания в динамическом режиме в интервале температур 20–500 °С:  $K_{всп} = V/V_0$ , где  $V$  – объем вспененного слоя, см<sup>3</sup>;  $V_0$  – исходный объем покрытия, см<sup>3</sup>. Скорость подъема температуры (32 °С/мин)

соответствовала температурному режиму, учитывающему реальные условия пожара [11]. Покрытие считалось удовлетворительно вспененным, если  $K_{всп}$  составлял не менее 10.

Плотность вспененных продуктов прогрева вычисляли по отношению массы к объему вспененного слоя.

Механическую прочность (остаточное сжатие) вспененных продуктов прогрева (20–500 °С) композитов определяли по лабораторной методике, моделирующей ГОСТ 11722 [12]. Испытаниям подвергали продукты термообработки полипропиленовой (ПП) трубки, обернутой разрабатываемым вспенивающимся материалом. Использование ПП обусловлено его широким применением для изготовления труб, используемых в строительстве. Остаточное сжатие ( $\sigma$ , %) определяли по следующей формуле:  $\sigma = (h_0 - h_{ост}) / h_0 \cdot 100$ , где  $h_0$  и  $h_{ост}$  – высота прогретой муфты до и после применения нагрузки, мм.

Огневые испытания огнетермоизолирующей способности образца ТПКМ (50×350 мм), вложенного в два оборота внутрь корпуса стандартной противопожарной муфты, закрепленной на фрагменте трубы из ПП, проводили по лабораторной методике [13], моделирующей условия испытаний по СТБ 2224. Внутри камеры лабораторной установки, отличающейся меньшими размерами по сравнению со стандартной, конечная температура составляла 850 °С. Длина ПП трубы составляла 25 см, диаметр – 5 см. В ходе испытаний фиксировали время достижения предельного состояния – температуры (не выше 120 °С) на необогреваемой поверхности фрагмента полимерной трубы. В качестве образца сравнения использовали сертифицированный термоизолирующий материал марки «Огракс» производства РФ.

Данные дифференциальной сканирующей калориметрии (ДСК) для образцов ТПКМ сняты в интервале температур 20–500 °С (скорость нагрева 10 °С/мин в атмосфере кислород/азот) на установке Netzsch STA 449 C. Тепловыделение исследуемых образцов ТПКМ определяли как суммарную теплоту ( $\Sigma Q_{экзо}$ , Дж/г), рассчитанную с помощью программного приложения по площади комплексных пиков экзотермических эффектов при обработке кривых ДСК.

### Результаты и их обсуждение

В соответствии с полученными нами ранее данными [9] о влиянии ТРГ на термические и физико-механические свойства продуктов термолитиза ТПКМ базового состава «полимерное связующее – ТРГ – инертный наполнитель» установлено, что оптимальным содержанием ТРГ в композите является 10÷15 %. Предварительно нами экспериментально также было установлено [14], что для базового состава на основе термопластичного полиолефинового связующего (СЭВА/БК) наилучшее сочетание

термоизолирующих и физико-химических свойств исходных ТПКМ и образующихся при их нагревании вспененных структур характерно при его содержании около 40 %. Исходя из этого с целью увеличения вспенивающих, физико-механических свойств продуктов прогрева ТПКМ при неизменно высокой его огнетермозащитной эффективности проведено модифицирование базовой рецептуры ТПКМ различными наполнителями: каркасо- и порообразующими огнезамедлительными добавками, и/или коксообразующими компонентами.

Эксперименты по модифицированию проводили с базовой рецептурой ТПКМ «полимерное связующее – ТРГ – инертный наполнитель» на основе полиолефинового связующего (этилен-винилацетатного сополимера – СЭВА) как термопластичного (Т-СЭВА), так и водно-дисперсионного (Д-СЭВА), отобранных на предыдущих стадиях исследования.

В ходе модифицирования базовой композиции на основе термопластичного связующего получено четыре серии ТПКМ, отличающихся соотношением компонентов связующего, природой и содержанием наполнителей, оказывающих влияние на вспенивающие свойства и механическую прочность коксового остатка композитов [15]. ТПКМ первой и второй серий получали на основе связующего СЭВА/БК дополнительным введением в базовую композицию состава «связующее – ТРГ – инертный наполнитель (слюда и волластонит)» добавок поро- и каркасообразователей: азот-, серо-, металлсодержащие соединения и/или гидрокарбонат натрия. Выбор серо-, цинксодержащих соединений был обусловлен их использованием в составе вулканизирующих смесей для каучуков различной природы (активаторы и ускорители вулканизации, термостабилизаторы) [16], введение которых в состав ТПКМ предполагало образование на начальном этапе прогрева композитов механически прочных сшитых структур. При неплохой вспенивающей способности эти композиты не показали хороших результатов по механической прочности вспененной структуры кокса. Вероятно, общее содержание вспенивающих и карбонизирующих добавок (10–15 %) оказалось недостаточным для формирования закрытопористой вспененной структуры – структура кокса этих образцов была рыхлой.

ТПКМ третьей серии получены на основе связующего СЭВА/БК/ХП, где ХП использовали в качестве пластификатора и в то же время хлорсодержащего антипирена [17]. Изменение состава связующего по сравнению с первой и второй сериями позволило получить ТПКМ с высокой механической прочностью коксового остатка после температурного воздействия ( $\sigma = 6,1\text{--}6,8\%$ ). При увеличении общего содержания активных наполнителей (вспенивателей и каркасообразователей) до 25 % обе физико-механические характеристики продуктов прогрева достигли значений,



сопоставимых со стандартным зарубежным термовспениваемым материалом «Огракс» ( $K_{всп} = 20$  и  $22,5$ ;  $\sigma = 6,8$  и  $7,2$  % соответственно). Однако этот эффект не сохранялся при замене в ТПКМ части силикатного компонента – слюды на вермикулит.

Композиты четвертой серии, содержащие гидроксид, оксид цинка, кристаллогидраты солей цинка и железа, рекомендуемые как вспениватели и каркасообразователи для рецептур интумесцентных огнезащитных красок [18], с увеличением содержания ТРГ до 15 % не соответствовали требованиям по прочностным свойствам кокса.

Для базовой композиции «Д-СЭВА на водной основе – ТРГ – инертный наполнитель» наполнителями служили аэросил, мелкодисперсное стекло, гранит или бентонит. Вспенивающая способность базовой воднодисперсионной композиции ( $K_{всп}$ ) в зависимости от природы инертного наполнителя варьировалась от 3 до 8, а механическая прочность коксового остатка после прогрева в температурном интервале ( $20-500$  °C) была очень низкой, продукты прогрева не удерживались на подложке.

В результате модифицирования базового состава на основе Д-СЭВА было получено две серии пленкообразующих водно-дисперсионных композиций, при высыхании которых после нанесения на ткань были получены пластичные на изгиб образцы ТПКМ.

Модифицированные ТПКМ первой серии получены добавлением в базовую водно-дисперсионную композицию по отдельности следующих структурирующих, газообразующих огнезамедлительных добавок (гидроксиды или оксиды алюминия, магния, кальция, цинка, бария, цинка, диоксид титана, мел, доломит, хлорпарафин, меламина, уротропин, карбамид, поли- или дигидрофосфат аммония) или коксообразующих ингредиентов (порошкообразный полиэтилен, крахмал, капролактан или пентаэритрит). Установлено, что все полученные образцы ТПКМ после прогрева ( $20-500$  °C) характеризовались образованием вспененного слоя, прочно удерживающегося на защищаемой подложке. Тем не менее введение наполнителей по отдельности в дисперсию существенно не изменило по сравнению с базовым составом вспенивающую способность образцов ТПКМ ( $K_{всп} = 2,5 \div 8$ ).

Вторая серия модифицированных композиций получена введением в базовый водно-дисперсионный состав одновременно огнезамедлительных добавок и коксообразователя. При этом максимальную вспенивающую способность ( $K_{всп} = 12,5$ ) проявляли композиции с огнезамедлительной смесью азот-фосфор-металл-содержащих компонентов и пентаэритритом. Полученные композиции характеризовались удовлетворительной прочностью каркаса продуктов прогрева ( $\sigma = 8 \div 14$ ).

На основании экспериментальных данных по вспенивающей способности и механической прочности карбонизованных продуктов

прогрева для огневых испытаний отобраны две лучшие рецептуры модифицированных композиций на основе этилен-винилацетатного сополимерного связующего как термопластичного, так и водно-дисперсионного. В таблице представлены данные комплексного термического анализа образцов модифицированных ТПКМ на основе этилен-винилацетатного сополимера (термопластичного Т-СЭВА и водно-дисперсионного Д-СЭВА), а также некоторые физико-химические свойства этих же образцов после прогрева в температурном интервале 20–800 °С.

Таблица – Основные компоненты и термические свойства модифицированных ТПКМ, полученных на основе термопластичного и водно-дисперсионного полимерных связующих, и стандартного зарубежного термовспенивающегося материала

ТПКМ	Данные ТГ, ДСК для ТПКМ			Данные для вспененных продуктов прогрева ТПКМ (20–800 °С)		
	Потеря массы, $\Delta m$ , %	Температуры максимумов экзо-эффектов, °С	Суммарный экзотермический эффект, $\Sigma Q_{\text{экзо}}$	Вспенивание, $K_{\text{всп}}$	Плотность, г/см <sup>3</sup>	Потеря массы, $\Delta m$ , %
Т-СЭВА/БК/ХП, ТРГ, АП, Сл, Вол	46,6	255, 345, 372	2110	8,0	0,064	56,0
Д-СЭВА, ТРГ, АП, ПЭТ	49,4	375, 385, 463	1065	7,3	0,057	69,6
Стандартный зарубежный образец	44,2	306, 352, 429, 445, 550	3904*	7,3	0,069	63,0

Обозначения: ТРГ – терморасширяющийся графит; АП – антипиреновая азот-фосфор-металл-содержащая композиция; Сл – слюда; Вол – волластонит; ПЭТ – пентаэритрит

\* – данные ТГ и ДСК получены при прогреве образца в температурном интервале 20–600 °С.

Данные таблицы свидетельствуют о близких термических свойствах стандартного зарубежного и модифицированных образцов. Однако установлено, что для модифицированных образцов наблюдается более низкие показатели плотности и механической прочности коксового остатка после прогрева в температурном интервале 20–800 °С.

Для проверки огнетермозащитных свойств отобранных по результатам термических исследований композиций проведены их огневые испытания с использованием лабораторной установки, соответствующей стандартной

[13]. Для сравнения аналогичные испытания проведены для стандартного зарубежного образца («Огракс»). Результаты испытаний огнетермозащитных свойств представлены на рисунке.

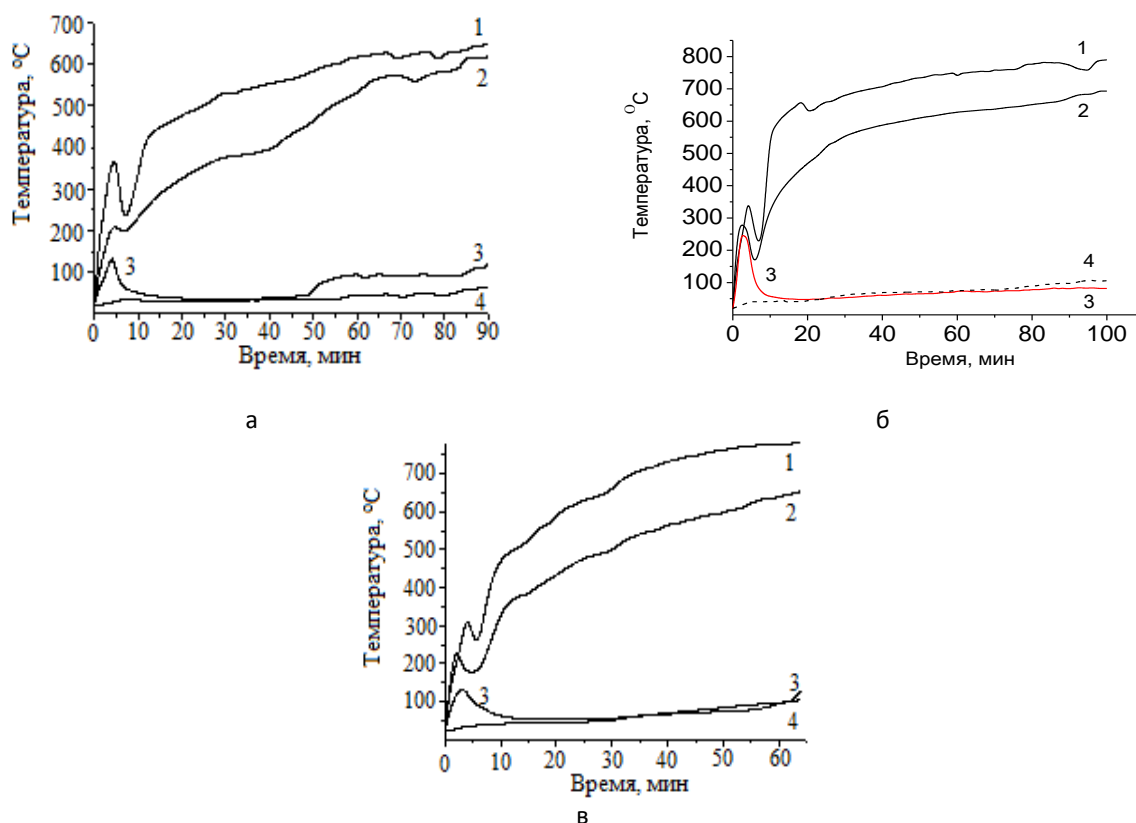


Рисунок – Результаты огневых испытаний образцов ТПКМ: *а* – образец модифицированного композита на основе термопластичного связующего; *б* – образец модифицированного композита на основе полимерной водной дисперсии; *в* – образец «Огракс». Термопары установлены: 1 – внутри фрагмента защищаемой трубы из ПП с обогреваемой стороны; 2 – в середине противопожарного устройства (муфты) с ТПКМ, одетой на защищаемый фрагмент трубы из ПП с обогреваемой стороны; 3 – внутри полимерной трубы с необогреваемой стороны; 4 – на внешней поверхности фрагмента полимерной трубы с необогреваемой стороны

Огневые испытания свидетельствуют, что в сравнении со стандартным зарубежным образцом отобранные модифицированные образцы показали более высокую огнетермозащитную эффективность: в 1,5 раза большее время до достижения критического состояния защищаемым полимерным материалом.

### **Заключение**

Таким образом, в ходе разработки отечественного полимерного термовспениваемого материала, предназначенного для использования в противопожарных устройствах для предотвращения распространения пламени по внутренним строительным коммуникациям, например, в противопожарных муфтах, проведены исследования влияния природы основных компонентов композита (полимерного связующего, вспенивающих, каркасообразующих огнезамедлительных добавок и коксообразующих агентов, инертных наполнителей) на его огнетермозащитные свойства.

Исследованы зависимости термических, физико-механических свойств после теплового воздействия от природы основных компонентов для композитов, полученных модифицированием базовой рецептуры, состоящей из полиолефинового связующего (как термопластичного, так и водно-дисперсионного этилен-винилацетатного сополимера), терморасширяющегося графита и инертного наполнителя. Показано, что композитам, изготовленным по двум разным технологическим вариантам, присущи близкие термические и огнетермозащитные характеристики.

По результатам испытаний огнетермозащитных свойств наиболее эффективных модифицированных композиций в лабораторных условиях, приближенных к стандартным, установлено, что они обеспечивают более высокий предел огнестойкости полимерной конструкции (полипропиленовой трубы) по сравнению с зарубежным аналогом. Однако установлено, что для модифицированных образцов наблюдается более низкие показатели плотности и механической прочности коксового остатка после прогрева в температурном интервале 20–800 °С.

Полученные результаты важны для направленного выбора наполнителей и модифицирующих агентов при создании композиций вспениваемых огнетермоизолирующих материалов как на основе термопластов, так и полимерных водных дисперсий.

### **Литература**

- 1 Собурь, С.В. Огнезащита материалов и конструкций / С.В. Собурь. – М.: Пожкнига, 2008. – 200 с.
- 2 Муфты противопожарные. Технические условия: СТБ 2224-2011. – Введ. 31.08.2011. – Минск: Госстандарт Респ. Беларусь, 2011. – 8 с.
- 3 Павлович, А.В. Огнезащитные вспучивающиеся покрытия / А.В. Павлович // Лакокрасочная промышленность. – 2012. – № 5. – С. 22–27.
- 4 Зыбина, О.А. Проблемы технологии коксообразующих огнезащитных композиций / О.А. Зыбина, А.В. Варламов, С.С. Мнацаканов. – Новосибирск: ЦРНС, 2010. – 50 с.

5 Ненахов, С.А. Физико-химия вспенивающихся огнезащитных покрытий на основе полифосфата аммония. Литературный обзор / С.А. Ненахов, В.П. Пименова // Пожаровзрывобезопасность. – 2010. – № 8. – С. 11–58.

6 Крашенинникова, М.В. Тенденции и перспективы разработки композиций вспучивающихся огнезащитных покрытий для повышения пределов огнестойкости строительных конструкций / М.В. Крашенинникова // Пожаровзрывобезопасность. – 2008. – № 2. – С. 36–39.

7 О связующих в огнезащитных вспучивающихся композициях / С.С. Шаталин [и др.] // Дизайн. Материалы. Технология. – 2014. – № 4(34). – С. 37–40.

8 Филиппович, Е.Н. Покрытия на основе метасиликата натрия / Е.Н. Филиппович, Л.Н. Нажарова, Г.Г. Мингазова // Вестник Казанского технологического университета. – 2011. – № 4. – С. 173–176.

9 Термовспенивающиеся композиты для создания теплоизолирующих барьеров / В.В. Богданова [и др.] // Современные пожаробезопасные материалы и технологии: сб. матер. – Иваново, 2017. – С. 23–27.

10 ГОСТ 6806–73. Материалы лакокрасочные. Метод определения эластичности пленки при изгибе / Введ. 01.07.74. – М.: Издательство стандартов, 1983. – 6 с.

11 ГОСТ 30247.0–94. Конструкции строительные. Методы испытаний на огнестойкость. Общие требования / Введ. 17.11.1994. – М.: Издательство стандартов, 2003. – 11 с.

12 ГОСТ 11722–78. Резина губчатая. Метод определения остаточного сжатия. / Введ. 29.03.1978. – М.: Издательство стандартов, 1979. – 14 с.

13 МИ 100050710.0194-2018. Методика проведения огневых испытаний термоизолирующих свойств термовспениваемой композиции (лабораторный вариант) / Введ. 13.08.2018. – Минск, 2018. – 11 с.

14 Разработка и исследование свойств термовспениваемых составов для повышения пожарной безопасности строительных конструкций / В.В. Богданова [и др.] // Полимерные материалы пониженной горючести: сб. матер. – Алматы: Нац. ун-т им. аль-Фараби, 2017. – С. 92–95.

15 Weil, E. D. Fire-protective and flame-retardant coatings – A state-of-the-art review. // Journal of Fire Sciences, 2011. – V. 29, N. 3. – P. 259–296. doi: 10.1177/0734904110395469

16 Митина, Е.Л. Влияние антипиренов на горючесть декоративных резин на основе комбинации бутадиен-стирольного и бутадиенового каучуков / Е.Л. Митина, С.Л. Барботько // Клеи. Герметики. Технологии. – 2012. – № 3. – С. 1–9.

17 Огнезащитные вспучивающиеся покрытия по металлу / А.В. Павлович [и др.] // Лакокрасочная промышленность. – 2012. – № 11. – С. 22–29.

18 Основные способы и механизмы повышения огнетеплозащитной стойкости материалов // В.Ф. Каблов [и др.] // Известия Волгоградского технического университета. – 2016. – № 4. – С. 46–60.



**УДК 614.891.3**

**Шеремет Т.В.**

*Учреждение «Научно-исследовательский институт пожарной безопасности и проблем чрезвычайных ситуаций» Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь, г. Минск*

## **ЗАЩИТНЫЕ СВОЙСТВА СПЕЦИАЛЬНОЙ ЗАЩИТНОЙ ОДЕЖДЫ ПОДШЛЕМНИКА ПОЖАРНОГО**

*Ключевые слова:* специальная защитная одежда, средства индивидуальной защиты, подшлемник пожарного.

**T. Sheremet**

*The Establishment «Research Institute of Fire Safety and Emergencies» of the Ministry for Emergency Situations of the Republic of Belarus, Minsk, Belarus*

## **PROTECTIVE PROPERTIES OF SPECIAL PROTECTIVE CLOTHES**

*Key words:* special protective clothing, personal protective equipment, firefighter hood.

### **Введение**

На основании ранее проведенных исследований, результаты которых изложены в [1], сделан вывод об актуальности разработки элемента специальной защитной одежды (далее – СЗО) – подшлемника пожарного – и определении требований к его защитным свойствам, а также разработке отечественного ТНПА, регламентирующего требования и методы испытаний подшлемника пожарного.

Поставленные задачи реализованы в рамках ГПНИ «Обоснование оптимальных технических решений производства подшлемника пожарного и определение требований по его защитным свойствам» (подпрограмма «Научное обеспечение безопасности человека, общества и государства» ГПНИ «Информатика, космос и безопасность»).

Эффективность СЗО и средств индивидуальной защиты (далее – СИЗ) зависят от правильного и пошагового подхода к выбору конструкции материалов (размер и толщина нити, плетение, поверхностная плотность материала и т.д.), которые на сегодняшний день можно реализовать при помощи новейших технологий, использование которых позволяет изготавливать материал с заданными свойствами и удовлетворять практически любые специфические требования пользователей.

Проведенный анализ и систематизация требований ТНПА, литературных источников, научных исследований указывают на то, что подшлемник пожарного должен изготавливаться из огнестермостойкого трикотажного полотна, качественный состав которого должен обеспечивать защитные и эргономические свойства согласно предъявляемым требованиям

к данной СЗО.

Огнестермостойкий трикотаж обладает рядом специфических свойств: высокая эластичность, воздухо- и паропроницаемость, гигроскопичность материала, хорошая формоустойчивость, а также высокие теплофизические и физико-механические свойства. Все вышеперечисленные свойства с обоснованными показателями и спецификой использования СЗО и СИЗ учитываются при ее разработке.

В Республике Беларусь единственным производителем огнестойкого волокна является ОАО «СветлогорскХимволокно», которое производит огнестермостойкое волокно Арселон.

На основании проведенных научных исследований установлено, что волокно Арселон обладает необходимыми свойствами и может конкурировать с зарубежными огнестойкими волокнами, которые используются при производстве экипировки пожарных-спасателей.

### **Основная часть**

Существующие на сегодняшний день огнестермостойкие трикотажные полотна условно можно разделить на три группы:

состоящие из арамидных волокон (состав 95–100 % арамидных волокон);

хлопковые, имеющие огнезащитную пропитку (запатентованная технология Пробан, Пироватекс и т.д.);

состоящие из смесовых волокон, содержащие натуральные, искусственные и синтетические волокна.

Для расширения перечня потенциально применимых материалов для СИЗ и СЗО изучены образцы отечественных и зарубежных огнестермостойких трикотажных полотен, проведены лабораторные испытания более 20 образцов. Обобщенные результаты испытаний представлены в таблице 1.

Из представленных данных в таблице можно сделать вывод:

aramидные материалы (содержание арамида 90–100 %) имеют высокие значения по физико-механическим и теплофизическим показателям. На сегодняшний день арамидные ткани могут быть рекомендованы для изготовления СИЗ подшлемника пожарного и полностью обеспечивать необходимые защитные свойства;

смесовые материалы (aramид + негорючая вискоза, модакрил (огнестойкий) + хлопок, арамид + шерсть + полиакрилонитрил (ПАН)) уступают арамидным тканям по физико-механическим и теплофизическим показателям (разрывные нагрузки меньше, не выдерживают воздействие окружающей среды 300 °С);

хлопковые огнестойкие ткани уступают арамидным и смесовым тканям по показателям разрывной нагрузки и теплостойкости (устойчивость этих



тканей к воздействию окружающей среды не выше 260 °С), а также при эксплуатации снижаются защитные свойства (вымывается огнезащитная пропитка).

Таблица 1 – Обобщенные результаты испытаний огнестермостойких трикотажных полотен

Показатели	Арамидные материалы	Хлопковые материалы (огнестойкие)	Смесовые материалы (огнестойкие)
Разрывная нагрузка, Н, не менее: по основе (длине); по утку (по ширине)	от 300 до 800; от 200 до 650	от 150 до 500; от 100 до 350	от 200 до 650; от 150 до 450
Устойчивость к воздействию открытого пламени, с, не менее	15	15	15
Устойчивость к воздействию температуры окружающей среды 260 °С, не менее 300 с	+	+	+
Устойчивость к воздействию температуры окружающей среды 300 °С, не менее 300 с	+(более 300 °С)	–	–
Устойчивость к воздействию теплового потока 5,0 кВт/м <sup>2</sup> , с, не менее	более 240	240	более 240

Подробная информация по температурам загорания и фазовых переходов распространенных волокон материалов представлена в таблице 2.

Из представленных данных в таблице можно сделать вывод:

1. По значению кислородного индекса (далее – КИ), обозначающего минимальное объемное содержание кислорода в окружающем воздухе, при котором возможно свечеобразное горение данного материала, можно оценивать огнестойкость. Текстильные материалы с КИ > 21 (процентное содержание кислорода в окружающем воздухе) не предрасположены к поддержанию устойчивого горения на воздухе. Волокна с КИ = 26–28 имеют тенденцию к замедлению горения на воздухе и проходят элементарные тесты на воспламенение полоски ткани. Материалы с КИ > 30 имеют высокие огнезащитные свойства.

2. Способность материалов выдерживать повышенные температуры, не изменяя своих физических характеристик, называется теплостойкостью. У термопластичных волокон физические изменения от нагрева наступают при так называемых температурах стеклования (размягчения) T<sub>g</sub> и плавления T<sub>m</sub>, а химические изменения имеют место при температуре пиролиза T<sub>p</sub>, когда наступает термическая деструкция полимера, за которой следует

возгорание при температуре Tс.

Таблица 2 – Температуры загорания и фазовых переходов распространенных волокон [2]

Волокно	Tg, °C (стекло вание)	Tm, °C (плавление)	Tr, °C (пиро- лиз)	Tс, °C (загорание)	Tf, °C* (пламя)	КИ, % (кисл. индекс)
Шерсть	–	–	245	570-600	680 (h)** 825 (v)	25
Хлопок	–	–	350	350	974 (h)	18,4
Вискоза	–	–	350	420	–	18,9
Нейлон 6	50	215	431	450	–	20-21,5
Нейлон 6.6	50	265	403	530	861 (h)	20-21,5
Полиэстер	80-90	255	420-447	480	649 (h) 820 (v)	20-21
Акрил	100	>220	290	>250	910 (h) 1050 (v)	18,2
П-пропилен	-20	165	470	550	–	18,6
Модакрил	<80	>240	273	690	–	29-30
ПВХ	<80	>180	>180	450	–	37-39
М-арамид	275	375*	>425	>500	–	29-30
П-арамид	340	560*	>590	>550	–	29
Полиоксадиазол (арселон)	340	540*	>500	>500	–	27-30
Kermel	340	430*	>450	>500	–	32

\* Арамиды не плавятся, а начинают медленно карбонизироваться;

\*\* Температуры пламени указаны только для волокон, которые горят на воздухе: h – горизонтального, v – вертикального пламени.

Чем ниже температуры физических изменений (стеклования Tg и плавления Tm), тем хуже теплостойкость материала. Для распространенных текстильных волокон, таких как полипропилен, полиэстер, нейлон, соответствующие низкие температуры стеклования Tg и плавления Tm означают низкую теплостойкость. Поглощая тепловую энергию от мощного источника, такие материалы будут не только усаживаться и деформироваться, но и начнут плавиться, разрушая текстильную структуру с ужасными последствиями для пользователя.

При термической усадке ткани из термопластичных волокон исчезают пододежные воздушные зазоры (эффект термоусадки), что серьезно увеличивает процент и степень тяжести термических ожогов пользователя. Для СЗО и СИЗ рекомендуется выбирать не термопластичные теплостойкие материалы с высокими температурами фазовых переходов (физических изменений), которые не плавятся, а медленно карбонизируются

с минимальной усадкой.

Для выбора материалов эффективной огнезащитной спецодежды необходимо руководствоваться не отдельно взятыми эксплуатационными характеристиками того или иного волокна (материала), а рассматривать в комплексе огнестойкие, теплостойкие и теплозащитные свойства. Например, некоторые материалы могут обладать высокой негорючестью, но при этом начинать плавиться при относительно невысоких температурах, плохо отражать тепловое излучение или сильно проводить тепло через себя. В результате высокая негорючесть такого материала будет малоэффективной в защите пользователя от термических ожогов. Именно поэтому очередная «самая огнестойкая ткань на рынке» может быть совсем не пригодной для огнезащитной спецодежды. Одновременной огнестойкостью и теплостойкостью обладает немногочисленная группа волокон из числа хорошо известных специалистам ароматических полиамидов или так называемых арамидов. Высокомодульные параарамидные волокна широко известны своим применением для изготовления средств баллистической защиты, однако из-за невозможности окрашивания параарамиды в чистом виде для изготовления промышленной защитной спецодежды не применяются.

Для эффективной и комфортной СЗО и СИЗ наиболее подходят полиоксомедозольные волокна, метаарамидные или их композиции с параарамидами и/или огнестойкой вискозой.

Сравнительные данные по основным свойствам известных огнестермостойких волокон представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Краткая информация об огнестермостойких волокнах, пригодных для изготовления СЗО

Материал верха, химическое название	Температура пиролиза, °С (больше – лучше)	Кислородный индекс, % (больше – лучше)	Разрывные нагрузки, Н основа/уток (больше – лучше)
<b>РВО</b> полибензоксазол 100%	700	68	1600/1300
<b>РВІ</b> полибензимидазол 100%	700	42	1300/1100
<b>Кевлар</b> параарамид 100%	590	≥29	1500/1300
<b>Арселон</b> полиоксадиазол 100%	500	≥30	1300/1100
<b>Кермель</b> полиамидимид 100%	450	32	1400/1300
<b>Номекс</b> метаарамид 93%, параарамид 5%,	425	30	1250/1100

антистатик 2%			
---------------	--	--	--

Волокно Арселон продолжительное время используется при производстве материала верха (ткани) для боевой одежды пожарного (далее – БОП). В отличие от трикотажного полотна из волокна Арселон, ткань из этого же волокна была исследована, установлены зависимости между конструкцией материала и ее теплофизическими и физико-механическими свойствами.

Совместно с Витебским государственным технологическим институтом, используя имеющееся технологическое оборудование, для проведения исследований наработаны опытные образцы различной конструкции трикотажного полотна из волокна Арселон:

образец №1 – трикотажное полотно арселон/хлопок с плотностью 225 г/м<sup>2</sup> (комбинированное переплетение);

образец №2 – арселоновое трикотажное полотно с плотностью 352 г/м<sup>2</sup> (переплетение ластик 1×1);

образец №3 – арселоновое трикотажное полотно с плотностью 521 г/м<sup>2</sup> (переплетение ластик 1×1);

образец №4 – арселоновое трикотажное полотно с плотностью 190 г/м<sup>2</sup> (переплетение кулирная гладь).

Данные образцы подвергались испытаниям по показателям, определенным на основании анализа требований зарубежных ТНПА и разработанной методики проведения испытаний. Испытания проводились на базе НПЦ Витебского областного УМЧС. Основные теплофизические показатели, определяющие защитные свойства подшлемника пожарного, и оценка результатов испытаний представлены в таблице 4.

При определении устойчивости материала к воздействию температуры 260 °С и изменения линейных размеров после нагревания образцы №№ 1–4 не превысили нормируемые показатели по усадке материала и потери разрывных нагрузок, разрушения материала не произошло.

При определении устойчивости материала к воздействию открытого пламени при поверхностном поджигании образцы №№ 1–4 показали положительный результат – остаточного тления и горения не наблюдалось. Остаточного тления и горения не наблюдалось и при поверхностном поджигании образцов после 5 циклов стирки.

При определении устойчивости материала к воздействию теплового потока 5,0 кВт/м<sup>2</sup> разрушения материала на всех образцах не произошло, показатели по разрывным нагрузкам материалов в пределах нормы.

Стоит отметить, что согласно проведенным испытаниям все образцы показали положительный результат.

Таблица 4 – Показатели, определяющие защитные свойства подшлемника пожарного [4]

Показатель	Оценка результатов
Устойчивость к воздействию открытого пламени, не менее 15 с <i>Испытание проб материала подшлемника проводят только при поверхностном зажигании</i>	Материал подшлемника считают выдержавшим испытания, если: – время остаточного горения составило не более 2 с; – время остаточного тления составило не более 2 с. Те же результаты испытаний должны наблюдаться и после пяти стирок или пяти химчисток материала подшлемника
Устойчивость материала подшлемника к воздействию температуры 260 °С, изменения линейных размеров после нагревания, не менее 300 с	Материал подшлемника считают выдержавшим испытания, если на всех пробах не произошло: – разрушения материала (оплавления, обугливания, прогара); – воспламенения; – усадки образцов материала по длине и ширине более 5 %; – снижения разрывной нагрузки ниже 250 Н по длине и 200 Н по ширине
Устойчивость материала подшлемника к воздействию теплового потока 5,0 кВт/м <sup>2</sup> , не менее 240 с	Материал подшлемника считают выдержавшим испытания, если на всех пробах не произошло: – разрушения материала (оплавления, обугливания, прогара); – воспламенения; – снижения разрывной нагрузки ниже 400 Н по длине и 320 Н по ширине

Для более подробной идентификации разработанных образцов были проведены дополнительные испытания на устойчивость материалов к воздействию теплового потока 5,0 кВт/м<sup>2</sup> с расширенным анализом результата. При проведении испытаний с помощью термопар, закрепленных на обратной стороне образца материала, фиксировались значения по тепловому потоку и температуре (таблица 5).

Из представленных данных в таблице можно сделать вывод, что на теплозащитные свойства материала влияют плотность полотна, технология переплетения и его состав.

Таблица 5 – Показатели теплового потока и температуры, определенные при испытаниях материалов (4 опытных образцов) на устойчивость к воздействию теплового потока 5,0 кВт/м<sup>2</sup>

Наименование образца	Значение (на обратной стороне материала)	
	теплового потока, кВт/м <sup>2</sup>	температуры, °С
Образец №1 – трикотажное полотно арселон/хлопок с плотностью 225 г/м <sup>2</sup> (комбинированное переплетение)	2,7	55
Образец №2 – арселоновое трикотажное полотно с плотностью 352 г/м <sup>2</sup> (переплетение ластик 1×1)	2,5	53
Образец №3 – арселоновое трикотажное полотно с плотностью 521 г/м <sup>2</sup> (переплетение ластик 1×1)	2,3	52
Образец №4 арселоновое трикотажное полотно с плотностью 190 г/м <sup>2</sup> (кулирная гладь)	2,6	54

Установленные требования и методы испытаний по определению защитных свойств подшлемника пожарного в рамках данных исследований легли в основу изменений № 1 в СТБ [4], а также при определении требований к защитным свойствам закупаемых подшлемников пожарного для подразделений МЧС.

### Литература

1. Шеремет, Т.В. Аналитический обзор зарубежных технических нормативных правовых актов, устанавливающих требования к подшлемникам пожарного / Т.В. Шеремет, О.Д. Навроцкий, Н.М. Дмитрикович // Вестник Университета гражданской защиты МЧС Беларуси. – Мн.: ГУО «Университет гражданской защиты Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь». – 2017. – Т. 1, № 4. – С. 437–445.

2. Скоков, С.Ю. Особенности выбора материалов огнезащитной спецодежды для работников нефтегазового комплекса // [Электронный ресурс]. Режим доступа: [http://ivcompany.ru/useful\\_info/publishing/2153/](http://ivcompany.ru/useful_info/publishing/2153/). Дата доступа 18.07.2017.

3. Скоков, С.Ю. Выбор материалов летней огнезащитной спецодежды для работников взрывопожароопасных производственных объектов / С.Ю. Скоков // Охрана труда и пожарная безопасность. – 2016. – № 1.

4. Система стандартов безопасности труда. Одежда пожарных боевая. Общие технические условия: СТБ 1971-2009. Государственный стандарт Республики Беларусь. – Введ. 01.01.2010. – 35 с.



**УДК 614.895.5: 687.157**

**канд. техн. наук Иванов Ю.С.,  
канд. техн. наук Емельянов В.К.,  
Лукьянов А.С.**

*Учреждение «Научно-исследовательский институт пожарной безопасности и проблем чрезвычайных ситуаций» МЧС Республики Беларусь, г. Минск*

### **ПЕРСПЕКТИВЫ ВНЕДРЕНИЯ В ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ МЧС РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ УНИВЕРСАЛЬНОГО ЖИЛЕТА СПАСАТЕЛЯ**

Рассмотрен вопрос о перспективе дальнейшего использования элемента экипировки – универсального жилета пожарного-спасателя. В целях реализации концепции оптимального материально-технического обеспечения пожарного-спасателя в Республике Беларусь проводится плановая работа по разработке и модернизации экипировки спасателей. Обмундирование спасателя должно позволять оперативно использовать различные наборы инструмента, необходимого для ликвидации конкретной чрезвычайной ситуации, и повышать общий уровень защищенности работника, что может быть обеспечено в том числе разработкой и применением унифицированного жилета пожарного-спасателя.

*Ключевые слова:* спасатель, универсальный жилет, экипировка, термовставки, ткань.

**Ph.D. (tech.) Y. Ivanov,  
Ph.D. (tech.) A. Lukyanau,  
V. Emelyanov**

*The Establishment «Research Institute of Fire Safety and Emergencies» of the Ministry for Emergency Situations of the Republic of Belarus, Minsk, Belarus*

### **PROSPECTS FOR IMPLEMENTATION IN THE ACTIVITIES OF THE MINISTRY OF EMERGENCIES OF THE REPUBLIC OF BELARUS A UNIVERSAL VEST OF A RESCUER**

The article discusses the possibility of further use of the element of equipment - a universal vest of a fire rescuer. In order to implement the concept of optimal material and technical support for a hot rescuer in the Republic of Belarus, planned work is underway on different work and modernization of rescue equipment. Rescue duties should be able to quickly use various tool kits that do not require mandatory access to emergencies, and increase the overall level of security of work that can be provided, including by developers and victims of a unified living space for a fire rescue.

*Key words:* rescuer, universal vest, equipment, term rates, fabric.



Учитывая стихийный характер возникновения чрезвычайных ситуаций, а также возможного осложнения оперативной обстановки при ее ликвидации, характер и вид работ, выполняемых в зоне чрезвычайной ситуации, может изменяться.

В этой связи актуальным становится вопрос о разработке и обосновании концепции оптимального материально-технического обеспечения пожарного-спасателя. Такая концепция, на наш взгляд, должна обеспечить, с одной стороны, оперативное изменение набора инструмента, находящегося у спасателя в зоне чрезвычайной ситуации; с другой стороны, вывоз всего имеющегося инструментария при сборе и выезде по тревоге, что может быть обеспечено разработкой унифицированного жилета пожарного-спасателя.

Часто при ведении аварийно-спасательных работ подразделениями по чрезвычайным ситуациям возникают экстремальные микроклиматические условия (высокая температура, повышенная или сниженная влажность, высокая скорость движения воздуха, загазованность, задымленность). От дыма и газов при пожарах в мире ежегодно погибает около 86 человек на 1 млн. населения, причем эта величина имеет тенденцию к дальнейшему росту.

Специфической особенностью деятельности пожарных спасательных подразделений является то, что проводимые работы связаны с опасностью травмирования и риском для жизни из-за возможных взрывов и обвалов, ограниченной видимости или полного ее отсутствия, высокой температуры, чаще всего высокой влажности воздуха. При работе в защитных дыхательных аппаратах, теплоотражающих и, особенно, теплозащитных костюмах, пожарные испытывают большую физическую нагрузку, значительное напряжение всех функциональных систем организма, в том числе терморегуляции, нагрузку на нервную систему.

Физические нагрузки при тушении пожаров и ликвидации аварий в целом можно отнести к категории тяжелого физического труда. При ведении работ по тушению пожаров в разных погодных условиях организм пожарных может поддаваться влиянию резких и многократных перепадов внешней температуры.

Вблизи очага пожара на спасателя действует значительное тепловое излучение, которое вызывает необходимость применения средств индивидуальной защиты – теплоизолирующих и теплозащитных костюмов. Кроме того, значительно повышается психоэмоциональное напряжение пожарного, потому что при работе в защитных костюмах резко снижается обзор окружающего пространства, отсутствует контроль за работой дыхательного аппарата, ограничивается свобода движений.

На смену старым теплоизоляционным материалам пришли материалы нового поколения, позволяющие достичь высоких показателей изоляции,

появились новые технологии управления тепловыми потоками. Недостатки существующих средств во многом снижают эффективность работы в условиях нагревательного микроклимата. Поэтому совершенствование средств индивидуальной противотепловой защиты позволит повысить эффективность ведения работ в зонах высоких температур [1–3].

В рамках проводимой научно-исследовательской работы по разработке универсального жилета спасателя прорабатывается вопрос об использовании специальных теплоизоляционных вставок.

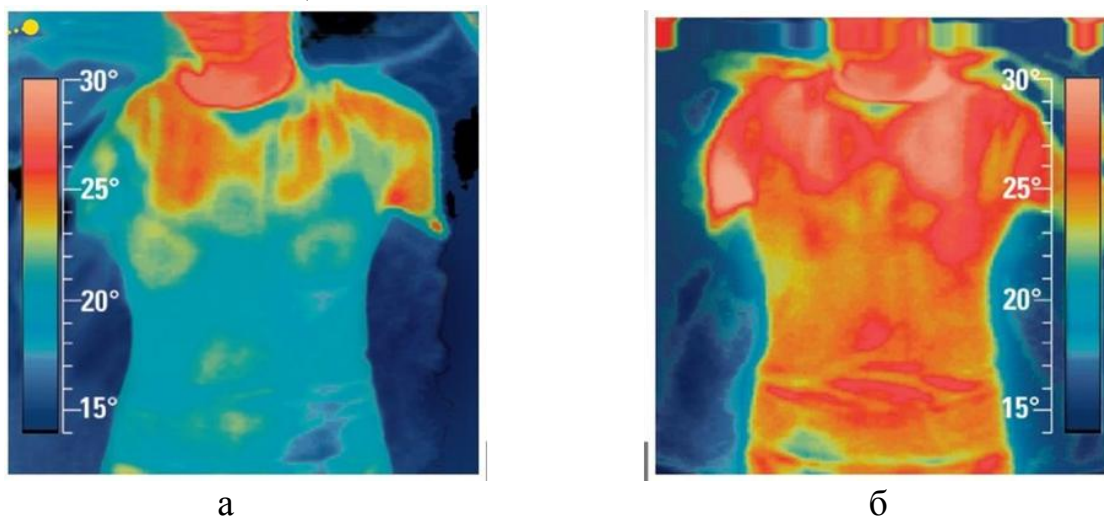


Рисунок 1 – Температурная карта теплового воздействия на спасателя во время длительных работ по тушению пожаров в экосистемах при переохлаждении (а) и воздействии плотного теплового потока (б)

Необходимость наличия охлаждающих термовставок обусловлена результатами ранее проведенных исследований, которые указывают на то, что именно грудная часть туловища ввиду большой контактной площади является наиболее уязвимой с точки зрения получения теплового удара, а также некоторыми трагическими случаями, произошедшими при тушении экосистем.

В организме человека постоянно происходит образование тепла в результате окислительных процессов при расщеплении еды и за счет его мышечной деятельности. При интенсивности обмена веществ в состоянии покоя, равной 87 Вт, у пожарного при выполнении физической работы в теплозащитном костюме она может вырасти до 700–800 Вт, при этом приблизительно 80–85 % ее превращается в теплоту.

При нормальных и низких температурах окружающей среды, пока температура кожи выше температуры воздуха, теплоотдача происходит путем конвекции, теплопроводности и радиации. Высокая температура окружающей среды вызывает нагревание кожных покровов и, если температура кожи ниже температуры воздуха, то теплоотдача этими путями

прекращается и происходит только путем испарения пота. При испарении каждого грамма воды с поверхности кожи организм отдает 2,43 кДж. Однако интенсивность испарения пота зависит от разницы парциальных давлений водяного пара над поверхностью кожи и в окружающем воздухе. При относительной влажности 100 % испарение, как правило, прекращается. При высокой температуре окружающей среды и тяжелой физической нагрузке увеличение скорости движения воздуха не принимает охлаждающего действия, а, наоборот, увеличивает эффект нагрева.

Влияние теплового излучения на организм имеет ряд особенностей в сравнении с эффектом высокой температуры нагретого воздуха. В первую очередь, это более глубокое прогревание, которое приводит к повышению температуры кожи, тканей и внутренних органов. К важнейшим последствиям теплового излучения стоит отнести возникновение ожогов. При использовании боевой одежды значительная часть теплового излучения задерживается ею и не достигает кожи в течение некоторого времени. Однако отсутствие специальной отражающей поверхности приводит к быстрому нагреванию одежды, что способствует накоплению тепла в организме [4].

На разработанном опытном образце жилета, навесных сумок, чехлов и пеналов использована ткань красного цвета «Мадейра TR» арт. ЛМ-6 производства ОАО «Моготекс» с поверхностной плотностью 210–220 г/м<sup>2</sup>. Материал фурнитуры – металл и негорючая пластмасса.



а



б

Рисунок 2 – Термоохлаждающие вставки (а) и наружные чехлы, пеналы и подсумки, изготовленные под размер носимого инвентаря по системе MOLLE (б)



а



б

Рисунок 3 – Экспериментальный образец универсального жилета спасателя:  
вид сбоку (а) и вид сзади (б)

Универсальный жилет спасателя будет состоять из базового слоя с возможностью различного крепления вспомогательных подсумков. Внутренняя часть – для использования дополнительных вставок-вкладышей с целью обеспечения плавучести на воде или охлаждающего элемента.

Разрабатываемое изделие включает в себя:

жилет, надеваемый поверх боевой одежды пожарного и предназначенный для ношения инвентаря и приспособлений в чехлах, пеналах и подсумках, фиксируемых на жилете с помощью фурнитуры (кнопок и карабинов);

навесные элементы экипировки:

наружные чехлы, пеналы и подсумки, изготовленные под размер носимого инвентаря по системе MOLLE (рисунок 2);

внутренняя термовставка, предназначенная для защиты от теплового удара при тушении пожара;

внутренняя воздушнонаполняемая вставка, предназначенная для работы на водоемах.

Совместно с РПУП «Униформ» проводится модернизация перспективного образца, в ходе которой проводится работа по:

поиску и систематизации научно-технической и патентной информации в сфере разработки экипировки спасателей при проведении аварийно-спасательных работ;

разработка и согласование комплекта эскизной документации и технических условий на элементы экипировки;

изготовление опытных образцов элементов экипировки, проведение их приемочные испытаний и опытно-эксплуатационной носки в подразделениях МЧС Республики Беларусь.

В результате обзора и анализа научно-технической информации о конструкциях разгрузочных и спасательных жилетов для проведения аварийно-спасательных работ можно сделать следующие выводы:

1. Разгрузочные жилеты применяют при проведении специфических работ, когда необходимо иметь при себе достаточное количество инструмента и приспособлений.

2. Материал, используемый для изготовления жилетов, не должен накапливать влагу и поддерживать горение.

3. Жилеты выполняются из специальных материалов, например, ТСВМ (ткань специальная высокомолекулярная), Мадейра-TR (ткань огнестойкая на основе 100%-го хлопка); Леонид арт. ЛМ-6 с поверхностной плотностью 210–220 г/м<sup>2</sup>.

4. Разгрузочные жилеты могут сочетаться с ремнем или поясом, что позволяет дополнительно размещать на нем различное боевое и тактическое снаряжение. Кроме того, с присоединенным ремнем возможно десантирование парашютным способом, не снимая снаряжение, без боязни его потери. Все замки и элементы выполняются с учетом перегрузок при прыжках.

5. Размещение на жилетах подсумоков и пеналов для аварийно-спасательного инструмента и приспособлений позволяет повысить эффективность и оперативность аварийно-спасательных работ в условиях пожаров, наводнений, стихийных бедствий, осуществляя при необходимости передвижение и управление транспортными средствами без каких-либо неудобств.

6. Существующие разгрузочные жилеты для работников пожарных аварийно-спасательных подразделений, как правило, представляют конструкцию с большим количеством накладных, несъемных карманов, что не позволяет оперативно комплектовать жилеты необходимым инструментом и приспособлениями для выполнения работ в условиях различных чрезвычайных ситуаций.

По результатам проведенной работы предлагается конструкция унифицированного разгрузочного жилета со следующими особенностями:

наличие навесных элементов положительной плавучести, позволяющих поддерживать спасателя и одного спасаемого на поверхности воды в случае его попадания в водоем;

підсумки і пенали для аварійно-спасального інструмента і пристосувань, прикріплені по системі MOLLE, дозволяють працівникам аварійно-спасальних служб самостійно комплектувати підсумки і пенали необхідним інструментом, снаряженням, пристосуваннями, після чого надійно прикріплюють їх к жилету з урахуванням індивідуальних уподобань працівника;

передбачена можливість заміни вставок підвищеної плавучості на теплоізоляційні вставки, дозволяють захищати спасателя від негативного впливу теплового потоку високої густоти.

На сьогоднішній день експериментальний зразок проходить випробувальну носку в підрозділах МНС. В перспективі планується продовжити далішні наукові дослідження по розробці і забезпеченню якісним і інноваційним вітчизняним обладнанням працівників ОПНС.

#### Література

1. Морозов, А.І. Удосконалення протитеплового одягу гірників та рятувальників / А.І. Морозов, В.В. Колеснікова // Науковий вісник УкрНДІПБ. – 2010. – № 2 (22). – С. 81–86.
2. Колеснікова В.В. Об изменении конструкции противотеплового жилета горнорабочих и спасателей / В.В. Колеснікова // Вісті Донецького гірничого інституту : Всеукраїнський науково-технічний журнал гірничого профілю. – Донецьк: ДВНЗ «ДонНТУ», 2010. – № 2. – С. 220–224.
3. Костенко, В.К. Дослідження теплофізичних властивостей протитеплового жилету / В.К. Костенко, В.В. Колеснікова, А.І. Морозов // Пожежна безпека: Зб. наук. пр. – Львів: ЛДУ БЖД, 2011. – № 18. – С. 81–85.
4. Костенко, Т.В. Повышение безопасности и тактических возможностей спасателей при ликвидации пожаров с высоким тепловыделением / Т.В. Костенко // Вісник приазовського державного технічного університету, г. Маріуполь, Донецька область, Україна, 2016. – Вип. № 33. – С. 198–205



**УДК 004.5, 004.6**

**канд. техн. наук Семененко Л.В.,  
Каштан А.О., Кочик Е.Н., Андрейчик Д.В.,  
Захаренков М.А., Плевако Д.Н., Кругликова С.А.**

*Научно-исследовательское учреждение «Институт прикладных физических проблем имени А.Н. Севченко» Белорусского государственного университета, г. Минск*

*Республиканский центр управления и реагирования на чрезвычайные ситуации Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь, г. Минск*

## **ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ОЦЕНКИ РИСКОВ ЗАТОПЛЕНИЙ ОТ РЕК В ПЕРИОД ВЕСЕННЕГО ПОЛОВОДЬЯ И ПАВОДКОВ**

Описаны принципы построения информационно-аналитической системы оценки рисков затоплений от рек в период весеннего половодья и паводков на основе ретроспективного анализа и ее возможности, проектные решения. Система внедрена в РЦУРЧС МЧС Республики Беларусь.

*Ключевые слова:* прогнозирование затоплений, учет затоплений.

**Ph.D. (Tech.) L.V. Semianenko,  
A.O. Kashtan, Y.N. Kochyk, D.V. Andreychik,  
M.A. Zakharenkov, D.N. Plevako, S.A. Kruglikova**

*The Establishment «Institute of applied physics problems named after A.N. Sevchenko» of the Belarusian state University, Minsk*

*Republican emergency management and response center of the Ministry for Emergencies of the Republic of Belarus, Minsk*

## **INFORMATION AND ANALYTICAL SYSTEM FOR FORECASTING THE OCCURRENCE OF FLOODING FROM RIVERS DURING SPRING FLOODS**

The article describes the principles of building an information and analytical system for forecasting the occurrence of flooding from rivers during the spring flood and floods based on retrospective analysis and its design solutions.

The system is implemented in Ministry of emergencies of the Republic of Belarus.

*Key words:* forecasting of floods, decision support on flood prevention.

Одной из задач снижения экономического ущерба от чрезвычайных ситуаций является прогнозирование рисков возникновения затоплений при половодьях и паводках.



Для решения данной задачи в рамках Государственной научно-технической программы «Защита от чрезвычайных ситуаций – 2020» реализовано задание «Разработать информационно-аналитическую систему оценки рисков затоплений от рек в период весеннего половодья и паводков на основе ретроспективного анализа».

Целью создания информационно-аналитической системы оценки рисков затоплений от рек в период весеннего половодья и паводков на основе ретроспективного анализа (далее – информационно-аналитическая система оценки рисков затоплений) является обеспечение комплексного учета данных по затоплениям, на основе которого осуществляется краткосрочная и долгосрочная оценка рисков затоплений и получение аналитической информации.

Созданная информационно-аналитическая система оценки рисков затоплений функционирует в Республиканском центре управления и реагирования на чрезвычайные ситуации Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь (далее – РЦУРЧС МЧС Республики Беларусь). Сотрудники Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь (далее – МЧС Республики Беларусь) используют систему в корпоративной сети МЧС Республики Беларусь в соответствии с выделенными правами. Пользователи могут вносить в оперативном режиме данные по затоплениям, привлекаемым силам и средствам, получать аналитическую информацию о текущих и ликвидированных затоплениях, привлекаемых силах и средствах, прогнозируемых затоплениях в виде отчетов и с отображением на картографической основе.

Информационно-аналитическая система оценки рисков затоплений представляет собой Web-приложение, функционирующее на основе единой базы данных и состоящее из следующих модулей: ведения метаданных; ввода оперативных данных по затоплениям; учета сил и средств; оценки рисков затоплений; анализа данных; отображения данных на картографической основе; импорта данных, поступающих от Государственного учреждения «Республиканский центр по гидрометеорологии, контролю радиоактивного загрязнения и мониторингу окружающей среды» (далее – Белгидромета).

Для создания единой базы данных по затоплениям выполнены следующие работы:

изучены и проанализированы имеющиеся в РЦУРЧС МЧС Республики Беларусь исторические данные по результатам возникновения затоплений, выполнен их анализ и структурирование, сформирована историческая база данных по затоплениям с соответствующими данными Белгидромета;

разработана концептуальная модель предметной области, обеспечивающая структурированное описание всех объектов, необходимых



для последующей оценки рисков возникновения затоплений и получения аналитической информации, с их количественными и качественными характеристиками и взаимосвязями между ними;

разработано программное обеспечение ведения метаданных, предназначенное для обеспечения процессов ведения баз данных, оценки рисков затоплений, получения аналитической информации и формирования данных для отображения на картографической основе;

разработано программное обеспечение ввода данных по затоплениям, позволяющее сотрудникам МЧС Республики Беларусь вводить оперативную информацию о затоплениях, а также найти необходимые данные для ее заполнения;

разработано программное обеспечение ведения данных по учету сил и средств, обеспечивающее ввод данных по подготовленным к половодью силам, средствам и материальным ресурсам в районах.

Программное обеспечение ввода данных по затоплениям и учета сил и средств реализовано с использованием простого и удобного Web-интерфейса, позволяющего быстро вводить текущую информацию, а также найти необходимые данные по предыдущим затоплениям в удобном виде.

Для разработки методов и алгоритмов оценки рисков затоплений выполнены следующие работы:

проведен анализ опыта создания аналогичных систем и имеющихся в РЦУРЧС МЧС Республики Беларусь исторических данных по затоплениям;

по результатам проведенного анализа разработан алгоритм оценки рисков затоплений, основанный на выявлении закономерностей между возникновением затопления и характеристиками уровней воды ближайшего гидропоста;

проанализированы и структурированы исторические данные по затоплениям и данные Белгидромета, сформирована база исторических данных затоплений, на основе которой проведена оптимизация разработанных алгоритмов оценки рисков затоплений.

Оценка рисков затоплений осуществляется в автоматизированном режиме с категорированием на основе исторических данных и получаемых прогнозных данных Белгидромета по гидропостам на сезон (для долгосрочной оценки риска затопления) и оперативным данным по гидропостам и гидрометеоданным Белгидромета (для краткосрочной оценки риска затопления).

В качестве метода прогнозирования риска затоплений во время половодий и паводков определен экспертный аналитический метод прогнозирования, базирующийся на определении параметров, обуславливающих возникновение затоплений. Для реализации данного метода на основе анализа условий возникновения затоплений по

историческим данным определен в качестве основного параметра – уровень воды на сопутствующем гидропосте. Определена причинно-логическая связь затоплений с данным параметром, которая формализована в виде алгоритма оценки рисков затопления от рек в период половодий и паводков. Затем на основе анализа имеющихся исторических данных проведено тестирование данного алгоритма и оптимизация используемых в нем коэффициентов.

Алгоритм оценки рисков затоплений использует принцип корректировки оценки рисков затопления по вновь поступающим данным.

Результаты оценки рисков отображаются на картографической основе, а также в виде табличного представления списка опасных по категориям территорий (населенных пунктов, участков дорог, мостов, садовых товариществ и т.д.).

Отображение на картографической основе данных по текущим и ликвидированным затоплениям, прогнозные оценки рисков затоплений осуществляются как с использованием распространенных онлайн-сервисов, так и путем выгрузки координат мест затоплений и атрибутивной информации для последующего отображения в корпоративной геоинформационной системе МЧС Республики Беларусь.

Модуль анализа данных обеспечивает получение комплексной текущей и сводной информации по всем основным направлениям прогнозирования и контроля затоплений, включая изменения уровней воды на гидропостах, текущим и ликвидированным затоплениям, привлекаемым силам и средствам и т.д.

Модуль импорта данных Белгидромета обеспечивает загрузку гидрометеоданных, поступающих от Белгидромета.

Модуль разграничения прав пользователей предназначен для разграничения прав доступа к объектам и функциям системы для различных категорий пользователей.

Проектные решения, реализованные и используемые в информационно-аналитической системе оценки рисков затоплений:

1. Размещение компонент информационно-аналитической системы оценки рисков затоплений на комплексе технических средств вычислительной инфраструктуры РЦУРЧС МЧС Республики Беларусь представлено на рисунке 1.

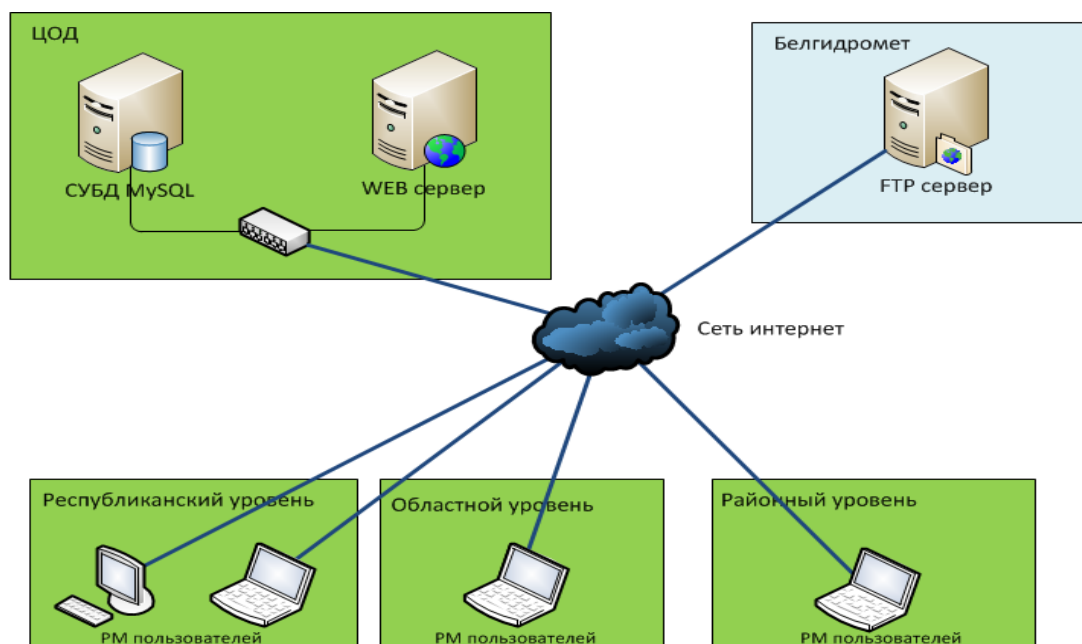


Рисунок 1 – Структурная схема размещения компонент информационно-аналитической системы оценки рисков затоплений на комплексе технических средств вычислительной инфраструктуры РЦУРЧС МЧС Беларуси

2. Функционирование информационно-аналитической системы оценки рисков затоплений обеспечивается следующими аппаратно-программными средствами:

- 1) персональными компьютерами, обозначенными на схеме как «Рабочие места пользователей»;
- 2) «WEB-сервером», обеспечивающим обработку запросов пользователей к СУБД, обработку и хранение данных;
- 3) «СУБД MySQL» выполняет обработку поступающих запросов от WEB-сервера над хранимыми данными;
- 4) «FTP-сервер» Белгидромета предоставляет данные из внешних подсистем (не является частью разрабатываемой информационно-аналитической системы). «FTP-сервер» Белгидромета предоставляет поставляющий как ежедневную гидрологическую информацию, так и данные на весь сезон.

Обобщенная логическая схема размещения компонент и используемые информационные ресурсы приведены на рисунке 2.

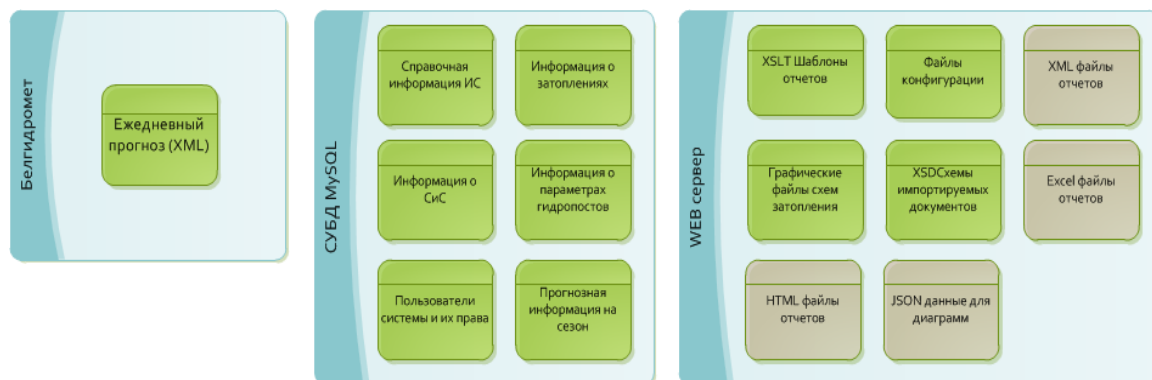


Рисунок 2 – Обобщенная логическая схема размещения компонент и используемые информационные ресурсы

На республиканском уровне информационно-аналитической системы оценки рисков затоплений (РЦУРЧС МЧС Беларуси) реализуется следующий состав компонентов и информационных ресурсов, обеспечивающих функции сбора и обработки данных:

- 1) компонент «WEB-сервер» – обеспечивает формирование статического и динамического содержания в информационной системе;
- 2) компонент «СУБД MySQL» – обеспечивает обработку запросов WEB-сервиса по созданию и ведению прикладных данных системы;
- 3) компонент «WEB-браузер» – обеспечивает доступ к пользовательскому интерфейсу системы, ведение данных, получение отчетной, картографической и прогнозной информации;
- 4) информационный ресурс «Ежедневная гидрологическая информация по Гидропостам» – информационный ресурс, представляющий собой XML-файл с совокупностью данных по гидропостам;
- 5) информационный ресурс «Сезонный прогноз уровней на Гидропостах» – информационный ресурс, представляющий собой Excel-файл с перечнем гидропостов и ожидаемыми максимальными уровнями воды на них. Дополнительно может указываться значение прогнозного отклонения;
- 6) информационный ресурс «Сведения о затоплениях, силах и средствах» – информация, вносимая пользователем.

На областном уровне информационно-аналитической системы оценки рисков затоплений реализуется следующий компонент информационных ресурсов:

- 1) «WEB-браузер» – обеспечивает доступ к пользовательскому интерфейсу системы, ведение данных, получение отчетной, картографической и прогнозной информации.

На районном уровне информационно-аналитической системы оценки рисков затоплений реализуется следующий компонент информационных ресурсов:

1) «WEB-браузер» – обеспечивает доступ к пользовательскому интерфейсу системы, ведение данных, получение отчетной, картографической и прогнозной информации.

3. Разработанная информационно-аналитическая система оценки рисков затоплений предусматривает возможность масштабирования без модификации ее программного обеспечения посредством увеличения количества процессов WEB-серверов, выполняющих обслуживание клиента.

Для увеличения количества одновременно обслуживаемых пользователей, а также исключения случаев прекращения функционирования информационно-аналитической системы оценки рисков затоплений в системе реализован координатор процессов, который распределяет поступающие запросы между порожденными экземплярами WEB-сервиса, осуществляет мониторинг доступности процессов, выполняет перезапуск процессов в случае аварийного прекращения их функционирования.

В результате выполнения работы создана информационно-аналитическая система оценки рисков затоплений от рек в период весеннего половодья и паводков на основе ретроспективного анализа, которая базируется на алгоритмах, разработанных на основе анализа исторических данных по затоплениям и условий их возникновения, и проектных решениях, обеспечивающих получение оценки рисков затоплений на основе данных Белгидромета.

Разработанная информационно-аналитическая система позволяет автоматически формировать оценку рисков затоплений населенных пунктов для наиболее критичных рек Республики Беларусь без необходимости внесения данных по характеристикам речного русла в алгоритмы оценки рисков затоплений.

В результате выполнения работы решены следующие задачи:

структурирована имеющаяся информация по затоплениям, выполнена загрузка и создана база данных результатов возникновения затоплений;

разработан на основе анализа исторических данных алгоритм оценки рисков затоплений, обеспечивающий прогнозирование затоплений на основе оперативных данных Белгидромета и косвенно учитывающий характеристики водостока рек;

разработаны проектные решения и реализован комплекс программных средств информационно-аналитической системы оценки рисков затоплений от рек в период весеннего половодья и паводков на основе ретроспективного анализа;

проведено тестирование и оптимизация разработанных методов и алгоритмов оценки рисков затоплений на основе реальных данных;

проведены испытания и опытная эксплуатация разработанной информационно-аналитической системы оценки рисков затоплений.

Информационно-аналитическая система оценки рисков затоплений передана в эксплуатацию.

Разработанный алгоритм оценки рисков затоплений прошел тестирование и оптимизацию на основе исторических данных по затоплениям. В процессе тестирования для повышения качества оценки рисков начала и окончания затопления алгоритм оптимизирован за счет включения пороговых значений, измеряемых в процентных отношениях от минимального критического уровня.

Разработанный алгоритм обеспечивает в автоматизированном режиме оценку рисков затоплений с их категорированием на основе получаемых прогнозных данных Белгидромета по гидропостам (для долгосрочной оценки риска затопления) и оперативных данных по гидропостам и гидрометеоданным Белгидромета (для краткосрочной оценки риска затопления).

Разработанная информационно-аналитическая система оценки рисков затоплений обеспечивает ведение справочников и метаданных; ввод и редактирование оперативных данных по затоплениям и привлекаемым силам и средствам; краткосрочную и долгосрочную оценку рисков затоплений; формирование сводной отчетности; отображение данных на картографической основе.

На основе сформированной базы данных, разработанных алгоритмов оценки рисков затоплений и созданной информационно-аналитической системы сотрудники МЧС Республики Беларусь получили удобный Web-инструмент для получения прогноза по затоплениям, а также новые функциональные и сервисные возможности анализа данных по затоплениям и привлекаемым силам и средствам.



**УДК 630.432**

**канд. техн. наук Семененко Л.В.,  
чл.-корр., д-р с.-х. наук, проф. Усеня В.В.,  
д-р ф.-м. наук Кучинский П.В., Кочик Е.Н., Шкабара В.В.**

*Научно-исследовательское учреждение «Институт прикладных физических проблем имени А.Н. Севченко» Белорусского государственного университета, г. Минск*

*Государственное научное учреждение «Институт леса Национальной академии наук Беларуси», г. Гомель*

## **КОНЦЕПЦИЯ ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПО ПРЕДУПРЕЖДЕНИЮ И ЛИКВИДАЦИИ ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ**

На основе анализа научного задела и научно-технического потенциала, имеющегося в Республике Беларусь, определена возможность создания в республике современной системы прогнозирования лесных пожаров. Описана концепция построения информационно-аналитической системы поддержки принятия решений по предупреждению и ликвидации лесных пожаров на территории Республики Беларусь на основе интеграции современных методов прогнозирования по оценке влажности лесной подстилки и методов расчета показателей с использованием данных дистанционного зондирования Земли.

Описаны результаты функционирования системы – комплекс данных для различных территорий, представленный на web-картографической основе: сезонные долговременные прогнозы по видам лесных пожаров, карты антропогенного влияния на возникновение лесных пожаров, карты размещения сил и средств, оперативные и исторические данные по лесным пожарам, оперативные вероятности возникновения и распространения различных видов пожаров. На основе полученных данных может выполняться разработка схем предупреждения и ликвидации пожаров.

*Ключевые слова:* прогнозирование лесных пожаров, оценка пожароопасности лесов, информационно-аналитическая система поддержки принятия решений, web-технологии, данные дистанционного зондирования Земли, ГИС-технологии.

**Ph.D. (Tech.) L.V. Semianenko  
Corresponding Member of the National Academy Sciences of Belarus,  
DSc, Professor, V.V. Usenia  
DSc. P.V. Kuchynski, Y.N. Kochyk, V.V. Shkabara**

*The Establishment «Institute of applied physics problems named after A.N. Sevchenko»  
of the Belarusian state University, Minsk*

*The Establishment «Institute of Forest of the National Academy of Sciences of Belarus», Gomel*

## **THE VISION OF INFORMATION AND ANALYTICAL DECISION SUPPORT SYSTEM FOR THE PREVENTION AND ELIMINATION OF FOREST FIRES**

The analysis of modern methods of forecasting forest fires is presented. Based on the analysis of the scientific reserve and scientific and technical potential available in the Republic of Belarus, the possibility of creating a modern system of forecasting forest fires in the Republic is determined. The article describes the concept of building an information and analytical decision support system for the prevention and elimination of forest fires in the Republic of Belarus based on the integration of modern forecasting methods to assess the moisture content of the forest floor and methods of calculating indicators using remote sensing data.

The results of the functioning system is a complex data for different areas presented on the web-map based: seasonal long-term forecasts of forest fires, maps of anthropogenic influence on the occurrence of forest fires, maps of the location of forces and means, current and historical data on forest fires, operational probability of occurrence and distribution of various types of fires. Based on the data obtained, the development of fire prevention and response schemes can be carried out.

*Keywords:* forest fires forecasting, hazard assessment of forest fire, information and analytical decision support system, web-technologies, earth remote sensing data, GIS-technologies.

В Республике Беларусь лесистость территории составляет 39,8 %. В силу породного и возрастного состава леса страны являются потенциально пожароопасными. Площадь загрязненных радионуклидами лесных земель вследствие аварии на Чернобыльской АЭС составляет 17 % от общей площади лесного фонда. На протяжении 1959-2018 гг. в лесном фонде возникло 136,8 тыс. лесных пожаров на общей площади 216,7 тыс. га.

В связи с этим прогнозирование лесных пожаров на территории страны является весьма актуальной задачей, так как позволило бы разработать высокоэффективные мероприятия по профилактике и ликвидации пожаров.

Прогнозирование лесных пожаров в Республике Беларусь в настоящее время осуществляется на основе двух классификаций: природной пожарной опасности лесов и пожарной опасности в лесах по условиям погоды. Показатели природной пожарной опасности лесов (объект загорания) определяют характерные типы леса и вырубков, другие категории насаждений и не покрытых лесом земель на основании шкалы оценки типов леса и лесных участков по степени природной пожарной опасности для условий Беларуси. Необходимо отметить, что данная шкала является несовершенной и не учитывает, в первую очередь, все почвенно-типологические группы



лесной растительности, лесоводственно-таксационную характеристику насаждений, погодные условия в различные периоды пожароопасного сезона и ряд других факторов.

Пожарная опасность в лесах по условиям погоды определяется в соответствии с СТБ «Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Мониторинг и прогнозирование лесных пожаров» на основе комплексного показателя пожарной опасности Диченкова Н.А.

Комплексный показатель пожарной опасности Диченкова Н.А. представляет собой модифицированный комплексный показатель горимости, разработанный Нестровым В.Г. в 1949 году, который рассчитывается на основе метеоданных: температура воздуха и точки росы, количество выпавших осадков за предшествующие сутки. В зависимости от значения комплексного показателя пожарная опасность оценивается по пяти классам шкалы независимо от типа леса.

Данный показатель является единым для всех типов леса и не учитывает необходимые для качественного прогнозирования характеристики лесных горючих материалов, специфики лесных комплексов на различных территориях. Кроме того, он только косвенно оценивает влажность лесной подстилки, которая является одним из основных фактов возгорания.

Оценка качества прогнозирования лесных пожаров на основе комплексного показателя по условиям погоды для регионов России показала, что реальное возникновение пожаров по классам не соответствует рассчитанному: 45 % пожаров пришлось на первый (пожарная опасность отсутствует), второй (пожарная опасность имеет низкий уровень) и третий (пожарная опасность имеет средний уровень) классы.

Статистика лесных пожаров по классам пожарной опасности в Беларуси по условиям погоды на охраняемой территории ГП «Беллесавиа» в 2011 г. показала, что при I–III классе пожарной опасности по условиям погоды в лесах республики возникло в весенний период 92,3 % пожаров.

Таким образом, используемые в настоящее время методики не позволяют сделать качественное прогнозирование рисков возникновения лесных пожаров.

Используемые в нашей стране средства космического и авиационного мониторинга лесных пожаров, системы наземного патрулирования работниками государственной лесной охраны визуального и видеонаблюдения позволяют фиксировать только уже возникшие лесные пожары, зачастую не обеспечивая необходимые оперативность и качество их обнаружения.

В то же время проблема прогнозирования лесных пожаров решается во многих странах. В настоящее время более 50 стран имеют системы прогнозирования лесных пожаров и активно ведут разработки по их

развитию. Оценка результатов использования такой системы в Новой Зеландии показала повышение до 30 % качества прогнозирования пожаров. Канадская система прогнозирования пожаров обеспечила существенное снижение затрат на ликвидацию пожаров, при этом абсолютное большинство пожаров (97 %) не достигало площади 200 га.

Несмотря на то, что преобладающее количество лесных пожаров происходит вследствие деятельности людей, возникновение пожара под действием антропогенных факторов возможно только при условиях низких показателей влажности лесной подстилки. Поэтому основной акцент в современных системах прогнозирования пожаров делается на оценку данного показателя.

В настоящее время существует два подхода для качественного прогнозирования лесных пожаров:

- оценка пожароопасности лесов на основе использования уравнений оценки влажности слоев лесной подстилки при воздействии метеоусловий;

- оценка пожароопасности лесов на основе определения характеристик лесов и лесной подстилки по данным дистанционного зондирования Земли (далее – ДЗЗ).

#### **Оценка пожароопасности лесов на основе уравнений оценки влажности лесной подстилки при воздействии метеоусловий**

В результате проведения комплекса лабораторных и натурных исследований по определению влажности лесной подстилки для различных типов лесов при воздействии определенных метеоусловий в Канаде, США и Австралии разработаны комплексы уравнений, описывающие процессы сушки/увлажнения разных слоев лесной подстилки под воздействием метеоусловий: температура воздуха, относительная влажность воздуха, количество выпавших осадков за предшествующие сутки, скорость ветра.

На основе разработанных уравнений созданы алгоритмы, результатом функционирования которых является комплекс показателей, определяющий характеристики возможного лесного пожара, определяющие вероятность возникновения и распространения различных типов пожаров для конкретных типов лесов:

- вероятность воспламенения тонкого топлива (верхнего слоя лесной подстилки), определяющая вероятность возникновения низового пожара под воздействием антропогенных факторов и молний при кратковременном и долговременном жарком периоде;

- вероятность воспламенения среднего слоя лесной подстилки, характеризующая вероятность возникновения низового пожара и его перехода в верховой пожар под воздействием антропогенных факторов и молний при долговременном засушливом периоде;

вероятность воспламенения глубоких слоев лесной подстилки, характеризующая вероятность тления в глубокой подстилке;

рейтинг ожидаемой скорости распространения, рассчитываемый на основе влияния ветра и легкости воспламенения тонкого топлива;

показатель кумулятивного влияния засушливого периода на лесопожарную опасность, представляющий собой оценку общего количества топлива, доступного для сжигания для данного типа леса;

показатель лесопожарной опасности по условиям погоды – это числовое интегральное значение возможной интенсивности пожара.

Используя полученный комплекс показателей, определяются вероятности возникновения различных видов пожаров, на основе которых разрабатываются мероприятия по предупреждению пожаров и оптимизации сил и средств тушения пожаров в случае их возникновения.

#### **Оценка пожароопасности лесов на основе определения характеристик лесов и подстилки по данным ДЗЗ**

Качественная оценка пожароопасности лесов на основе использования зарубежных методик с использованием уравнений оценки влажности слоев лесной подстилки требует их адаптации для конкретных природных условий Беларуси и проведения комплекса экспериментальных исследований для конкретных типов лесов. Кроме того, некоторые показатели, используемые в данной методике, носят опосредованный характер, например температура измеряется на метеостанциях, а не под пологом леса; влажность рассчитывается на основе опосредованных показателей.

Поэтому в последнее время начали развиваться методы использования данных ДЗЗ для прогнозирования лесных пожаров. Современные спутниковые системы позволяют оценивать целый комплекс индексов: температура земли, вегетативный и водный индексы, плотность лесного полога, индекс влажности, индекс засухи и т.д.

Полученные данные могут использоваться как самостоятельно, так и в виде входных показателей для алгоритмов оценки влажности подстилки при воздействии метеоусловий, например, полнота насаждений как важный показатель при распространении верхового пожара.

#### **Концепция информационно-аналитической системы поддержки принятия решений по предупреждению и ликвидации лесных пожаров (ИАС прогнозирования пожаров)**

Каждый из вышеописанных методов имеет свои преимущества и недостатки, поэтому ИАС прогнозирования пожаров использует два описанных выше метода.

В связи с тем, что зарубежные системы разработаны для определенных типов лесов и лесной подстилки, потребуется проведение

экспериментальных исследований и оптимизации алгоритмов к специфике лесов Республики Беларусь.

В нашей стране имеется достаточный научно-технический потенциал для создания современной информационно-аналитической системы качественного прогнозирования лесных пожаров и поддержки принятия решений по управлению силами и средствами для их предупреждения и ликвидации:

ведется государственный лесной кадастр, который позволяет получать картографическую поведельную информацию на основе 56 почвенно-типологических групп лесной растительности;

Институтом леса НАН Беларуси проводятся исследования по оценке уровня горимости различных лесных горючих материалов для различных типов леса;

Университетом гражданской защиты МЧС Республики Беларусь проводятся экспериментальные исследования процессов возникновения и развития лесных пожаров.

НИИ ПФП им. А.Н. Севченко БГУ имеет большой опыт реализации систем обработки данных ДЗЗ, разработки алгоритмов анализа и прогнозирования на основе современных статистических методов.

Предлагаемая технология создания ИАС прогнозирования пожаров будет включать решение следующих задач:

1. Создание предварительной пирологической карты лесов Республики Беларусь на основе анализа международного опыта, данных ГИС «Лесные ресурсы» и имеющихся экспериментальных исследований Института леса НАН Беларуси с категорированием лесов на основе свойств лесной подстилки с выделением наиболее критичных классов природной пожароопасности лесов.

2. Создание базы данных и тематического картографического слоя исторических данных по пожарам с классификацией пожаров по группам (низовые, верховые, подземные) и координатами пожаров (база данных может быть дополнена спутниковыми данными, при необходимости). По результатам исторических данных будут уточнены классификация природной опасности и пирологическая карта лесов республики.

3. Формирование базы индексов на основе данных ДЗЗ, полученных с использованием архивных спутниковых данных и исторических данных по лесным пожарам. На основе статистического анализа будет определен удельный вес индексов для последующей оценки пожароопасности (в качестве индексов могут быть использованы: температура земли и полнота насаждений полога (и их сочетание), вегетативные и водные индексы, индекс влажности и т.д.).

4. Формирование тематического слоя влияния антропогенных факторов. Для каждого исторического пожара будут определены антропогенные факторы: расстояние до населенного пункта, расстояние до дорог, плотность населения и т.д. На основе статистического анализа будут выделены основные антропогенные факторы и определен их удельный вес. По результатам данных работ будет создан тематический слой влияния антропогенных факторов на возникновение лесных пожаров.

5. Создание сезонных карт долгосрочных прогнозов возникновения лесных пожаров с указанием возможных видов пожаров на основе комплексирования тематических слоев пирологической карты, исторических данных по пожарам, карты влияния антропогенных факторов на возникновение лесных пожаров.

6. Определение состава показателей, характеризующих вероятность возникновения различных видов лесных пожаров, необходимого для принятия решений по предупреждению пожаров, на основе анализа международных методик и проведенных исследований.

7. Разработка алгоритмов расчета показателей прогнозирования и распространения лесных пожаров с использованием метеорологических данных на основе решения следующих задач:

выбор для каждого критического класса лесов наиболее подходящих уравнений расчета показателей прогнозирования и распространения лесных пожаров с использованием метеорологических данных;

проведение экспериментальных исследований по оценке влажности различных типов лесных горючих материалов при различных метеоусловиях для выделенных классов лесов;

разработка алгоритмов расчета показателей, определяющих вероятность возникновения различных видов лесных пожаров, проведение оптимизации коэффициентов уравнений на основе исторических данных с использованием методов статистического анализа.

8. Для индексов, рассчитанных на основе данных ДЗЗ, имеющих наибольший удельный вес по результатам статистического анализа, разработка алгоритмов их расчета и учета при прогнозировании пожаров, а также технологии обработки данных ДЗЗ.

9. Комплексирование алгоритмов расчета прогнозов пожаров на основе метеоданных и данных ДЗЗ с учетом антропогенных факторов.

10. Проведение экспериментальных исследований по распространению низовых пожаров и разработка алгоритмов прогнозирования распространения верховых и низовых пожаров.

11. Разработка алгоритмов комплексной оценки вероятности возникновения лесных пожаров с получением параметров, необходимых для

принятия решений по привлечению сил и средств: прогнозная вероятность вида пожара, вероятностная скорость и направление распространения огня. На основе полученных данных возможна разработка рекомендаций по предупреждению лесных пожаров, привлечению сил и средств пожаротушения.

12. Разработанные решения будут реализованы в ИАС прогнозирования рисков возникновения лесных пожаров.

ИАС «Прогнозирование рисков возникновения лесных пожаров» будет реализована в виде ГИС с использованием современных web-технологий и состоять из следующих основных комплексов программных средств (далее – КПС):

- ввода оперативных данных по лесным пожарам;
- ведения базы данных по лесным пожарам;
- учета сил и средств для ликвидации лесных пожаров;
- прогнозирования рисков возникновения лесных пожаров;
- расчета показателей распространения лесных пожаров;
- обработки данных ДЗЗ;
- ведения пространственных данных;
- формирования аналитических данных.

КПС ввода оперативных данных по лесным пожарам предназначен для занесения работниками Минлесхоза Республики Беларусь оперативных данных по лесным пожарам, на основе которых формируется база оперативных данных по лесным пожарам, которые отображаются на картографической основе и используются для принятия управленческих решений и получения сводной информации.

Наполнение базы данных будет осуществляться сотрудниками с использованием простого и удобного web-интерфейса, позволяющего пользователю легко и быстро вводить текущую информацию о лесных пожарах, а также найти необходимую справочную информацию и информацию о предыдущих пожарах в удобном виде.

КПС ведения базы данных по лесным пожарам

Компонент ведения базы данных по лесным пожарам будет обеспечивать ведение исторических и оперативных данных по лесным пожарам.

Факты возникновения пожаров будут описаны характеристиками, которые уже используются для описания пожаров, а также будут введены и новые характеристики, необходимые для прогнозирования и проведения анализа для принятия управленческих решений.

Данные по историческим пожарам будут отображаться на тематическом картографическом слое с возможностями проведения анализа на основе различных видов отборов.

КПС учета сил и средств для ликвидации лесных пожаров предназначен для занесения работниками Минлесхоза Республики Беларусь данных по силам, средствам и материальным ресурсам, подготовленным для ликвидации лесных пожаров. Эти данные отображаются на картографической основе при принятии управленческих решений по предупреждению и ликвидации лесных пожаров, получения сводной информации для проведения анализа.

Наполнение базы данных будет осуществляться сотрудниками с использованием простого и удобного web-интерфейса, позволяющего пользователю оперативно вводить и корректировать информацию о силах и средствах.

КПС прогнозирования рисков возникновения лесных пожаров

Входными данными компонента прогнозирования рисков возникновения лесных пожаров являются метеоданные и результаты обработки данных ДЗЗ. Метеоданные включают текущую температуру воздуха, относительную влажность воздуха, количество атмосферных осадков в предыдущие дни, скорость ветра. Из компонента обработки данных ДЗЗ поступают рассчитанные по результатам проведенного анализа показатели.

Все данные привязываются к конкретным территориям (участкам лесопирологической карты).

Для каждого лесного участка лесопирологической карты рассчитываемые показатели классифицируются по следующим уровням: экстремальный, критический, средний, низкий, нулевой.

Пользователи с использованием web-интерфейса могут получить эти данные в виде отображения на карте для оценки вероятности возникновения различных видов лесных пожаров и определения тактики действий для их предупреждения и при возможном его возникновении.

Результатом функционирования системы будет отображение рисков возникновения лесных пожаров в виде их различной цветовой раскраски на карте лесов Республики Беларусь с описанием набора показателей для каждой конкретной территории и интегральных показателей пожароопасности лесов.

КПС расчета показателей распространения лесных пожаров

Входными данными компонента показателей распространения лесных пожаров являются выходные данные модуля расчета пожарной опасности и скорость ветра, а также результаты обработки данных ДЗЗ. Все данные

привязываются к конкретным территориям (участкам лесопирологической карты) и конкретным метеоданным для данных территорий.

Рассчитываются следующие показатели: возможная скорость распространения низового и верхового лесного пожара и предполагаемое направление. Рассчитанные данные отображаются на карте.

#### КПС обработки данных ДЗЗ

КПС обработки данных ДЗЗ реализует следующие процессы:

автоматизированная загрузка спутниковых данных;

автоматизированный расчет на основе разработанных алгоритмов показателей, используемых при прогнозировании рисков возникновения лесных пожаров;

загрузка рассчитанных данных в компонент прогнозирования рисков возникновения лесных пожаров.

КПС ведения пространственных данных представляет данные в виде электронных карт с различными тематическими слоями и атрибутивными данными, необходимыми для принятия решений по управлению силами и средствами по предупреждению и ликвидации лесных пожаров.

Компонент обеспечивает с использованием ГИС-технологий формирование и ведение следующих тематических слоев:

пирологическая карта республики;

карта исторических данных по лесным пожарам с указанием видов пожаров;

карта потенциального влияния антропогенных факторов;

карта имеющихся сил и средств для предупреждения и ликвидации пожаров с их местоположением;

карта долговременных сезонных прогнозов вероятностей возникновения различных видов пожаров;

карта прогнозных вероятностей возникновения различных видов пожаров, включающая отображение интегральной вероятности возникновения пожара; вероятности воспламенения верхнего, среднего и глубинного слоев лесной подстилки; вероятностную скорость распространения низового и верхового пожара.

#### КПС формирования аналитических данных

Компонент формирования аналитических данных позволит руководству и сотруднику соответствующих ведомств в соответствии с предоставленными правами получать аналитические данные и сводную отчетность на основе группировок и отборов хранимых данных по различным разрезам с использованием удобного web-интерфейса.



### Литература

1. СТБ 1408-2003 «Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Мониторинг и прогнозирование лесных пожаров». – Минск, 2003. – 13 с.
2. Anderson, S. Forest and rural fire danger rating in New Zealand – ForestryHandbook Forest New Zealand Institute of Forestry, Christchurch P. 241–244.
3. Brigitte Leblon, Use of Remote Sensing in Wildfire Management / Brigitte Leblon, Laura Bourgeau-Chavez and Jesús San-Miguel-Ayanz – <http://dx.doi.org/10.5772/45829>.
4. О методике определения пожарной опасности лесов по условиям погоды на территории Беларуси / В.В. Усеня [и др.]. – Труды БГТУ – 2015. – № 1. – С. 103–106.
5. Касперов, Г.И. Исследование пожароопасных свойств лесных горючих материалов сосновых насаждений / Г.И. Касперов, П.Н. Гоман. – Труды БГТУ. – 2010. – № 2. – С. 337–340.



**УДК 614.841**

**канд. физ.-мат. наук Кицак А.И.**

*Учреждение «Научно-исследовательский институт пожарной безопасности и проблем чрезвычайных ситуаций» Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь, г. Минск*

### **ЭФФЕКТИВНОСТЬ ТУШЕНИЯ ПОЖАРА ПОДКЛАССА А1 ОГНЕТУШАЩИМ ПОРОШКОМ ОБЩЕГО НАЗНАЧЕНИЯ ПРИ КРАТКОВРЕМЕННОМ ВОЗДЕЙСТВИИ НА ОЧАГ ПОЖАРА**

Целью работы является разработка модели теплового механизма тушения пожара огнетушащим порошком общего назначения с учетом инерционности передачи тепла частицам порошка при нестационарном теплообмене для выявления оптимальных условий тушения порошками пожаров подкласса А1.

Достижение поставленной цели осуществлялось методом математического моделирования процесса тушения пожара подкласса А1 огнетушащим порошком общего назначения при кратковременном воздействии на очаг пожара.

Разработана математическая модель теплового механизма тушения пожара огнетушащим порошком общего назначения с учетом инерционности передачи тепла частицам порошка при нестационарном теплообмене, позволяющая оценить оптимальные условия тушения пожаров подкласса А1.

*Ключевые слова:* пожар подкласса А1, огнетушащий порошок, нестационарная теплопередача, постоянная времени инерционности процесса, время взаимодействия.

**PH. D. (Phys. and Math.) Kitsak A.I**

*The Establishment «Research Institutr of Fire Safety and Emergencies» of the Ministry for Emergency Situations of the Republic of Belarus, Minsk*

### **THE EFFECTIVENESS OF FIRE EXTINGUISHING SUBCLASS A1 EXTINGUISHING POWDER GENERAL PURPOSE SHORT-TERM EXPOSURE TO THE FIRE**

The aim of the work is to develop a model of a thermal extinguishing mechanism of dry chemical powder, taking into account the inertia of heat transfer to powder particles during unsteady heat exchange to identify the optimal conditions for extinguishing of fires of class A1 by powders.

The method of mathematical modeling of extinguishing process by dry chemical powder of fire with short-term effect on the fire was used to achieve the goal

A mathematical model of the thermal mechanism for extinguishing a fire with a general-purpose fire extinguishing powder has been developed, taking into

account the inertia of heat transfer to powder particles during non-stationary heat exchange, which makes it possible to estimate the optimal conditions for extinguishing fires of subclass A1.

*Key words:* A1 subclass fire, dry chemical powder, non-stationary heat exchange, the time constant of the inertia of the process, the time of interaction.

Особенностью тушения пожаров подкласса A1 огнетушащими порошками общего назначения является возможность повторного воспламенения горючего вещества после воздействия порошка. Повторное воспламенение происходит вследствие появления скрытого горения (тления) несгоревших остатков целлюлозосодержащих материалов, которое возникает благодаря большому количеству тепла, аккумулированному в них, и наличия кислорода, содержащегося в порах данных материалов.

Задачей тушения пожаров подкласса A1 является подавление как пламенного горения, так и характерного для них скрытого горения (тления). Первая часть этой задачи легко решается огнетушащими порошками благодаря наличию в них гомогенного и гетерогенного механизмов ингибирования (прерывания) цепных реакций горения вещества. Проблема состоит в подавлении скрытого горения. Данный тип горения может быть прекращен либо изолированием горючего материала от доступа кислорода, либо эффективным охлаждением его.

При тушении углеродосодержащего горючего материала порошками рекомендуется применять огнетушащие порошки на основе фосфорно-аммонийных солей, способных при нагревании образовывать на обгорелой углеродистой поверхности тонкую пленку расплава полифосфатов, изолирующую углеводородный состав от доступа кислорода. Данный процесс сопровождается также охлаждением горючего материала вследствие траты части тепла на нагрев, плавление и испарение частиц порошка, попавших на горячий углистый слой.

Условия протекания и эффективность различных механизмов тушения пожаров огнетушащими порошками (охлаждение зоны горения уменьшением теплоотдачи от него или увеличением теплоотвода от горючего вещества) изучались в основном в задачах тушения порошками горения газов и жидкостей [1–5].

В работах [1–2] рассматривались процессы ингибирования газовых пламен порошковыми составами. В [1] изучался механизм уменьшения теплотдачи (уменьшении температуры) горящей метановоздушной смеси в результате терморазложения частиц порошка и выделения продуктов распада, разбавляющих исходную горючую смесь. Результаты исследования зависимости скорости пламени от концентрации частиц порошка и их размеров получены в данной работе без учета инерционности прогрева частиц.

Тепловой механизм срыва распространения пламени газовой смеси в результате теплообмена частиц порошка и газа при наличии внешнего теплоотвода рассматривался в работе [2]. Величина внешнего теплоотвода оценивалась в работе в предположении, что теплообмен между газом и частицами порошка безинерционен.

Оценки вклада теплового механизма в тушение газов, приведенные в работах [3, 4, 6], показали, что он отбирает от пламени ~15 % тепла. В этих же работах указывается на важность учета при оценке эффективности теплового механизма тушения пламени времени взаимодействия частиц порошка с фронтом пламени в связи с инерционностью передачи тепла.

Анализ литературных данных по исследованию эффективности тушения порошками пожаров подкласса А1 показал, что данная проблема малоизученна. Малочисленные исследования по данной тематике касались экспериментального определения времени повторного воспламенения древесины после воздействия водных и гелеобразующих огнетушащих сред заданного удельного веса [6]. В работе [7] рассмотрена тепловая модель тушения огнетушащим порошком твердых горючих материалов (ТГМ) при стационарном теплообмене между нагретой поверхностью горячего материала и поверхностью частиц порошка. Практически не затрагивались вопросы поиска условий и технологии тушения пожаров класса А1 огнетушащими порошками при ограниченных временах воздействия на горючий материал, например, в случае тушения пожаров подкласса А1 широко используемыми в настоящее время модульными установками порошкового пожаротушения (МУПП).

В связи с вышеизложенным и отсутствием целенаправленных исследований в области применения порошков для тушения пожаров подкласса А1 при кратковременном воздействии на очаг возгорания актуальным является определение оптимальных режимов подачи порошка в очаг пожара для эффективного тушения пожара. Поскольку стадия охлаждения горючего материала (с образованием изолирующей пленки расплава или без нее) является достаточным условием тушения пожаров подкласса А1, важным является также разработка модели теплового механизма тушения пожара огнетушащим порошком общего назначения с учетом инерционности передачи тепла частицам порошка при нестационарном теплообмене с целью определения оптимальных условий подачи порошка в очаг пожара и теплофизических характеристик частиц порошка, обеспечивающих эффективное тушение пожара.

### **Модель теплового механизма тушения пожара подкласса А1 по площади огнетушащим порошком при кратковременном воздействии его на очаг пожара**

Как указывалось ранее, при тушении пожаров подкласса А1 огнетушащими порошками проявляется несколько механизмов тушения. Это гомогенное и гетерогенное ингибирование пламенного горения в результате разбавления продуктов горения элементами терморазложения частиц порошка и прерывания цепных реакций окисления вследствие восстановления активных окислителей на поверхности частиц порошка. Наряду с данными механизмами присутствует также механизм охлаждения зоны реакций вследствие поглощения тепла частицами порошка.

Длительность процесса гетерогенного ингибирования активных центров пожара очень мала. Она составляет  $\sim 10^{-4}$  с [3]. Поэтому тушение пламенного горения происходит за доли секунды при попадании частиц порошка в реакционную зону. За это время температура в зоне химических реакций падает ниже 700 °С. При этих значениях температуры резко снижается вероятность протекания цепных реакций горения и, следовательно, практически прекращается действие гетерогенного механизма тушения пожара. Дальнейшее снижение температуры горючего материала до температуры потухания ( $\sim 200$  °С) происходит в основном в результате поглощения тепла частицами порошка, сопровождающегося их испарением (гомогенным ингибированием), образованием изолирующей пленки расплава порошка либо конвективным теплообменом нагретых частиц порошка с окружающей средой. Можно заключить с высокой степенью достоверности, что основные характеристики тушения пожара (время тушения, удельный расход порошка) будут определяться эффективностью поглощения тепла частицами порошка, как процесса более медленного и теплоемкого.

Характерной особенностью протекания теплового механизма тушения пожаров подкласса А1 при использовании для тушения МУПП является проявление инерционности передачи тепла частицам порошка вследствие ограниченности времени пребывания их в зоне конвективного теплообмена (тепловом слое).

Учет инерционности особенно важен в случае тушения пожаров ТГМ модулями порошкового пожаротушения (МПП) импульсного и кратковременного действия. Как известно, время подачи огнетушащего порошка в зону горения  $< 1$  с для МПП импульсного типа и  $< 10$  с в случае применения МПП кратковременного воздействия. Скорости частиц порошка, истекающие из таких МПП, могут составлять при достижении зоны горения десятки метров в секунду.

При попадании частиц огнетушащего порошка в очаг пожара часть из них оседает в обугленных зазорах горючего материала, а часть упруго отражается от ТГМ и выносится из зоны пожара. Отраженные частицы не успевают аккумулировать за время взаимодействия с горючим материалом максимальное количество теплоты вследствие конечности скорости переноса тепла. Чем больше скорость частиц огнетушащего порошка, т.е. чем больше интенсивность подачи порошка в зону горения, тем быстрее частицы порошка покидают зону горения и тем меньше уносят количество поглощенного тепла. Данная особенность приводит к необходимости увеличения расхода порошка для тушения пожара ТГМ при больших интенсивностях воздействия на очаг пожара, и, очевидно, является одной из причин наличия наблюдаемого в экспериментах оптимального значения интенсивности подачи порошка в зону горения, при котором на тушение пожара израсходуется минимальное количество огнетушащего порошка.

Считая, что основные параметры тушения пожаров подкласса А1 огнетушащим порошком определяются эффективностью протекания теплового механизма тушения, рассмотрим закономерности процесса тушения горючего материала охлаждением с учетом инерционности передачи тепла частицам порошка в способе тушения по площади.

Тепловой механизм тушения пожара порошком заключается в передаче тепла  $Q_{\text{зап}}$ , запасенного горючим материалом, частицам огнетушащего порошка. Это тепло тратится на нагрев частиц порошка, их плавление и испарение. Математически условие тушения пожара запишется в виде:

$$Q_{\text{зап}} = Q_{\text{пог}}, \quad (1)$$

где  $Q_{\text{пог}}$  – количество теплоты, поглощенной частицами порошка, Дж.

Будем считать очаг пожара потушенным, если температура его в результате поглощения тепла частицами порошка понизится до температуры пиролиза древесины  $T_{\text{пир}}$ .

Выразим  $Q_{\text{зап}}$  через составляющие компоненты тепла очага пожара.

Будем рассматривать так называемый внешний пожар (пожар в открытом пространстве) [7]. Для него основными компонентами тепла являются:

$Q_{\text{кт}}$  – количество конвективного тепла, исходящего от нагретой поверхности очага пожара;

$Q_{\text{пир}}$  – количество тепла, запасенного горючим материалом в результате реакции пиролиза;

$Q_{\text{лтр}}$  – количество тепла, аккумулированное горючим материалом в результате поглощения им отраженного в его сторону частицами

огнетушащего порошка, движущимися к очагу пожара, части лучистого потока пламени очага пожара.

Для внутреннего пожара необходим учет также тепла, передаваемого горючему материалу конвекцией и излучением от нагретых конструкций и оборудования помещения.

При сделанных уточнениях выражение (1) перепишется в следующем виде:

$$Q_{\text{зап}} = Q_{\text{кт}} + Q_{\text{пир}} + Q_{\text{лтр}}. \quad (2)$$

Представим компоненты тепла в явном виде через физические величины, характеризующие процесс теплопередачи.

Среднее количество запасенного конвективного тепла  $Q_{\text{кт}}$ , исходя из линейного закона роста температуры, можно оценить по формуле

$$Q_{\text{кт}} = \psi c_p \frac{T_{\text{пов}} - T_{\text{пир}}}{2} S_{\text{пов}} \tau_{\text{г}}, \quad (3)$$

где  $\psi$  – удельная массовая скорость выгорания материала, кг/(м<sup>2</sup>·с);  $c_p$  – удельная теплоемкость продуктов горения древесины ~1470 Дж/(кг·К) [5];  $T_{\text{пов}}$  – температура поверхности горения ~(870÷970) К (для древесины);  $T_{\text{пир}}$  – температура пиролиза материала ~(470÷570) К (для древесины);  $S_{\text{пов}}$  – площадь поверхности горения;  $\tau_{\text{г}}$  – время аккумуляции тепла от момента достижения температуры  $T_{\text{пир}}$  до начала тушения.

Учитывая данные из практики, что удельная экзотермическая теплота при пиролизе древесины составляет ~6 %  $Q_{\text{н}}$ , где  $Q_{\text{н}}$  – низшая теплота сгорания древесины, можно оценить общее количество тепла  $Q_{\text{пир}}$  из соотношения [5]:

$$Q_{\text{пир}} = 0,5\psi/0,06Q_{\text{н}}S_{\text{пов}}\tau_{\text{г}}, \quad (4)$$

Исходя из закона Стефана-Больцмана,

$$Q_{\text{лтр}} = k\varepsilon\sigma T^4 S_{\text{гор}} \tau_{\text{вып}}, \quad (5)$$

где  $k$  – приведенный коэффициент рассеяния лучистого потока слоем частиц порошка в направлении очага пожара;  $\varepsilon$  ~ 0,85 – степень черноты пожара [12];  $\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8}$  Вт/(м<sup>2</sup>К<sup>4</sup>) – постоянная Больцмана;  $T$  – температура факела пламени, К,  $\tau_{\text{вып}}$  – время выпуска порошка из резервуара.

Определим количество теплоты  $Q_{\text{пог}}$ , поглощаемой частицами порошка.

Это тепло можно представить в виде суммы теплоты  $Q_{\text{т}}$ , переданной частицам порошка конвекцией и теплопроводностью в результате попадания на горящую поверхность, и теплоты  $Q_{\text{лтп}}$ , аккумулированной частицами порошка на пути к очагу пожара при поглощении ими лучистого потока, излучаемого пламенем пожара.

Тепло  $Q_{\text{т}}$  в свою очередь можно представить в виде суммы теплоты  $Q_{\text{ун}}$ , переданной частицам порошка конвекцией и теплопроводностью при отражении их от горючего материала за пределы очага пожара, и теплоты  $Q_{\text{ос}}$ , аккумулированной частью частиц порошка, осевших на горячей поверхности.

Вначале оценим величину тепла  $Q_{\text{ун}}$ , поглощенного частицами порошка за время взаимодействия  $\tau_{\text{вз}}$  их с горючим материалом и уносимого за пределы очага пожара в результате отражения частиц от данного материала.

Поскольку процесс взаимодействия частиц порошка с горючим материалом нестационарен вследствие конечности времени передачи тепла, запишем закон передачи тепла частицам порошка теплопроводностью и конвекцией в дифференциальной форме [13]:

$$Q_{\text{ун}} = c_{\text{п}} m_{\text{ун}} (T_{\text{пов}} - T_{\text{ч}}) - \tau_{\text{и}} \frac{\partial Q_{\text{ун}}}{\partial t}, \quad (6)$$

где  $c_{\text{п}}$  – удельная теплоемкость частиц порошка, Дж/(кг·К);  $m_{\text{ун}}$  – масса частиц порошка, покидающих зону пожара, после упругого отражения от нагретого материала, кг;  $T_{\text{ч}}, T_{\text{пов}}$  – температура частиц порошка в момент взаимодействия с горящим материалом, К;  $\tau_{\text{и}}$  – постоянная времени инерционности процесса (характерное время образования и рассасывания температурных неоднородностей вещества), с.

Величина  $\tau_{\text{и}}$  связана с теплофизическими характеристиками вещества соотношением [14-15]:

$$\tau_{\text{и}} \sim c \rho l^2 / \lambda, \quad (7)$$

где  $c$  – удельная теплоемкость материала,  $\rho$  – плотность материала, кг/м<sup>3</sup>,  $l$  – характерный геометрический размер теплоактивной системы, м;  $\lambda$  – коэффициент теплопроводности материала, Вт/(м·К);

Интегрируя уравнение (6) в пределах времени от 0 до  $\tau_{\text{вз}}$ , получим при условии, что в начале взаимодействия ( $t = 0$ ) величина  $Q_{\text{ун}} = 0$  и термическое сопротивление поверхности частиц порошка равно конвективному



тепловому сопротивлению теплового слоя горючего материала следующее выражение для  $Q_{ун}$ :

$$Q_{ун} = c_{п} m_{ун} (T_{пов} - T_{ч}) (1 - \exp \left[ -\frac{\tau_{вз}}{\tau_{и}} \right]). \quad (8)$$

Величина  $\tau_{вз} \sim 2h/\nu$ , где  $h$  – толщина теплового пограничного слоя, в котором происходит передача тепла частицам порошка;  $\nu$  – скорость частиц порошка в момент соприкосновения с нагретым горючим материалом.

Тепло  $Q_{ос}$ , поглощаемое частицами порошка, осевшими на горючем материале, равно:

$$Q_{ос} = c_{п} m_{ос} (T_{пов} - T_{ч}), \quad (9)$$

где  $m_{ос}$  – масса осевших частиц.

Тепло  $Q_{лпп}$  в общем виде можно представить формулой

$$Q_{лпп} = \mu \varepsilon \sigma T_{пов}^4 \tau_{вып}, \quad (10)$$

где  $\mu$  – приведенный коэффициент поглощения слоя частиц порошка.

Общая масса частиц, вбрасываемых в зону горения равна  $m_{ос} + m_{ун}$ .

С учетом формул (2), (5), (8), (9) а также (10) уравнение (1) теплового баланса тушения пожара запишется в виде:

$$Q_{пир} + Q_{кт} = \left[ J c_{п} (T_{пов} - T_{ч}) (1 - 1 - \delta \exp \left[ -\frac{2h}{\nu \tau_{и}} \right]) S_{пов} - (k - \mu) \varepsilon \sigma T_{пов}^4 \right] \tau_{вып}, \quad (11)$$

где  $J = \frac{m_{ос} + m_{ун}}{\tau_{вып} S_{пов}}$  – интенсивность подачи порошка в зону горения;  $\delta = \frac{m_{ос}}{m_{ос} + m_{ун}}$ .

Определим время тушения пожара  $\tau_{туш}$ , как величину, равную

$$\tau_{туш} = \tau_{вып} + \tau_{охл}, \quad (12)$$

где  $\tau_{охл}$  – характерное время остывания горючего материала, равное промежутку времени от момента прекращения подачи порошка до времени, когда температура материала снижается до температуры начала его пиролиза. При охлаждении древесины водой оно равно  $\sim 20$  с [5]. В экспериментах по тушению древесины порошком «Вексон АВС-25» оно принималось равным  $\sim 30$  с.

С учетом (11) и (12) получим для оценки  $\tau_{\text{туш}}$  следующее уравнение:

$$\tau_{\text{туш}} = \frac{(Q_{\text{пир}} + Q_{\text{кт}})}{Jc_{\text{п}}(T_{\text{пов}} - T_{\text{ч}})(1 - 1 - \delta \exp\left[-\frac{2h}{v\tau_{\text{и}}}\right])S_{\text{пов}} - k - \mu \varepsilon \sigma T_{\text{пов}}^4 S_{\text{пов}}} + \tau_{\text{охл}}. \quad (13)$$

Определим второй важный параметр тушения пожара – удельный расход огнетушащего порошка  $G$  на тушение пожара. Для этого умножим выражение (13) без слагаемого  $\tau_{\text{охл}}$  на  $J$ . Имеем:

$$G = J\tau_{\text{туш}} = \frac{J(Q_{\text{пир}} + Q_{\text{кт}})}{Jc_{\text{п}}(T_{\text{пов}} - T_{\text{ч}})(1 - 1 - \delta \exp\left[-\frac{2h}{v\tau_{\text{и}}}\right])S_{\text{пов}} - k - \mu \varepsilon \sigma T_{\text{пов}}^4 S_{\text{пов}}}. \quad (14)$$

В выражении (14) слагаемое  $J\tau_{\text{охл}}$  не учитывается, поскольку  $\tau_{\text{охл}}$  – это время остывания горючего материала после прекращения подачи порошка в зону горения.

Соотношения (13) и (14) при стационарном теплообмене  $\tau_{\text{вз}} \gg \tau_{\text{и}}$  совпадают по структуре с выражениями для параметров  $\tau_{\text{туш}}$  и  $G$ , приведенными в работе [7], для данного режима тушения пожара ТГМ огнетушащим порошком общего назначения.

#### **Анализ результатов теоретического описания теплового механизма тушения по площади пожара подкласса А1 огнетушащим порошком при кратковременном воздействии его на пожар**

Проведем анализ полученных зависимостей времени тушения пожара и удельного расхода порошка на тушение пожара от его теплофизических характеристик, режимов подачи в зону горения и условий взаимодействия с горючим материалом.

Из структуры выражения (13) следует, что время тушения пожара при постоянных его тепловых характеристиках зависит от интенсивности подачи  $J$  огнетушащего порошка в зону горения и соотношения времен  $\tau_{\text{вз}}$  и  $\tau_{\text{и}}$ , входящих в экспоненциальный множитель при  $J$ .

Рассмотрим влияние инерционности теплоактивной системы (частиц порошка) на перенос в ней тепла и соответственно на время тушения пожара.

При большой скорости переноса тепла в частицах порошка, т.е. когда  $\tau_{\text{и}} \rightarrow 0$ , экспоненциальный член в (13) также стремится к нулю. В отборе тепла эффективно участвуют все частицы порошка, взаимодействующие с нагретым горючим материалом, т.е. те, которые осели на горючем материале и отразились от него. Реализуется стационарный режим тушения

пожара. Структура выражений (13) и (14) совпадает в этом случае со структурой выражений для данных параметров, приведенных в работе [6]. С увеличением интенсивности подачи  $J$  огнетушащего порошка в зону горения знаменатель выражения (13) растет, и время тушения стремится к минимальному значению.

В нестационарных условиях тушения пожара, когда величины  $\tau_{вз}$  и  $\tau_{и}$  сопоставимы, параметры тушения пожара  $\tau_{туш}$  и  $G$  будут определяться также соотношением значений  $\tau_{вз}$  и  $\tau_{и}$ .

Как видно из соотношения (7), время инерционности теплоактивной системы  $\tau_{и}$  тем меньше, чем меньше ее характерный размер, теплоемкость и плотность тепловоспринимающего вещества, а также чем больше теплопроводность вещества.

Проведенные оценки величины  $\tau_{и}$  для двух сортов огнетушащих порошков с преобладанием частиц бикарбоната натрия ( $c_{п}=1030$  Дж/кг·К;  $\rho=2020$  кг/м<sup>3</sup>;  $\lambda=4$  Вт/(м·К [4]) и моноаммонияфосфата ( $c_{п}=1234$  Дж/кг·К;  $\rho=1803$  кг/м<sup>3</sup>;  $\lambda=0,25$  Вт/(м·К) [4]) показали, что для частиц с  $l \sim 50$  мкм ее значения равны соответственно 1,3 мс и 22 мс соответственно. Время взаимодействия частиц  $\tau_{вз}$  с горючим материалом при скорости в момент столкновения, равной  $\sim 10$  м/с и толщине теплового слоя  $\sim 1$  мм, составляет  $\sim 0,2$  мс, т.е. почти на порядок меньше значения  $\tau_{и}$  для частиц бикарбоната натрия и на два порядка меньше для частиц моноаммонияфосфата.

В связи с этим экспоненциальный член в (12) для частиц моноаммонияфосфата практически равен 1 и в отборе тепла, сопровождающегося формированием пленки расплава, участвуют только частицы, осевшие на горючем материале. Частицы, отразившиеся от горючего материала, будут покидать очаг пожара, не отобрав у него часть тепла. Отсюда следует, что в реальных условиях при конечности времени отклика частицы на воздействие тепла время тушения пожара будет больше, чем при мгновенной реакции частиц на него.

Увеличить эффективность отбора тепла частицами порошка и, тем самым, уменьшить время тушения пожара, можно несколькими способами: 1) уменьшить  $\tau_{и}$ ; 2) увеличить  $\tau_{вз}$ ; 3) одновременно уменьшать  $\tau_{и}$  и увеличивать  $\tau_{вз}$ .

Уменьшить  $\tau_{и}$ , как следует и (7), можно, применяя для тушения пожара подкласса А1 огнетушащие порошки с высокой дисперсностью частиц, малыми теплоемкостью и плотностью вещества, из которого они состоят, и большой его теплопроводностью.

Увеличить  $\tau_{вз}$  можно, понизив скорость частиц  $v$ , падающих на нагретый горючий материал. Эта скорость тем меньше, чем меньше скорость частиц  $v_0$  на выходе модуля порошкового пожаротушения (МПП) и чем меньше массовый расход порошка  $G$  [16].

Рассмотрим зависимость времени тушения пожара от интенсивности подачи огнетушащего порошка в очаг пожара  $J$ .

Из (13) следует, что при уменьшении  $J$  время тушения пожара увеличивается. При значении  $J$ , равном

$$J = \frac{k\varepsilon\sigma T^4}{c_n(T_{пов} - T_x)(1 - 1 - \delta \exp\left[-\frac{2h}{v\tau_n}\right]) + \mu\varepsilon\sigma T^4}, \quad (15)$$

(равенство нулю знаменателя уравнения (13))  $\tau_{туш} \rightarrow \infty$ . Другими словами, пожар при такой интенсивности подачи порошка в зону пожара потушить невозможно. Данная интенсивность подачи порошка в очаг пожара называется критической. В нашем случае это интенсивность, при которой частицами порошка, попавшими на горячую поверхность, поглощается только часть тепла, равная по величине теплу лучистого потока, отраженного этими же частицами в сторону горящего материала ранее при движении к нему, и поглощенному им.

При увеличении интенсивности подачи огнетушащего порошка в очаг пожара время тушения пожара, как видно из выражения (13), должно уменьшаться и, в итоге, стремиться к постоянному значению  $\tau_{охл}$ . Однако вследствие инерционности процесса поглощения тепла частицами порошка динамика времени тушения пожара при росте  $J$  может отличаться от динамики, реализуемой при стационарном теплообмене. На зависимость времени тушения пожара от интенсивности будут влиять скоростные режимы подачи частиц порошка в зону горения.

Как видно из данных, приведенных в таблице ниже, существует режим подачи порошка в очаг пожара, при котором средняя скорость частиц в зоне пожара принимает минимальное значение. При такой скорости частиц в отборе тепла участвует их максимальное число. Множитель при  $J$  в этом случае принимает максимальное значение. Следовательно, можно ожидать, что при интенсивности подачи порошка, при которой реализуется данная скорость частиц, должен наблюдаться минимум времени тушения пожара. Однако, как показали оценки величины знаменателя выражения (13), этого не происходит. Данное явление можно объяснить тем, что большая интенсивность подачи порошка, хотя и ухудшает условия отбора тепла частицами порошка, способствует увеличению интенсивности его отбора.

Это очень важно, поскольку, как известно, для надежного тушения пожара необходимо обеспечить превышение интенсивности обора тепла от горючего материала над интенсивностью тепловыделения.

*Таблица/Table* – Результаты оценки параметров подачи огнетушащего порошка в зону горения / The results of the estimation of the parameters of the extinguishing powder in the combustion zone

Диаметр выходного отверстия модуля, мм	Масса порошка, подаваемого в очаг, кг	Средний массовый расход порошка, кг/с	Средняя скорость частиц на выходе модуля, м/с	Средняя скорость частиц в зоне горения, м/с
Module outlet diameter, mm	Weight of powder supplied in the combustion zone, kg	Average mass flow rate powder's, kg/s	Average particle velocity at the output of the module, m/s	Average particle velocity in the combustion zone, m/s
13	0,87	1,34	17,47	8,64
16	0,66	1,367	11,68	7,24
24	0,6	1,74	6,62	6,12
24	0,8	2,09	7,94	6,76
24	1,0	2,406	9,14	7,38

Расчет значений параметров, приведенных в таблице, проводился по формулам работы [16].

Проведем анализ зависимости от интенсивности подачи огнетушащего порошка в очаг пожара другой важной характеристики процесса тушения – удельного расхода порошка на тушение пожара. Как видно из структуры выражения (14), определяющего данный параметр, она сходна со структурой выражения (13) для оценки времени тушения пожара. Особенностью выражения (14) является то, что параметр  $J$  входит как в числитель, так и в знаменатель слагаемого этого выражения, выражающего соотношение тепла, накопленного ТГМ, к теплу, отбираемому частицами порошка от нагретого материала. Поэтому зависимость  $G$  от интенсивности подачи порошка в очаг пожара будет определяться в основном закономерностью изменения от данного параметра экспоненциального члена выражения (14). Он, как было отмечено выше, может принимать минимальное значение при определенной скорости частиц порошка, зависящей от  $J$ .

Следовательно, зависимость  $G(J)$  будет иметь экстремальное (минимальное) значение, т.е. на тушение пожара будет расходоваться минимальное количество порошка, приходящееся на единицу площади горячей поверхности. Интенсивность подачи порошка в очаг пожара, при

которой реализуется данный минимум, называют оптимальной интенсивностью подачи.

### **Заключение**

Получены экспериментальные зависимости времени тушения и удельного расхода огнетушащего порошка от интенсивности подачи порошка в зону горения при тушении модельного очага пожара подкласса А1 по площади и в ограниченном объеме. Анализ данных зависимостей показал наличие оптимального значения удельного расхода огнетушащего вещества для тушения пожара в зависимости от интенсивности подачи его в зону пожара.

Предложена модель теплового механизма тушения пожара подкласса А1 по площади огнетушащим порошком при кратковременном воздействии его на очаг пожара.

Модель учитывает инерционность передачи тепла частицам огнетушащего порошка от горючего материала. Она позволяет оценить оптимальные условия подачи порошка в очаг пожара и подходящие параметры теплофизических характеристик частиц порошка, для эффективного тушения пожара подкласса А1 модульными установками порошкового пожаротушения импульсного и кратковременного действия.

### **Список использованных источников**

1. Губин, Е.И. Ингибирование газовых пламен порошковыми составами / Е.И. Губин, И.Г. Дик, А.Ю. Крайнов // Физика горения и взрыва. – 1989. – Т. 25. – № 2. – С. 57–62.
2. Крайнов, А.Ю. О пределах распространении пламени по запыленному газу / А.Ю. Крайнов, В.А. Шаурман // Физика горения и взрыва. – 1997. – Т. 33. – № 4. – С. 14–20.
3. Баратов, А.Н. Горение – Пожар – Взрыв – Безопасность / А.Н. Баратов. – М.: ФГУ ВНИИПО МЧС России, 2003. – 364 с.
4. Краснянский, М.Е. Порошковая пожаровзрывозащита / М.Е. Краснянский. – Донецк: Общество книголюбов, 1994. – 152 с.
5. Абдурагимов, И.М. Физико-химические основы развития и тушения пожаров / И.М. Абдурагимов, В.Ю. Говоров, В.Е. Макаров. – М.: ВИПТШ МВД СССР, 1980. – 255 с.
6. Киреев, А.А. Исследование повторного воспламенения древесины, обработанной гелеобразующими огнетушащими составами / А.А. Киреев, С.Н. Бондаренко // Проблемы пожарной безопасности. – 2009. – Вып. 25. – С. 65–72.
7. Рашоян, И.И. Физико-химические основы развития и тушения пожара: учеб. пособие / И.И. Рашоян. – Тольятти: Изд-во ТГУ, 2013. – 107 с.

8. Кицак, А.И. Экспериментальная оценка эффективности тушения пожара подкласса А1 локально по площади и локально по объему огнетушащим порошком общего назначения при его кратковременном воздействии на очаг пожара / А.И. Кицак, С.М. Палубец, Д.В. Дробыш // Чрезвычайные ситуации: предупреждение и ликвидация. – 2019. – № 1 (45). – С. 29–41.
9. Корольченко, Д.А. Тушение пламени огнетушащим порошком и аэрозольными составами / Д.А. Корольченко, А.Ф. Шароварников // Пожаровзрывобезопасность. – 2014. – Т. 23. – № 8. – С. 63–68.
10. Корольченко, Д.А. Особенности тушения пламени высокодисперсными газодисперсными системами / Д.А. Корольченко, А.Ф. Шароварников // Пожаровзрывобезопасность. – 2014. – Т. 23. – № 10. – С. 66–72.
11. Корольченко, Д.А. Анализ процесса тушения пламени горючих жидкостей дисперсными огнетушащими веществами и пеной низкой кратности / Д.А. Корольченко // Пожаровзрывобезопасность. – 2016. – Т. 25. – № 2. – С. 52–56.
12. Иванов, Е.Н. Пожарная защита открытых технологических установок / Е.Н. Иванов. – М.: Химия, 1975. – 250 с.
13. Лыков, А.В. Теория теплопроводности / А.В. Лыков. – М.: Высшая школа, 1967. – 592 с.
14. Kreith, F. Basic Heat Transfer / Frank Kreith, William Z. Blac. – Harper and Row, 1980. – 512 p.
15. Якунин, М.М. Влияние процессов релаксации на перенос тепла, возникающего под действием интенсивных потоков энергии / М.М. Якунин // Физика и химия обработки материалов. – 2010. – № 3. – С. 27–33.
16. Кицак, А.И. Динамика частиц огнетушащего порошка на пути к очагу пожара при импульсном способе подачи его в зону горения / А.И. Кицак // Safety & Fire Technique, т. 49 (1), – Scientific and Research Centre for Fire Protection, Польша, 2018. – С. 76–85.



**УДК 677.072.6 – 037.4**

**канд. техн. наук, проф. Ольшанский В.И.,<sup>1</sup>**

**канд. техн. наук Довыденкова В.П.<sup>1</sup>,**

**канд. техн. наук Навроцкий О.Д.<sup>2</sup>,**

**магистр техн. наук Окунев Р.В.<sup>1</sup>,**

**канд. техн. наук Жерносек С.В.<sup>1</sup>,**

**магистр техн. наук Пенкрат Д.И.<sup>1</sup>,**

**Асташов С.П.<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>*Учреждение образования «Витебский государственный технологический университет», г. Витебск*

<sup>2</sup>*Государственное учреждение образования «Университет гражданской защиты Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь», г. Минск*

<sup>3</sup>*Учреждение «Научно-исследовательский институт пожарной безопасности и проблем чрезвычайных ситуаций» Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь, г. Минск*

## **МНОГОСЛОЙНЫЕ МАТЕРИАЛЫ НА ТКАНОЙ ОСНОВЕ И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ ДЛЯ ЗАЩИТНОЙ ОДЕЖДЫ АВАРИЙНО-СПАСАТЕЛЬНЫХ ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ МЧС БЕЛАРУСИ**

Проведен анализ структуры многослойных материалов и материалов с полимерным покрытием, применяемых в качестве материала верха при изготовлении средств индивидуальной защиты кожи. Изучена возможность использования материалов с двухсторонним ПВХ-покрытием на тканой основе из полиэфирных нитей для комбинированных костюмов индивидуальной защиты.

*Ключевые слова:* средства индивидуальной защиты кожи, костюмы индивидуальной защиты, аварийно-спасательные работы, гражданская защита

**Ph.D. (Tech.), professor V.I. Olshansky<sup>1</sup>,**

**Ph.D. (Tech.) V.P. Dovydenkova<sup>1</sup>,**

**Ph.D. (Tech.) O.D. Navrotsky<sup>2</sup>,**

**M.Sc. (Tech.) R.B. Okunev<sup>1</sup>,**

**Ph.D. (Tech.) S.V. Zhernosek<sup>1</sup>,**

**M.Sc. (Tech.) D.I. Penkrat<sup>1</sup>,**

**S.P. Astashov<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>*Vitebsk State Technological University, Vitebsk*

<sup>2</sup>*The University of Civil Protection of the Ministry for Emergency Situations of the Republic of Belarus, Minsk*

<sup>3</sup>*The Establishment «Research Institute of Fire Safety and Emergencies» of the Ministry for Emergency Situations of the Republic of Belarus, Minsk*



## **MULTILAYER LAMINATES ON THE FABRIC BASIS AND THEIR APPLICATION FOR PROTECTIVE CLOTHES OF RESCUE DIVISIONS OF THE MINISTRY FOR EMERGENCY SITUATIONS OF THE BELARUS**

The analysis of structure of the multilayer laminates and materials with a polymeric covering applied as top material at manufacture of individual protection equipment of skin is carried out. The possibility of use of materials with a bilateral PVC covering on a woven basis from polyester threads for the combined suits of individual protection is studied.

*Key words:* individual protection equipment of skin, suits of individual protection, emergency service and civil protection.

Обновление ассортимента специальной защитной одежды для аварийно-спасательных подразделений МЧС Республики Беларусь является актуальной задачей и связано с постоянным расширением спектра стратегических вопросов, решаемых при ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера.

В настоящее время в Республике Беларусь полностью освоено серийное производство водотермостойких костюмов, обеспечивающих защиту работающих от опасных и вредных факторов при проведении аварийно-спасательных работ в холодной и горячей воде.

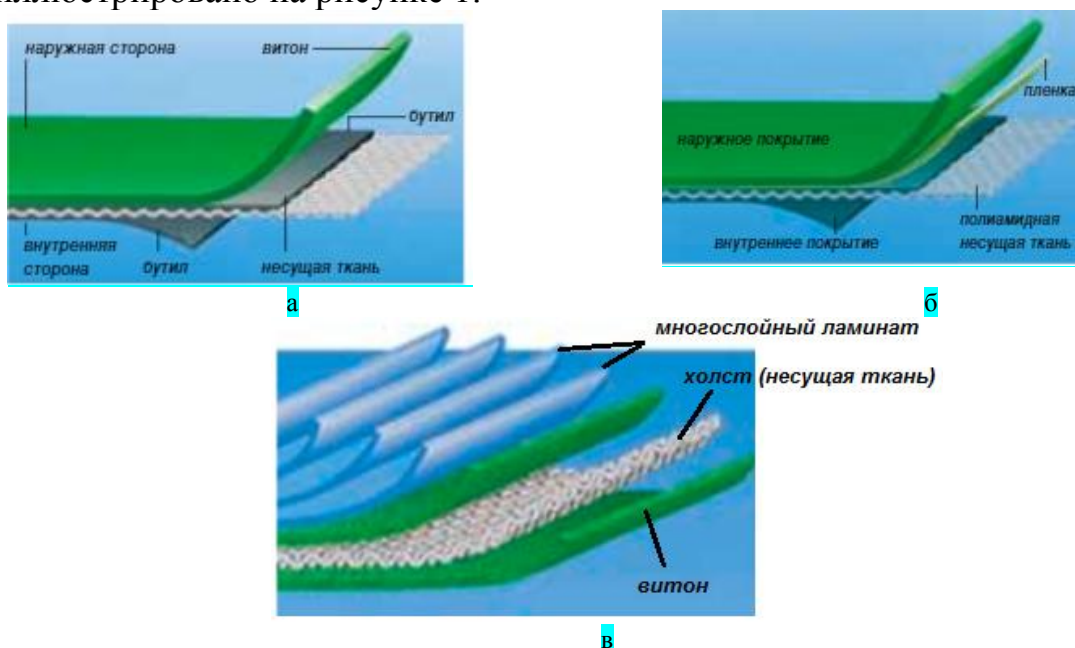
Принятый к разработке модифицированный вариант водотермостойкого костюма – комбинированный костюм индивидуальной защиты с элементами положительной плавучести (ККИЗ) является многослойным изделием и предназначен для спасения людей на воде (льду), выполнения отдельных видов аварийно-спасательных работ в холодной и горячей воде, что, как правило, сопряжено с высоким риском получения производственных травм.

Наибольшее значение в формировании качества любой многослойной одежды принадлежит, в первую очередь, обоснованному выбору используемых материалов, свойства которых должны в полной мере соответствовать целевому назначению будущего изделия. Правильный и научно обоснованный выбор материалов определяет качество и конкурентоспособность одежды, сохранение ее потребительских свойств, стабильность внешнего вида и легкость ухода в процессе эксплуатации.

Цель данной работы заключалась в анализе структуры многослойных материалов и материалов с полимерным покрытием, применяемых в качестве материала верха при изготовлении средств индивидуальной защиты кожи (СИЗК) и определении возможности использования материалов с двухсторонним ПВХ-покрытием на тканой основе из полиэфирных нитей для ККИЗ.

Анализ данных, представленных в литературных источниках и моделей-аналогов СИЗК ведущих фирм-производителей [1–14], позволил установить,

что для создания газонепроницаемых защитных костюмов, используемых для проведения аварийных-спасательных работ при воздействии максимально возможных концентраций твердых, жидких, газообразных или парообразных токсичных веществ, повышенных тепловых потоков, открытого пламени и низких температур, зарубежные производители используют 4- или 5-тислойные материалы. Несущей основой является преимущественно износостойкая полиамидная ткань, а материал покрытия – различные варианты каучуков (бутиловый, хлоропреновый, на основе «Витона» и т.п.). Для повышения физико-механических показателей, в частности, сопротивления порезам, проколам, в ряде случаев выполняется ламинирование лицевой стороны материала защитными пленками. Строение многослойных материалов, производимых компанией Vautex [15], проиллюстрировано на рисунке 1.



а – многослойный материал Vautex SL; б – многослойный материал Vautex Elite; в – многослойный материал Vautex Chempion  
Рисунок 1 – Строение многослойных материалов бренда Vautex

Основным способом скрепления деталей одежды при изготовлении защитных костюмов из многослойных материалов с каучуковым покрытием является комбинированное ниточно-клеевое соединение.

При изготовлении защитных костюмов для проведения аварийно-спасательных работ, связанных с воздействием малотоксичных химических веществ в жидкой и аэрозольной фазе, ликвидации разливов нефти и нефтепродуктов, зачистки нефтяных резервуаров наряду с традиционными прорезиненными тканями применяются материалы на тканой основе с поливинилхлоридным (ПВХ) покрытием.

Анализ структуры материалов с двухсторонним ПВХ-покрытием позволил установить, что для их производства в качестве тканой основы используется полиэфирное волокно (полиэстр, лавсан). Дополнительно на ПВХ-покрытием с одной либо двух сторон может наноситься защитный лак (рисунок 2).

Существует несколько методов нанесения ПВХ-покрытия на тканую основу. Наилучшим является метод литья, при котором тканая основа заливается жидким ПВХ. Толщина покрытия регулируется с помощью специальных ножей (раклей), устанавливаемых на определенной высоте в автоматизированном режиме [16].

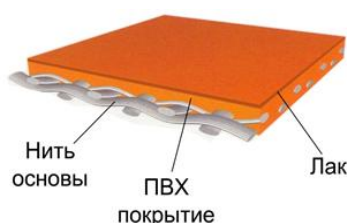


Рисунок 2 – Строение материала с двухсторонним ПВХ-покрытием тканой основы и односторонним нанесением защитного лака [17]

При другом методе ПВХ-покрытие наносится методом экструзии и распределяется по поверхности тканой основы с помощью специального вала. Сила давления вала регулируется в зависимости от необходимой плотности готового материала.

Полиэфирные волокна, составляющие тканую основу многослойного материала, обладают большой прочностью, которую при необходимости можно увеличить. Кроме того при растяжении на 5-7 % их деформация полностью обратима, поэтому материалы из полиэфирных нитей малосминаемы и хорошо сохраняют форму. По устойчивости к истиранию полиэфирные нити уступают только полиамидным, но они более устойчивы к действию светопогоды, обладают высокой стойкостью к кислотам, окислителям, разрушаются в горячих щелочных растворах. Полиэфирные нити имеют высокую термостойкость, превосходя по этому показателю все природные волокна и большинство химических. Они способны выдерживать длительную эксплуатацию при повышенных температурах [18].

Для производства многослойных материалов с ПВХ-покрытием используют тканую основу линейной плотности 6х6, 7х7, 8х8, 9х9 или 12х12 нитей, толщиной, как правило, 110 текс. От толщины нитей основы зависит прочность материала с ПВХ-покрытием и его способность к натяжению. Удлинение многослойных материалов с ПВХ-покрытием составляет до 4 %.

ПВХ-покрытия, наносимые на тканую основу, различны по своим температурным характеристикам, которые в первую очередь зависят от пластификатора, применяемого при производстве ПВХ-пасты. Так, например, морозостойкость материалов с ПВХ-покрытием может варьироваться от минус 20 °С до минус 55 °С, а общий температурный диапазон – от минус 55 °С до плюс 70 °С [19].

Для оценки степени технологичности материалов с двухсторонним ПВХ-покрытием на тканой основе из полиэфирных нитей производства ОАО «Ручайка», влияния жесткости на внешний вид модифицированного ККИЗ и удобство пользования наружной защитной оболочкой ККИЗ в лабораторных условиях кафедры «Конструирования и технологии одежды и обуви» был изготовлен макет ККИЗ. Внешний вид наружной защитной оболочки ККИЗ (макет), выполненной из материалов с двухсторонним ПВХ-покрытием на тканой основе из полиэфирных нитей, которые условно отнесены к группе «тентовых» материалов, представлен на рисунке 3.



Рисунок 3 – Внешний вид первичного образца КИЗ  
с элементом положительной плавучести

В процессе изготовления макета установлено, что материалы с двухсторонним ПВХ-покрытием на тканой основе из полиэфирных нитей могут быть использованы для изготовления наружной защитной оболочки модифицированного ККИЗ при грамотном конструктивном решении и введении формообразующих элементов (вытачек) в области локтевых и коленных суставов. Кроме того, жесткость данных материалов придает формоустойчивость наружному слою ККИЗ, способствует лучшей обтекаемости поверхности и снижает вероятность случайного повреждения оболочки в результате зацепления за окружающие предметы.

### Литература

1. Сухова, А.А. Анализ современных изолирующих материалов и средств индивидуальной защиты кожи на их основе / А. А. Сухова // Вестн. техн. ун-та. – 2016. – Т. 19. – № 15 – С. 128–130.
2. Изолирующие костюмы химической защиты MSA [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://forca.com.ua/info/zasobi-zahistu/izoliruyuschie-kostyumu-himicheskoi-zaschity-msa.html>; – Дата доступа: 20.05.2019.
3. Костюм «ТАСК» (Термоагрессивостойкий костюм) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.pto-pts.ru/produktsiya> – Дата доступа: 21.05.2019.
4. Термоагрессивостойкий костюм из специальных полимерных материалов (ТАСК). Руководство по эксплуатации, техническое описание, паспорт РЭ 8570-025-46840277-2003. – Москва : ОАО «ПТС», 2012. – 17 с.
5. Производство костюмов химзащиты [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.roskomplekt63.ru/prod1.html> – Дата доступа: 24.05.2019.
6. Костюм изолирующий «Рятувальник-1» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.pirena.com.ua/ru/product> – Дата доступа: 24.05.2019.
7. Костюмы изолирующие химические – КИХ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.spb-ppk.ru/katalog/sredstva-individualnoj-zashchityi/zashhita-ot-obshhix-proizvodstvennyix-zagryaznenij/> – Дата доступа: 29.05.2019.
8. Изолирующие костюмы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://xn--80aodaahri3e.xn--p1ai/catalog/sredstva-individualnoy-zaschityi/odejda-izoliruyuschego-tipa-dlya-remontnyih-i-avariynyih-rabot> – Дата доступа: 02.06.2019.
9. Способ получения многослойного изолирующего материала с широким спектром защитных свойств : пат. 2521053, Российская Федерация, МПК В32В 25/10, А62В 17/00 / Тарасов Л.А., Фатхутдинов Р. Х., Уваев В.В., Штукина Е. А., Сухова А.А., Лексина Е.А., Садыкова Л.Ш.;

заявитель ОАО «Казанский химический научно-исследовательский институт» – № 2012128292/05 ; заявл. 04.07.2012 ; опубл. 27.06.2014.

10. Изолирующие костюмы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.dees.ru/?do=catalog&id=12> – Дата доступа: 04.06.2019.

11. Индивидуальная защита ДЮПОН. Каталог продукции [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.dupont.ru/content/dam/assets/products-and-services/%D0%9A%D0%B0%D1%82%D0%B0%D0%BB%D0%BE%D0%B3%20%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%B4%D1%83%D0%BA%D1%86%D0%B8%D0%B8%20%D0%94%D1%8E%D0%BF%D0%BE%D0%BD%20%D0%98%D0%BD%D0%B4%D0%B8%D0%B2%D0%B8%D0%B4%D1%83%D0%B0%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D0%B0%D1%8F%20%D0%B7%D0%B0%D1%89%D0%B8%D1%82%D0%B0.pdf> – Дата доступа: 06.06.2019.

12. Л-1 (защитный костюм) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9B-1\\_\(%D0%B7%D0%B0%D1%89%D0%B8%D1%82%D0%BD%D1%8B%D0%B9\\_%D0%BA%D0%BE%D1%81%D1%82%D1%8E%D0%BC\)](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9B-1_(%D0%B7%D0%B0%D1%89%D0%B8%D1%82%D0%BD%D1%8B%D0%B9_%D0%BA%D0%BE%D1%81%D1%82%D1%8E%D0%BC))

– Дата доступа: 06.06.2019.

13. Чем отличается ткань БЦК от ткани Т-15 и ткани УНКЛ? Характеристика тканей [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.protivogaz-respirator.ru/faq/chem-otlichaetsya-tkan-btsk-ot-tkani-t-15-harakteristika-tkani/> – Дата доступа: 10.06.2019.

14. Комплект индивидуальной защиты: пат. 3762, Республика Беларусь, МКПО (9) 02-02 / Вабищевич А.П., Дмитракович Н.М., Куделевич Ю.А., Ласута Г.Ф., Мацкевич Е.В., Навроцкий О.Д., Новичук С.Н., Романенко Я.А., Шаравар В.А., Шуляковская З.Н. ; заявитель Учреждение "Научно-исследовательский институт пожарной безопасности и проблем чрезвычайных ситуаций" Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь – № f 20160043 ; заявл. 02.03.2016; опубл. 30.06.2017.

15. Костюмы химической защиты фирмы MSA AUER [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docplayer.ru/39432007-Kostyumy-himicheskoy-zashchity-firmy-msa-auer.html> – Дата доступа: 11.06.2019.

16. Абдуллин, И.Ш. Технология каландрования полимеров для изготовления тканей с мембранным покрытием / И.Ш. Абдуллин, Р.Г. Ибрагимов, О.В. Зайцева, В.В. Вишневский, Н.В. Осипов, Ю.В. Шараев // Вестн. Казанского техн. ун-та. – 2014. – Т. 17. – № 17. – С. 102–109.

17. Мембрана. Ткани и пленки [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.tentmarket.com.ua/catalog/materials> : – Дата доступа: 29.07.2019.

18. Бузов, Б.А, Материаловедение в производстве изделий легкой промышленности (швейное производство): учебник для студ. высш. учеб.

заведений / Б.А. Бузов, Н.Д. Алыменкова; под ред. Б.А. Бузова. – М. :  
Издательский центр «Академия», 2004. – 448 с.

19. TENTMAX. Тентовая архитектура. Характеристики тентовых  
материалов. [Электронный ресурс]. – Режим доступа:  
<http://www.tentmax.ru/information/poleznaya-informatsiya-kharakteristiki-tentovyykh-materialov>. – Дата доступа: 22.07.2019.



<b>ФОРМИРОВАНИЕ ПОСРЕДСТВОМ КОММУНИКАЦИИ</b>	<b>КУЛЬТУРЫ НАИБОЛЕЕ</b>	<b>ПОЖАРНОЙ ЭФФЕКТИВНЫХ</b>	<b>БЕЗОПАСНОСТИ КАНАЛОВ</b>
--	------------------------------	---------------------------------	---------------------------------

**УДК 614.84:658.5**

**канд. техн. наук Фирсов А.Г.,  
д-р техн. наук Порошин А.А.,  
Загуменнова М.В., Сибирко В.И.**

*Федеральное государственное бюджетное учреждение «Всероссийский ордена «Знак почёта» научно-исследовательский институт противопожарной обороны министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий» (ФГБУ ВНИИПО МЧС России)*

**ПРИМЕНЕНИЕ ЛОГИКО-СТАТИСТИЧЕСКОГО МЕТОДА  
ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СИСТЕМЫ ПОКАЗАТЕЛЕЙ  
ПРЕДОТВРАЩЕННОГО УЩЕРБА ОТ ПОЖАРОВ**

Рассмотрены методы анализа статистических данных. Дано определение логико-статистического метода. Рассмотрена возможность применения логико-статистического метода для разработки алгоритма по определению предотвращенного ущерба. Сформулирован общий принцип определения системы показателей предотвращенного ущерба.

*Ключевые слова:* контрольно-надзорная деятельность, эффективность, логико-статистический метод, предотвращенный ущерб.

**Ph.D. (tech.) A. G.Firsov,  
Doctor of Technical Sciences A.A. Poroshin,  
M. V. Zagumennova, V.I. Sibirko**

*Federal State Budgetary Institution «All-Russian Order «Badge of Honor» Research Institute of Fire Defense of the Ministry of the Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Disaster Management» (FSBI VNIPO EMERCOM of Russia)*

**APPLICATION OF LOGICAL AND STATISTICAL METHOD TO  
DETERMINE THE SYSTEM OF INDICATORS OF FIRE DAMAGE  
PREVENTION**

Methods of statistical data analysis are considered. The definition of the logical-statistical method is given. The possibility of using the logical-statistical method to develop an algorithm to determine the prevented damage is considered. The General principle of definition of system of indicators of the prevented damage is formulated.

*Key words:* control and Supervisory activity, efficiency, logical and statistical method, prevented damage.



Одним из направлений совершенствования государственного контроля и надзора на сегодняшний день является разработка и внедрение системы оценки результативности и эффективности контрольно-надзорных органов (далее – КНО). Развитие и совершенствование контрольно-надзорной деятельности (далее – КНД) в Российской Федерации в полной мере соответствует международным практикам и свидетельствует об эволюции как понимания результативности государственного контроля (надзора), его роли в достижении общественно значимых результатов, так и готовности органов государственной власти принимать на себя ответственность за уровень рисков в подконтрольных (поднадзорных) сферах и их минимизацию [1].

В рамках реализации Федерального закона № 294 [2] был введен унифицированный перечень показателей результативности и эффективности, обязательных для использования контрольно-надзорными органами всех уровней при подготовке ежегодных докладов об осуществлении государственного контроля (надзора) и муниципального контроля. Но распространение унифицированного перечня показателей эффективности КНД пока не позволило создать комплексной системы оценки ее результативности и эффективности. Риски того, что использование в сфере контрольно-надзорной деятельности количественных показателей приводит к подмене понятия «работы на результат» понятием «работы на показатель», оцениваются настолько высоко, что отдельные исследователи предлагают вообще отказаться от использования количественных критериев оценки эффективности деятельности надзорных структур и использовать исключительно оценку по конечному результату – уровню защищенности общества от неблагоприятных последствий процессов жизнедеятельности человека [3].

В настоящее время остается актуальным развитие методических подходов к оценкам эффективности КНД, позволяющих оценить ущерб (причиненный и предотвращенный) в результате нарушений законодательства и эффективность контрольно-надзорных мероприятий по его минимизации и профилактике. В этой связи немалое значение приобретает и качественная система оценки результативности и эффективности КНД. Эта оценка осуществляется в целях обоснования планируемых мероприятий, выбора оптимальных управленческих решений. Обеспечение объективности такой оценки зависит не только от научной обоснованности критериев, но от определения таких показателей, которые способны полно и всесторонне отразить содержание учитываемой деятельности, а также с разработкой соответствующей методологии, позволяющей оценить деятельность КНО. Система показателей результативности и эффективности КНД должна быть определена

показателями, которые необходимы для оценки достижения или недостижения целевых установок работы КНО [4]. Какими они могут быть?

В статье [5] авторами рассмотрен вопрос о возможности отказа от использования показателей, ориентированных на число выявленных нарушений, количестве контролируемых лиц, привлеченных к ответственности в пользу оценки предотвращенного в результате КНД ущерба, связанного с контрольно-надзорными мероприятиями. Анализ особенностей, возможностей и ограничений практического использования, рассмотренных научно-методических подходов расчета предотвращенного ущерба в различных видах КНД указывает на необходимость существенной корректировки методов определения предотвращенного ущерба как одного из показателей эффективности.

Всесторонний анализ методик по расчету предотвращенного ущерба показал, что основным проблемным вопросом является отсутствие адекватного метода расчета, не позволяющего свободную интерпретацию формул и подмену понятий, достоверных и подробных статистических данных за как можно более длительное время, доступности в понимании простому пользователю метода расчета. Исследуемые параметры предотвращенного ущерба измеряются в разнотипных шкалах (стоимость потери того или иного вида собственности выражается в денежных единицах, деструктивные события (пожары, несчастные случаи и пр.) характеризуются их количеством и т.д.) – это тоже вызывает определенные затруднения в построении сбалансированной системы показателей. По мнению исследователей, расчеты предотвращенного ущерба перегружены математическими вычислениями, которые «заслоняют» сущность оценки эффективности КНД. Пользоваться такими методиками в практических расчетах весьма затруднительно из-за достаточно сложных математических вычислений, которые к тому же не дают достоверных результатов.

Одним из перспективных подходов к решению подобных задач является логико-статистический метод, так как при этом подходе не накладываются какие-либо ограничения на вид закона распределения по каждому фактору. Такой подход представляется возможным, поскольку обеспечивает, в конечном счете, взаимосвязь элементов системы на всех уровнях исследования проблемы. Развитие указанных процедур имеет два независимых пути:

а) создание статистических систем, совмещающих разработанные классические методы анализа данных с процедурами логического вывода;

б) разработка и обоснование новых методов, органически включающих как элементы логического, так и статистического вывода.

Оба направления представляются интересным ввиду следующих особенностей. Известно, что логический вывод основан на исчислении

высказываний или частоты случаев, имеющих хорошо разработанную совокупность выводов и правил. В то же время статистические процедуры обладают ярко выраженным индуктивным характером, т.е. логический вывод основывается на переходе от частного к общему: заключение по аналогии, обобщение (проверка статистических гипотез, байесовский вывод – вероятность того, что гипотеза может быть верной) [6]. Определение логической и статистической структуры входных параметров исследуемого объекта и разработка алгоритма, реализующего учет этой структуры, могут быть определены с помощью логико-статистического метода.

Логико-статистический метод позволяет объединить существующие статистические системы и логические методы, расширить возможности статистического анализа за счет привлечения дополнительной информации, получаемой в процессе изучения особенностей функционирования той или иной системы, и получить новый инструмент для дальнейших исследований. При использовании логико-статистического метода система представляется в виде структуры, которую можно описать когнитивной (доступной для восприятия) схемой, отражающей логику взаимосвязей между факторами. Логико-статистический метод позволяет произвести расчеты только после определения математической зависимости между показателями, облегчает их математическое описание, дает возможность выявить наиболее важные связи и исключить из рассмотрения малозначимые показатели [7]. Применение логико-статистического метода складывается из нескольких этапов (рис. 1).



Рисунок 1 – Алгоритм использования логико-статистического метода

Первый, исходный, этап предполагает определение параметров системы в зависимости от поставленной задачи, а также сбор необходимой информации, отображающей общие данные по направлению деятельности. Она черпается из статистической отчетности, поступающей в КНЮ. Сведения о некоторых процессах, влияющих на деятельность КНД, берутся из общесоциальной статистики (например, ВВП, численность населения, профессиональная структура населения). Наконец, ряд недостающих данных

можно получить путем анкетирования, наблюдения и иными статистическими методами. На втором этапе собранная информация подытоживается, группируется в зависимости от целей исследования. На третьем – информация анализируется.

Прежде чем приступить к анализу сгруппированного материала, его необходимо обработать соответствующим образом. Подобная обработка заключается главным образом в преобразовании абсолютных величин в обобщающие показатели. Они позволяют отображать по определенному признаку всю совокупность явлений в целом, отвлекаясь от частного, индивидуального, случайного. Ценность обобщающих показателей заключается в том, что они одним числом характеризуют наиболее типичные, наиболее распространенные стороны массовых процессов. Внимание к взаимосвязи мероприятий, реализуемых органами контроля и надзора (как собственно контрольных, так и надзорных), и предпринимаемых по их итогам мер по предотвращению и устранению нарушений и ликвидации их последствий позволяет оценить вклад контрольно-надзорной деятельности в достижение конечных показателей, характеризующих состояние подконтрольной сферы. Такой сбалансированный подход позволит повысить качество планирования и оценки достигаемых результатов, снизит риски намеренного и непреднамеренного (обусловленного используемыми методами расчета) искажения данных [8].

Трудности, с которыми сталкиваются попытки создания методик по определению предотвращенного ущерба, являются общими для различных видов КНД. Задачи обработки данных: алгоритмическая трудоемкость получения статистических данных и отсутствие практически пригодных методов, выполняемых на практике, подчеркивают актуальность проведения исследования. Анализ данных смешанной природы, обеспечивающий адекватность представления причинно-следственных связей на основе комплексного учета структуры модели и эмпирической структуры данных за счет использования логико-статистического метода, позволяет провести оценку влияния накопленных практикой различных факторов и включает в себя следующие задачи:

- определение априорной информации (предварительные данные);
- определение логической и статистической структуры входных параметров;
- разработка простой, легко интерпретируемой структуры по определению предотвращенного ущерба;
- разработка алгоритма, реализующего учет этой структуры;
- проверка на адекватность логической модели.

Основываясь на исследованиях, проведенных авторами в статье [5], для объективной оценки эффективности КНД необходима коррекция принципов

и мер, дополняющих (расширяющих) подходы к оценке деятельности КНД. Такая оценка может быть осуществлена на основе логико-статистического метода с использованием обобщающих показателей предотвращенного ущерба для тех видов контрольно-надзорной деятельности, где возможно предупреждение (предотвращение возникновения) событий, причиняющих ущерб.

Так как основной задачей КНД является охрана жизни и здоровья населения, то нет сомнения, что такие составляющие являются главными параметрами оценки предотвращенного ущерба. При этом следует учитывать, что эффект воздействия на объект защиты (надзора) в результате КНД носит кумулятивный характер и может быть растянут во времени на несколько лет (десятков лет), следовательно, при анализе экономических процессов, протяженных во времени, при сравнении стоимостных характеристик необходимо переходить к сопоставимым ценам. Это невозможно сделать без расчета индекса роста цен, т.е. индекса инфляции. Для более полной оценки предотвращенного ущерба необходимо также учитывать и материальный ущерб, т.к. КНД направлен и на предотвращение материального ущерба охраняемых государством общественных ценностей.

В силу сказанного выше применение логико-статистического метода и разработка системы показателей предотвращенного ущерба, а также дополнительный анализ причинно-следственных связей факторов, влияющих на предотвращенный ущерб, является необходимым этапом в создании алгоритма по определению предотвращенного ущерба. На основании проведенного исследования можно построить логическую модель и сформулировать общий принцип по определению системы показателей, используемых при оценке предотвращенного ущерба (рис. 2).

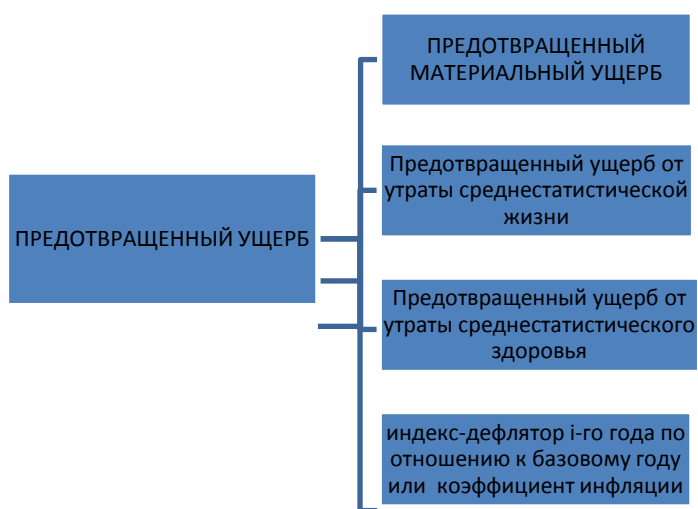


Рисунок 2 – Система показателей предотвращенного ущерба

Построение логической модели является полезным и удобным инструментом, она позволяет четко объяснить суть проблемы, понимать последовательность шагов и результатов, которые будут достигнуты [9]. Это полезный инструмент для анализа логической обоснованности построения алгоритма, который позволит выявить логические нестыковки или неожиданные факторы, влияющие на предотвращенный ущерб. Логические модели помогают уточнить различные компоненты, поэтому они служат основой для алгоритма по определению предотвращенного ущерба. Выявляя последовательность причинно-следственных связей между различными факторами, логические модели помогают определить, какие компоненты нужны, и ранжировать их по приоритетности.

В заключении хотелось бы отметить, что результативность и эффективность контрольно-надзорной деятельности не могут оцениваться на основе одного отдельно взятого показателя. Только системный подход к оценке всех уровней результата и соответствующих аспектов результативности и эффективности государственного и муниципального контроля позволит оценить влияние его осуществления на достижение целей государственной политики в соответствующей сфере деятельности и сориентировать деятельность контрольно-надзорных органов на минимизацию и предотвращение причиняемого вреда законным интересам и имуществу граждан, хозяйствующих субъектов и публично-правовых образований [10].

### Литература

1. Послание Президента Российской Федерации от 04.12.2014 б/н (О положении в стране и основных направлениях внутренней и внешней политики государства) URL:<http://www.kremlin.ru/acts/bank/39443/page/1> (дата обращения: 12.11.2018).
2. Добролюбова, Е.И. Комплексный мониторинг практики применения Федерального закона от 26 декабря 2008 года № 294-ФЗ «О защите прав юридических лиц и индивидуальных предпринимателей при осуществлении государственного контроля (надзора) и муниципального контроля» в 2012 году: итоги и рекомендации / Е.И. Добролюбова, В.Н. Южаков // Вопросы государственного и муниципального управления. – 2013. – № 1. – С. 79–90.
3. Домрачев, Д.Г. Основные проблемы оптимизации контрольно-надзорной деятельности в свете Послания Президента Российской Федерации Федеральному собранию РФ от 4 декабря 2014 г. / Д.Г. Домрачев // Вестник Вятского государственного гуманитарного университета. Юридические науки. – 2015. – № 1. – С. 90–95.
4. Лобаев, И.А. О дополнительных показателях оценки государственного контроля (надзора) МЧС России / И.А. Лобаев,

В.Л. Семиков, С.И. Сидоров // Технологии техносферной безопасности. – 2015. – № 6 (64).

5. Обзор методических подходов и методик определения предотвращенного ущерба как одного из показателей эффективности контрольно-надзорной деятельности / М.В. Загуменнова [и др.] // Пожарная безопасность. – 2019. – № 2.

6. Гаек, П. Автоматическое образование гипотез: Математические основы общей теории / П. Гаек, Т. Гавранек. – М.: Наука, 1964.

7. Полюшко, Б.Г. Группировка и системы статистических показателей / Б.Г. Полюшко. – М.: Статистика, 1978.

8. Воронов, Ю.П. Методы сбора информации в социологическом исследовании / Ю.П. Воронов. – М.: Статистика, 1974.

9. Орлов, А.И. Организационно-экономическое моделирование: теория принятия решений: учебн. для вузов / А.И. Орлов. – М., 2011.

10. Добролюбова, Е.И. Методические рекомендации по оценке результативности и эффективности контрольно-надзорной деятельности / Е.И. Добролюбова, В.Н. Южаков. – М.: Издательский дом «Дело» РАНХиГС, 2017. – 174 с.



**УДК 519.257: 614.849**

**канд. техн. наук, доц. Лапицкая Н.В.,  
Игнатюк Т.А.\***

*Учреждение образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники», г. Минск.*

*\*Учреждение «Научно-исследовательский институт пожарной безопасности и проблем чрезвычайных ситуаций» Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь, г. Минск*

### **ТАБЛИЦА СМЕРТНОСТИ ЖЕРТВ ПОЖАРА КАК ИНСТРУМЕНТ ТРАНСФОРМАЦИИ МЕТОДИКИ ОЦЕНКИ ЭКОНОМИЧЕСКОГО УЩЕРБА**

Рассмотрены подходы к экономической оценке ущерба, наносимого обществу гибелью человека, влияние потерь населения на оценку экономического ущерба от чрезвычайных ситуаций. Проведен анализ денежной оценки стоимости человеческой жизни на основе страховых выплат в разных странах. Обоснована необходимость построения прототипа таблицы дожития (смертности) на основе данных о количестве погибших людей от пожаров. Представлен расчет определения основных показателей таблицы дожития (смертности). На основе анализа данных о количестве погибших людей от пожаров за десять лет построен прототип таблицы, изучено распределение показателей возрастной структуры.

*Ключевые слова:* оценка человеческой жизни, экономический ущерб, чрезвычайная ситуация, таблицы дожития (смертности).

**Ph.D. (Tech.), assoc. prof. N.V.Lapitskaya,  
T.A. Ignatuk\***

*The Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk*

*\*The Establishment «Research Institute of Fire Safety and Emergencies» of the Ministry for Emergency Situations of the Republic of Belarus, Minsk*

### **LIFE TABLE LOSS OF FIRES AS MEANS FOR TRANSFORMATION OF METHODS OF EVALUATION ECONOMIC DAMAGE**

The work considers approaches to economic assessment of damage caused to society by human death, the impact of population losses on the assessment of economic damage caused by emergencies. An analysis of the monetary valuation of the cost of human life based on insurance payments in different countries has been carried out. The need to build a prototype the table life on the basis of data on the number of dead people from fires is justified. The calculation of the definition of the main indicators of the table life is presented. Based on the analysis of data on the number of people killed by fires for ten years, a prototype of the table was built, the distribution of age structure indicators was studied.



*Key words:* evaluation of human life, economic damage, emergency situation, life table.

Повышенная значимость социальных факторов во всех сферах жизнедеятельности побудила интерес к определению стоимости жизни человека в рамках экономического ущерба, наносимого обществу гибелью человека. С точки зрения государственной системы регулирования оценка стоимости жизни человека необходима для функционирования систем страхования жизни и здоровья человека, социально-экономической стабильности и финансовой безопасности общества и страны в целом. Правовой основой денежной оценки жизни человека с точки зрения самого человека, подвергаемого риску гибели, является право человека на жизнь, провозглашенное во Всеобщей декларации прав человека и в Конституции Республики Беларусь (РБ) [1, 2].

Первые попытки произвести экономическую оценку ущерба, наносимого обществу гибелью человека, и установление выгоды мероприятий по предупреждению подобного явления принадлежат L.Dublin и A.Lotka, которые в 1935 году в США внедрили понятие «стоимости человека». Вслед за ними A.Saurg (Франция) дал компетентную формулировку проблем, связанных со средней ценой человеческой жизни, – стоимость содержания и профессиональной подготовки человека, его защиты, борьбы с заболеваемостью и смертностью, общественный вклад индивидуума и итоги его экономической деятельности [3].

В 1975 году Joanne Linnerooth в своем исследовании рассматривает два основных подхода для оценки человеческой жизни. Первый «чистый» подход основан на ценности человека для общества в зависимости от продуктивности, оценивается вклад в остальное общество, исключая самого себя. Общая «стоимость» физического лица рассчитывается путем капитализации доходов за вычетом его потребления и затрат на самого себя. Второй подход «грубый», где ценность человека включает в себя сам индивид в обществе, не исключая своего потребления [4].

На сегодняшний день сформировались три основных подхода к определению стоимости жизни человека. Первый подход – оценка стоимости человеческой жизни через теорию человеческого капитала. Под человеческим капиталом понимается подсчет аккумулированных за жизнь ценностей (знания, навыки, умения и способности, воплощенные в людях, которые позволяют им создавать личное, социальное и экономическое благосостояние), учитывая затраты, вложенные в человека и ожидаемая от него отдача в предстоящей жизни. [5].

Второй подход – оценка стоимости среднестатистической жизни человека. Данный подход строится на оценке человеком стоимости собственной жизни, соотношения между риском для жизни и платой.

Так, «цену жизни можно вычислить, зная, например, насколько дороже более безопасные автомобили в сравнении с обычными или насколько выше заработная плата у тех, кто работает на опасном производстве». Такой подход распространен среди западных экономистов. [6].

Третий подход – экономический ущерб от смертности трудоспособного населения. Согласно концепции в случае смерти работника учитывают не только явные экономические потери (спад производительности, выплаты семье и т.п.), но и потерянную стоимость самой жизни, то есть «стоимость количества лет, которые человек не дожил до возраста средней продолжительности жизни» [7].

В зависимости от методики расчета и уровня социально-экономического развития страны, в которой эта оценка проводится, диапазон значений денежной оценки человеческой жизни в зарубежной и отечественной практике довольно широк. Так, американские ученые, определяя экономический ущерб здоровью населения от аварии на Чернобыльской АЭС, оценили стоимость жизни в 1,5–3,0 млн. долл., их коллеги из ФРГ – в 0,5–1,0 млн. долл., а специалисты Московского института проблем безопасности развития атомной энергии РАН – в 0,09–0,19 млн. долл. [8].

Однако до сих пор нет методики, которая позволяла бы делать денежную оценку жизни человека с учетом всего населения страны и всех возрастных групп населения. Такая методика нужна для тех ситуаций, когда одному и тому же виду опасности одновременно подвергается все население, к такому виду опасностей относятся чрезвычайные ситуации (ЧС).

По данным Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), в 2010 году в Западной Европе доля смертей от внешних причин составила от 3,6 % в Великобритании, до 7,6 % во Франции, а в России – почти 11 %. Ежегодно в РФ от всех причин умирает около 120 тыс. чел., из этого числа от всех внешних причин – 7–9 %. При этом заметная доля погибших приходится на несчастные случаи, несчастные случаи, вызванные воздействием дыма, огня и пламени, – 8–10 %.

За рубежом принято считать, что мероприятие (программа) эффективно, когда ее стоимость меньше, чем стоимость жизни людей, спасенных от смерти, инвалидности, страданий, разного рода опасности, угрожающих обществу. По мнению Э.Р. Эккерта, «стоимость человеческой жизни, высчитываемая любым способом, может быть пригодна только для принятия тех или иных решений о вложении средств в противопожарную защиту и поэтому может использоваться только в экономическом контексте. Без таких данных трудно доказать с цифрами в руках необходимость внедрения средств обеспечения безопасности людей при проектировании и постройке огромных современных зданий. Однако какой бы способ не использовался

для получения экономической оценки стоимости человеческой жизни, это следует делать на основе определенной методологии» [9].

При изучении зарубежных методик оценки ущерба от ЧС выявлены принципиально разные подходы к определению стоимости человеческой жизни.

Часть авторов оценивают стоимость человеческой жертвы в денежном выражении посредством применения показателя производительности труда и его среднегодового темпа прироста в течение средней продолжительности работы человека в годах, поэтому гибель и поражение людей учитывается в социальном ущербе. Но большинство видов социального ущерба не поддается денежной оценке, поэтому некоторую его часть авторы предлагают оценивать экономическими показателями, применяемыми в области здравоохранения и социального обеспечения.

Другие авторы при рассмотрении методологических подходов количественной оценки риска ЧС в регионах с потенциально опасными объектами предлагают определять индивидуальный риск смерти как произведение частоты реализации опасности определенного класса и вероятностей случайных событий, предопределяющих смертельный исход для среднестатистического индивидуума в данной точке пространства. Кроме того, эти авторы считают, что главенствующую роль в сумме всех компенсационных затрат от последствий ЧС должны представлять потери от смертельных исходов.

Ряд других разработчиков методических основ определения экономического ущерба считает, что для расчета величины потерь от полученных травм и гибели людей в процессе производства достаточно использовать следующие показатели: потери рабочего времени в связи с выбытием пострадавшего из трудового процесса из-за смерти или инвалидности; его возраста, трудового стажа; компенсационные выплаты и пособия; условные потери национального дохода. Для подсчета потерь от гибели и поражения населения авторы используют такие статьи расходов, как пенсии, пособия, расходы на лечение и погребение, материальную помощь, условные потери национального дохода.

Можно сделать вывод, что, хотя при оценке ущерба от ЧС определение «стоимости» жизни человека является одним из основных параметров, который позволяет дать достоверную оценку нанесенного ущерба, в существующих ведомственных методиках не производится расчет экономического ущерба, связанного с гибелью людей, или описан примитивный расчет [10].

В РБ на текущий момент не существует единой методики оценки ущерба от ЧС. В зависимости от отраслевой принадлежности государственными органами разработаны ведомственные методики оценки ущерба от ЧС

природного и техногенного характера [11]. Как правило, они носят общий рекомендательный характер, а оценку ущерба производят страховые организации по существующим у них методикам. В то же время можно утверждать, что и в страховых организациях отсутствует единый подход: при оценке экономического ущерба одной и той же ЧС на одном и том же объекте при запросе у разных страховых организаций результаты оценки ущерба могут значительно отличаться.

В мировой практике оценка стоимости человеческой жизни зависит от различных факторов, связанных с индивидуальными особенностями человека. Этот факт подтверждают условия страхования жизни, например, в США здоровый 40-летний мужчина будет выплачивать 300–400 долл. США в год ради получения 500 тыс. долл. в качестве посмертной выплаты, 50-летний мужчина будет выплачивать 1000 долл. в год, 60-летний — 2500–3000 долл. в год. Курящие, имеющие лишний вес, больные раком, диабетом и другими заболеваниями в роду и лица старше 60 лет будут выплачивать более высокие ставки страхования. Для некурящих, непьющих, регулярно занимающихся спортом и лиц моложе 30 лет, не имеющих в роду серьезных заболеваний, напротив, страхование жизни будет дешевле. В РФ суммы добровольного страхования жизни значительно колеблются (от 1,2 тыс. до 6 млн долл.) в зависимости от множества различных факторов: от длительности страхования (5 лет, 20 лет или больше); от степени ущерба, нанесенного здоровью; от возраста, пола, образа жизни, профессии, состояния здоровья [12].

Проведенный анализ подходов демонстрирует наличие зависимости стоимости жизни от многих различных факторов. Одним из существенных является показатель возрастной структуры, что обосновывает целесообразность изучения существующих статистических данных с целью построения прототипов таблиц дожития (смертности), рассматривающих только гибели людей на пожарах.

Для определения основных показателей таблицы дожития (смертности) использовался следующий расчет:

$l_x$  — число доживших до точного возраста  $x$  из начальной численности, корень таблицы принят равный  $l_0 = 100000$  человек.

${}_n d_x$  — числа умирающих в интервале возраста от  $x$  до  $(x + n)$ . Сумма всех значений  ${}_n d_x$  включает всех новорожденных:

$$\sum_{x=0}^w {}_n d_x = l_0, \quad (1)$$

$${}_n d_x = l_x - l_{x+n}. \quad (2)$$

${}_nq_x$  – вероятность умереть в интервале возраста от  $x$  до  $x+n$ , для всех тех, кто дожил до возраста  $x$ :

$${}_nq_x = \frac{nd_x}{l_x} \quad (3)$$

${}_np_x$  – вероятность выжить к возрасту  $x + n$  для всех тех, кто дожил до возраста  $x$ :

$${}_np_x = \frac{l_{x+n}}{l_x} = \frac{l_x - nd_x}{l_x} = \frac{l_x}{l_x} - \frac{nd_x}{l_x} = 1 - {}_nq_x \quad (4)$$

${}_nL_x$  – среднее число человеко-лет, прожитое в интервале возраста от  $x$  до  $x + n$  теми, кто дожил до начала данного интервала ( $l_x$ ). В общем виде выглядит следующим образом:

$${}_nL_x = \int_x^{x+n} l(y) dy \quad (5)$$

Приблизленно, при использовании гипотезы равномерного распределения смертей в возрастном интервале, этот показатель рассчитывается как полусумма чисел доживающих до начала и конца возрастного интервала, умноженная на длину возрастного интервала  $n$ :

$${}_nL_x = n \cdot \frac{l_x + l_{x+n}}{2} \quad (6)$$

$T_x$  – число человеко-лет жизни в возрасте  $x$  лет и старше:

$$T_x = L_x + L_{x+n} + \dots + L_w \quad (7)$$

$e_x$  – ожидаемая продолжительность жизни в возрасте  $x$  лет:

$$e_x = \frac{T_x}{l_x} \quad (8)$$

Данная методика построения таблицы дожития позволят проанализировать данные о количестве погибших в период с 2009 по 2018 гг. в Республике Беларусь (согласно ведомственному учету) по каждой причине пожаров, распределив погибших на пожарах по возрасту от 0 до 100 лет и возрастным группам. Полученные результаты являются основой для сравнительного и факторного анализа.

**Заключение.** Построение и анализ таблиц дожития позволяют оценить такой важный аспект учета экономического ущерба, как возрастная оценка

стоимости жизни. Например, на основе данных о количестве погибших за период с 2009 по 2018 гг. в Республике Беларусь показатели возрастной структуры по пятилетним интервалам показывают, что наибольшее количество представителей мужского пола гибнут на пожарах в возрасте 50–54 года, женского – 80–84, наименьшее обоих полов – с 10 по 14 лет. Распределив данные по возрастным группам, выявлено, что 62,5 % из всей совокупности гибели мужского пола приходится на группу трудоспособного возраста, что составило 48,5 % от гибели людей за 10 лет, у женщин – 62,6 % (14,1 %) пенсионного возраста.

Анализ данных позволяет улучшить оценки параметров классификации и повысить качество модели, участвующей в поддержке принятия решений.

### Литература

1. Всеобщая декларация прав человека : принята и провозглашена резолюцией 217 А (III) Генеральной Ассамблеи ООН от 10 декабря 1948 г. – Минск : Амалфея, 2012. – 28 с.
2. Конституция Республики Беларусь 1994 года (с изменениями и дополнениями, принятыми на республиканских референдумах 24 ноября 1996 г. и 17 октября 2004 г.). – Минск : Амалфея, 2005. – 48 с.
3. Dublin, L.J. The Money Value of Man / L.J. Dublin, A. Lotka // New York: Roland Press Co. – 1930. – P. 27.
4. Linnerooth, J. The evaluation of life-saving: a survey / J. Linnerooth // Research Reports, 1975. – P. 30.
5. Капелюшников, Р.И. Сколько стоит человеческий капитал России? / Р.И. Капелюшников. – Москва, 2012. – (Препринт WP3/2012/06. М.: Изд. дом ВШЭ. С. 6–7)
6. Гуриев, С.М. Мифы экономики: заблуждения и стереотипы, которые распространяют СМИ и политики / С.М. Гуриев. – 3-е изд., перераб. – М.: ООО «Юнайтед Пресс», 2012. – 320 с.
7. Оценка экономического ущерба в результате смертности населения от несчастных случаев, отравлений и травм : сб. науч. трудов / Институт народно-хозяйственного прогнозирования РАН ; Д.И. Шмаков. – М., 2003. – 385 с.
8. Корчагин, В.П. Экономическая оценка ущерба от людских потерь / В.П. Корчагин, В.Л. Нарожная // Проблемы прогнозирования. – 1998. – № 5. – С. 109–120.
9. Архипец, Н.Н. Экономическая теория : учеб.-метод. комплекс : в 2 ч. / КИИ ; сост. Н.Н. Архипец. – Минск, 2005. – Ч. 2 : «Экономика защиты от ЧС». – 134 с.
10. Лапицкая, Н.В. Анализ показателей смертности на пожарах в Республике Беларусь с целью оценки экономического ущерба от

чрезвычайных ситуаций / Н.В. Лапицкая, Т.А. Игнатюк // Чрезвычайные ситуации: предупреждение и ликвидация. – 2018. – № 2 (44). – С. 17–24.

11. Об утверждении инструкции о порядке работы республиканских органов государственного управления, местных исполнительных и распорядительных органов, организаций и их комиссий по чрезвычайным ситуациям по определению объемов финансовой поддержки юридическим, физическим лицам и индивидуальным предпринимателям, имуществу которых нанесен ущерб в результате чрезвычайных ситуаций, решении других вопросов, касающихся ликвидации последствий этих ситуаций в пострадавших районах: Постановление Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь, Министерства Финансов Республики Беларусь, Министерства Экономики Республики Беларусь, 18 августа 2006 г., № 40/276/136 // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь. – Режим доступа: <http://pravo.newsby.org/belarus/postanov5/pst824>. – Дата доступа: 15.01.2019.

12. Как оценить стоимость человеческой жизни? / Т.С. Карабчук [и др.] // Экономическая социология. – 2014. – № 1. – С. 89–106.



**УДК 004.415.53**

**Клебан А.Е.**

*Учреждение «Научно-исследовательский институт пожарной безопасности и проблем чрезвычайных ситуаций» Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь, г. Минск*

### **ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МОБИЛЬНОГО ПРИЛОЖЕНИЯ «ПОМОЩЬ РЯДОМ» ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ МЕХАНИЗМА УПРАВЛЕНИЯ СПОНТАННЫМИ ВОЛОНТЕРАМИ**

Рассмотрена проблематика спонтанного волонтерства и возможность использования функционала мобильного приложения МЧС Беларуси «Помощь рядом» по координации и самоорганизации спонтанных волонтеров через сообщения «Мне нужна помощь», «Я могу помочь».

*Ключевые слова:* мобильное приложение, Android, IOS, спонтанные волонтеры, карта, канал, многопользовательские системы.

**A. Kleban**

*Institution «Research Institute of Fire Safety and Emergency Situations» of the Ministry of Emergency Situations of the Republic of Belarus, Minsk*

### **SPONTANEOUS VOLUNTEERING: MOBILE APPLICATION AS RESOURCE OF COORDINATION**

The article is considered the problems of spontaneous volunteering and describes functionality of the mobile application of the Ministry of Emergency Situations of Belarus "Help is near" for coordination of spontaneous volunteers. Multi-user platform helps to unite people with inquiry «I need help» and «I can help» during emergencies.

*Key words:* mobile application, Android, IOS, multi-user systems, spontaneous volunteers.

#### **Введение**

Создание эффективных современных информационно-коммуникационных технологий, которые позволяют повышать уровень реагирования на различные чрезвычайные ситуации, использовать ресурсы информационного общества и формировать эффективные модели сотрудничества между государством и гражданами в качестве возможностей, появились именно с признанием информационных технологий как доминирующих в развитии современного общества.

Наиболее частыми причинами, которые заставляют людей объединяться в группы, являются потребности в достижении каких-то целей, направленных на обеспечение безопасности, общения, самоуважения, получения определенного статуса. Объединяясь в группы, люди чувствуют себя сильнее и увереннее в решении различных проблем. Появление современной



информационно-коммуникационной инфраструктуры, представленной различными коммуникационными платформами управления социальными процессами и группами, появилось именно с развитием Интернета.

В рамках работы по доработке функционала мобильного приложения «Помощь рядом» были изучены различные коммуникационные платформы, объединяющие людей в группы и способные принести пользу при различных ЧС. Например, платформа Ушахиди (бесплатное программное обеспечение с открытым кодом, которое используется для сбора больших объемов информации, визуализации данных и создания интерактивных карт) позволяет очевидцам и добровольцам предоставлять информацию в самом начале развития кризисного события. Peer-to-Patent – краудсорсинговая платформа, на которой координируется работа тысяч профессиональных экспертов и добровольцев по привлечению общественности к процессу оценки заявок на патенты в США. Данный проект также реализуется в Австралии. Carrotmob в Сан-Франциско – организации потребительских «флешмобов», которые направляют покупателей в магазины, взявшие на себя обязательство заботиться об окружающей среде, в процессе используются доступные сетевые инструменты. Российская «Теплица социальных технологий» – общественный образовательный проект, направленный на развитие сотрудничества между некоммерческим сектором и IT-специалистами и т.д. Все они стали площадкой для объединения интересов групп различных людей в достижении поставленных задач.

### **Спонтанное волонтерство: «disaster within the disaster»?**

Чрезвычайные ситуации в любое время были объектом объединения людей в рамках реагирования на них – нужно ли было покинуть место происшествия или прибывать к месту событий в качестве профессиональных спасателей или добровольцев. В ряде чрезвычайных ситуациях возникает такое понятие, как спонтанный волонтер. Это доброволец, фактически не принадлежащий ни к одной официальной волонтерской организации, чье желание прийти на помощь возникло ситуационно. С проблемой координации спонтанных волонтеров сталкиваются многие оперативные службы по всему миру. Люди, как правило, готовы помочь и чувствуют себя причастными к решению проблемы. Чаще всего появление таких волонтеров вызвано работой СМИ, освещающих события и ликвидацию ЧС. Добровольцы готовы оказывать помощь исходя из своих внутренних убеждений, установок, ценностей.

Кроме очевидных плюсов спонтанного волонтерства в виде людей, готовых к действиям и дополнительных ресурсов, у этого явления есть и явные минусы. Так, спонтанные волонтеры, у которых есть желание помочь, самостоятельно прибывают к месту ЧС, нередко слабо представляют себе,

в чем нужна их помощь. Они могут быть неорганизованны и неподготовленны, слабо подчиняться решениям официальных или юридически закрепленных добровольческих организаций, неумышленно создавать помехи на месте проведения работ. В англоязычных источниках для спонтанных волонтеров даже существует термин «disaster within the disaster». У специалистов различного уровня, задействованных в ликвидации ЧС, может не хватать не только опыта, но и ресурсных возможностей заниматься координацией спонтанными волонтерами, которые появились на месте ЧС, услышав о происшествии в СМИ.

В Беларуси был проанализирован крупнейший опыт спонтанного добровольчества граждан во время прохождения урагана Хавьер и поиска потерявшегося в Беловежской пуще Максима Мархалюка. В первом случае площадками для объединения стали выступать форумы различных интернет-ресурсов (авторадио, тутбай), где люди писали сообщения и ответы на них о готовности прийти на помощь в различной форме (напоить чаем, помочь вытащить машину и т.д.).

Во втором случае часть спонтанных волонтеров была не подготовлена к проведению поиска в лесу, была дезорганизована и слабоуправляема, что создавало угрозу поисков не только мальчика, но и самих приехавших искать его добровольцев.

В Беларуси большую часть координации волонтеров во время крупных ЧС берет на себя Белорусское Общество Красного Креста, с которым у МЧС Беларуси заключен ряд соглашений и которое имеет опыт работы и регулярной тренировки волонтеров. Тем не менее, возникновение спонтанного волонтерства не всегда укладывается в рамки работы с добровольцами, которые зарегистрированы в организации. Любой спонтанный волонтер может стать потенциальным кандидатом в ряды добровольцев. Однако может так случиться, что сиюминутное желание «помочь пострадавшим» так и останется разовой акцией.

#### **Мобильное приложение «Помощь рядом» для координации спонтанного волонтерства**

В рамках работы над программным продуктом «Помощь рядом», представляющим собой приложение на платформе IOS и Android, НИИ ПБиЧС внес корректировки в раздел «Сообщить о проблеме». Одним из решений координации спонтанных волонтеров было предложено использование этого функционала мобильного приложения МЧС «Помощь рядом». Так как в мобильном приложении реализована возможность при крупных ЧС администратором сделать доступным для всех пользователей раздел «Сообщить о проблеме», именно платформа с публичной картой и

канал в приложении может стать средством самокоординации спонтанных волонтеров.

Приложение разработано на платформе IOS и Android. Раздел «Сообщить о проблеме» для IOS по состоянию на октябрь 2019 года находится в тестовом режиме. Он представляет собой канал передачи сообщений на карту с мобильного устройства с привязкой к геолокации, т.е. отображение точки на карте в web-сервисе. Публичная карту для передачи таких материалов также находится в открытом доступе при крупных ЧС.

Первоначально функционал данного раздела был предназначен для работников МЧС для передачи сообщения и выбора вида ЧС. В 2019 году к виду ЧС были добавлены сообщения типа «Я могу помочь» и «Мне нужна помощь». Таким образом, на карте отображаются сразу два значка пользователей – тем, кому нужна помощь, и кто может помочь. В описательной части к сообщению возможно добавление комментария. При этом при отправке ответа на поступившее сообщение из телефона в мобильное устройство пользователю, его создавшему, приходит уведомление об ответе по принципу мессенджеров.

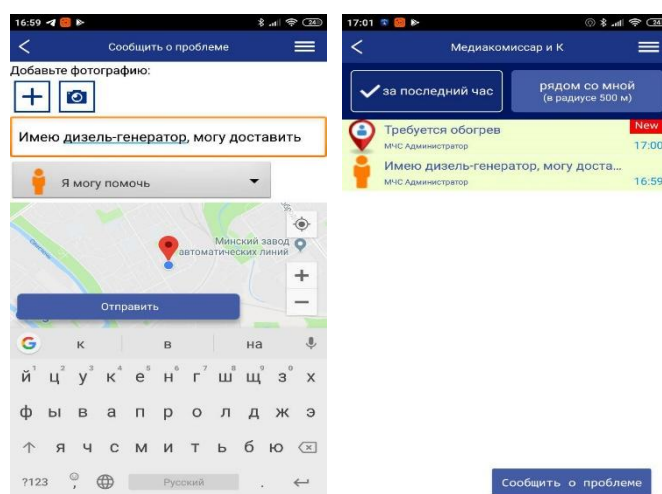


Рисунок 1 – Интерфейс функционала приложения «Помощь рядом» для спонтанных волонтеров

В пользовательском UI при нажатии кнопки «Сообщить о проблеме» доступен функционал с полями «Введите сообщение», «Добавьте фотографию» (из пользовательской галереи или камеры), а также карта с автоматически определяемой координатой местоположения, которую может скорректировать пользователь переносом метки вручную. Сообщение можно отправить после заполнения полей (прим. обязательное поле – «введите сообщение»). Для реализации карты в устройствах использованы Google-карты.

После отправки сообщения пользователем на web-карте у администратора отображается соответствующий значок с привязкой к координатам отправившего (в качестве приоритетных выбираются автоматические координаты). В левом боковом меню web-карты отображается список переданных сообщений, а также следующие данные: фото сжатой картинкой, текста, даты и времени отправки, пользовательской информации (при наличии). Картинка масштабируется при клике на нее.

Приложение позволяет отвечать на поступившие сообщения как из приложения пользователям, так и диспетчеру из web-интерфейса. Проводит сортировку, анализ сообщений в web-сервисе. Кроме того, возможно сортировать сообщения, поступившие за последний час, а также исходя из локации (радиуса), определившегося местоположения устройства в самом мобильном телефоне.

### **Заключение**

Очевидна мировая тенденция расширения информационно-коммуникационных платформ для управления социальными проектами и группами, растет численность ПО, созданного с участием пользователей. Регулярно появляются программы и приложения, способствующие объединению людей в решении различных вопросов.

Изначально раздел «Сообщения» мобильного приложения «Помощь рядом» не был предназначен в качестве средства самокоординации, однако тестовые испытания показали, что возможно использовать данный функционал в таком направлении. Таким образом, приложение может стать средством самокоординации спонтанных волонтеров в случае масштабных чрезвычайных ситуаций. Апробирование использования данного функционала приложения запланировано через тренировки спасателей совместно с волонтерами БОКК, а также в том числе с привлечением добровольцев через социальные сети МЧС Беларуси.

### **Литература**

1. Бахтизин, В.В. Стандартизация и сертификация программного обеспечения: Учеб. пособие / В.В. Бахтизин, Л.А. Глухова. — Мн.: БГУИР, 2006. — 200 с.: ил.
2. Постановление Совета Министров Республики Беларусь от 13 июня 2016 года № 450 «О некоторых вопросах организации руководства ликвидацией чрезвычайных ситуаций» [Электронный ресурс] //www.government.by: официальный сайт Совета Министров Республики Беларусь URL:<http://mchs.gov.by/rus/main/regulations/tnpa/tpk/> (дата обращения: 11.10.2017).
3. Постановление Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь от 8 апреля 2011 г. № 24. «Мониторинг и

прогнозирование чрезвычайных ситуаций. Общие положения. Порядок функционирования системы мониторинга и прогнозирования чрезвычайных ситуаций» [Электронный ресурс] //mchs.gov.by: официальный сайт МЧС Республики Беларусь, URL:<http://mchs.gov.by/rus/main/regulations/tnpa/tkp/> (дата обращения: 10.10.2017)

4. СТБ ISO/IEC 25000-2009. Разработка программного обеспечения. Требования к качеству и оценка программного продукта. Руководство по SQuaRE. — Введ. 2010-01-01. — Минск : Госстандарт Респ. Беларусь, 2009.

5. СТБ ISO/IEC 25001-2009. Разработка программного обеспечения. Требования к качеству и оценка программного продукта. Планирование и управление. — Введ. 2010-01-01. — Минск: Госстандарт Респ. Беларусь, 2009.

6. Хау, Д. Краудсорсинг. Коллективный разум как инструмент развития бизнеса. / Д. Хау. — Пер.с англ. — М.: «Альпина Паблишер», 2014. — 296 с.

7. ISO/IEC 25010:2011. Системная и программная инженерия. Требования к качеству и оценка программного продукта (SQuaRE). Модели качества систем и программных средств. — Введ. 2011-03-01. — Женева : ISO/IEC, 2011.



## **ТЕХНИЧЕСКОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ В ОБЛАСТИ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ И ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ ПОЖАРОВ В ЖИЛИЩНОМ ФОНДЕ**

**УДК 614.849:004.42:004.65**

**Проровский В.М.,  
канд. техн. наук Иваницкий А.Г.,  
Ходин М.В., Чистяков Н.Д.**

*Учреждение «Научно-исследовательский институт пожарной безопасности и проблем чрезвычайных ситуаций» Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь*

### **СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ СБОРА И АНАЛИЗА ДАННЫХ О ТЕХНОГЕННЫХ ПОЖАРАХ**

Приведены результаты работы по совершенствованию ведомственной системы сбора, обработки, хранения и анализа данных о пожарах в МЧС Республики Беларусь. Рассмотрены связанные с этим вопросы работы с данными о пожарах.

*Ключевые слова:* чрезвычайная ситуация, пожар, учет, анализ, гибель, ущерб.

**V. Prorovsky,  
Ph.D. (tech.) A. Ivanitski,  
M. Hodin, N. Chystiakov**

*The Establishment «Scientific and Research Institute of Fire Safety and Emergencies» of the Ministry for Emergency Situations of the Republic of Belarus, Minsk*

### **IMPROVEMENT OF THE FIRE DATA COLLECTION AND ANALYSIS SYSTEM IN THE MES OF THE REPUBLIC OF BELARUS**

The results of the work on improvement of the departmental regulatory and legal framework on fire accounting in the Ministry for Emergency Situations of the Republic of Belarus were presented. The related issues of the fire data collection, processing and storage were considered.

*Key words:* emergency situation, fire, loss of life, fire data collection and analysis, damage

Пожары в городах и сельских населенных пунктах являются самым распространенным видом чрезвычайной ситуации (далее – ЧС) в Республике Беларусь и составляют более 99 % от их общего числа. Учет пожаров осуществляется на государственном уровне Национальным статистическим комитетом Республики Беларусь и ведомственном уровне республиканскими органами государственного управления. При этом в обязанность республиканских органов государственного управления входят разработки

комплексных противопожарных мероприятий, имеющих значение для повышения уровня пожарной безопасности отрасли или нескольких объектов [1].

Мероприятия по обеспечению пожарной безопасности предусматриваются программами экономического и социального развития республики, областей, городов, населенных пунктов, республиканских органов государственного управления, иных организаций [1] и должны разрабатываться на основании результатов детального анализа предпосылок, условий и причин возникновения пожаров, оценки их последствий.

Ведомственный учет пожаров в нашем государстве берет свое начало с инструкции [2], утвержденной вскоре после образования Республики Беларусь как суверенного государства.

Основное назначение ведомственного учета пожаров и последствий от них – получение информации для ведомственного использования органами и подразделениями по чрезвычайным ситуациям (например, для анализа оперативной обстановки, определения приоритетных направлений, форм и методов служебной деятельности, разработки текущих и перспективных мероприятий по предупреждению пожаров и минимизации их последствий и т.п.), также его результаты служат основой для государственного учета.

После создания в республике Министерства по чрезвычайным ситуациям с целью устранения незначительных недостатков в действие были введены переработанный вариант инструкции [3] и программное обеспечение АРМ «Учет пожаров» (далее – АРМ) для сбора детализированных данных о пожарах. Хранение информации осуществлялось в 134 районных, 7 областных (включая отдельно г. Минск) и 1 республиканской локальных базах данных (далее – БД). В основу структуры БД легли карточка учета пожара (далее – КУП), приложения по пострадавшим от пожара собственникам и погибшим людям.

Структура АРМ была жестко связана с положениями инструкции [3], и возникающие проблемы при осуществлении учета и анализа данных имели как правовой, так и технический характер. Начиная с 2007 года, периодически рассматривалась необходимость внесения изменений в действующую инструкцию, но в конечном итоге их реализации препятствовали технические причины. Устаревшее программное обеспечение (далее – ПО) не обеспечивало возможность реализации требуемых изменений, например таких, как:

1. Обеспечение возможности проведения анализа данных по различным уровням их группирования (территориальному, виду собственности, вида объекта пожара и др.), а также при определении удельных показателей. Проблема заключалась в сложности технического процесса обновления классификаторов (справочников) программы на всех

уровнях. Поэтому произошло устаревание кодов системы обозначений объектов административно-территориального деления и населенных пунктов (далее – СОАТО), сведения о которых учитываются и регистрируются в едином реестре административно-территориальных и территориальных единиц Республики Беларусь (далее – АТЕ и ТЕ соответственно). Требования этого классификатора являются обязательными для применения в унифицированных формах документов, предусматривающих кодирование АТЕ и ТЕ, и являются основой для сбора и предоставления статистических данных по обозначениям соответствующих объектов [4]. Например, при выборе адреса места пожара нельзя было выбрать агрогородки, так как их формирование (в том числе с укрупнением характеризующих количественных показателей) на территории республики произошло намного позже ввода в действие АРМ. Кроме этого при изменении границ АТЕ и ТЕ также происходило изменение количественных показателей. Устарели справочники министерств и ведомств [5], принимаемых решений при административном и уголовном производстве по пожарам, соответствующих статей кодексов и т.д. Это невозможно было скорректировать в АРМ.

2. Необходимость проведения анализа по показателям, позволяющим оценить положение Республики Беларусь по направлению обеспечения пожарной безопасности на международной арене. Стал актуален сбор новых показателей как для определения национальных индикаторов, так и в соответствии с принятыми Республикой Беларусь международными обязательствами, например, в рамках Сендайской рамочной программы [6].

3. Обеспечение соответствия учетных показателей изменившимся требованиям к сбору информации о погибших, обнаруженных на месте пожара, и сформированному нерегламентированному в правовом поле процессу их принятия на учет.

4. Дрейф показателей, например, по данным ведомственного учета (по состоянию на январь 2006 года), за 2005 год произошло 11 393 пожара и 1183 погибших от них людей, а по состоянию на январь 2007 уже 11 436 пожаров и 1135 погибших. Объяснение этим расхождениям следующее. Основная часть пожаров берется на учет в связи с выездом подразделений МЧС на их ликвидацию. Вместе с тем имеется небольшое их количество, на ликвидацию которых МЧС не привлекалось и информация о которых становится известна в результате проведения сверки с органами Министерства внутренних дел, организациями Министерства здравоохранения или обращений пострадавших собственников. По погибшим причины другие: человек считается погибшим на пожаре, если его смерть наступила от воздействия опасных факторов пожара (далее – ОФП). Определение наличия этой связи возлагается на органы судебной экспертизы, а сам процесс может занимать до 30 календарных дней [7]. Поэтому на



момент предоставления данных за годовой период по некоторым погибшим заключения экспертизы не были вынесены, а в дальнейшем часть из них была убрана из итоговой суммы, т.к. их смерть наступила от иных обстоятельств (болезнь, убийство, самоубийство и т.д.).

Для устранения имеющихся недостатков и совершенствования системы сбора, обработки и анализа данных о ЧС в 2015 году проведена НИР по изучению возможностей зарубежных типовых программных комплексов и подготовке технических требований для разработки необходимого ПО [8].

За 2016-2017 годы в рамках выполнения задания ГНТП разработан программный комплекс «Учет ЧС» (далее – ПК), в котором отдельным модулем реализована возможность сбора данных по пожарам и их последствиям, их обработки и анализа [9].

В итоговый вариант инструкции [10] и ПО внесено большое количество изменений, в том числе:

1. Существенно расширена терминология, применяющаяся в учете. Введены определения «жилищный фонд», «объекты культурного и социального назначения», «объекты организаций», «спасенный на пожаре» и др. Данные уточнения позволяют более качественно проводить классификацию показателей КУП и влияют на общую достоверность данных. При этом снижается возможность разночтений при общем анализе данных.

2. ПК позволяет администраторам централизованно актуализировать на республиканском уровне справочники системы, значения которых используются для заполнения КУП и ее приложений.

3. Подготовлен на базе типового классификатора справочник «Органы государственной власти и управления».

4. В целях реализации возможности подготовки данных по Сендайской рамочной программе внедрены поля хранения данных о видах экономической деятельности, которые осуществлялись на объекте пожара [11].

5. Детализирован порядок учета погибших, обнаруженных на месте пожара. Конкретизированы случаи, когда эти лица будут считаться погибшими от ОФП, а также определен механизм их учета. Предусмотрен сбор более подробной информации о причинах и обстоятельствах гибели.

6. Добавлена техническая возможность создания КУП по пожарам, зарегистрированным значительно позже их возникновения, без изменения сводных чисел в рамках статистических периодов.

7. Реализована функция автоматического агрегирования ущерба в результате пожара в случаях, если ущерб нанесен несколькими собственникам.

В ходе переработки нормативного документа и параллельной разработки ПК для сбора, хранения и обработки данных проработан вопрос о хранении

информации о загораниях. Как правило, загорания – это случаи горения, в результате которых не был нанесен материальный ущерб, но на тушение которых привлекались силы и средства аварийно-спасательных подразделений. Это многочисленные случаи горения мусора, бесхозных строений и т.д. За рубежом во многих странах мира ведется учет таких загораний. Сбор этих данных дает большое поле для анализа причин возникновения пожаров, ведь каждое загорание является потенциальным пожаром.

По предварительным оценкам, число загораний в республике на порядок больше числа регистрируемых пожаров. Поэтому при переработке инструкции по учету пожаров проработаны положения для введения подобного учета в МЧС Беларуси, а в ПК реализована техническая возможность перевода события из категории «пожар» в категорию «загорание» и обратно. Вместе с тем из последней редакции инструкции эти положения были изъяты, а их внедрение планируется на следующем этапе развития системы учета.

Следует отметить следующие преимущества нового ПК, разработанного в результате проделанной работы:

- использование открытой архитектуры и свободно распространяемого ПО и технологий, что позволило сэкономить значительные средства за счет отказа от приобретения коммерческого;
- создана централизованная БД о пожарах, конвертирована информация за прошлые, начиная с 2002 года, что позволяет проводить их анализ за большие периоды времени;
- реализация ПК в виде веб-приложения, что обеспечило возможность удаленного доступа без привязки к конкретному компьютеру, все операции выполняются онлайн. Упростились процедуры, связанные с сопровождением и обновлением ПК, т.к. все изменения вносятся только на одном централизованном ресурсе;
- возможность автоматизированного обновления справочников СОАТО и «Реестр наименований улиц и дорог»;
- автоматическая загрузка данных из систем учета регистрации и обработки сообщений о пожарах, что позволяет на основе полученных оперативных данных создавать КУП и отслеживать связь между оперативными и учетными данными о пожарах;
- возможность вести учет не только пожаров, но и загораний;
- поиск КУП в БД ПК с использованием гибкой системы управления критериями (параметрами) поиска с последующей выгрузкой данных в формате Microsoft Excel;
- возможность сохранения в БД ПК дополнительных материалов (тестовые, видео-, звуковые и графические файлы), относящихся к КУП;

– наличие банка подготовленных отчетов, которые могут использоваться повторно другими пользователями;

– гибкая система управления правами пользователей, позволяющая назначить как групповые, так и индивидуальные политики и права на работу с функциями и ресурсами ПК. Это позволяет повысить безопасность данных и обеспечить их конфиденциальность в зависимости от статуса пользователя;

– детальный аудит действий при работе с ПК для обнаружения фактов нарушений пользователями правил работы, изменения данных и т.п.;

– построение многомерных OLAP-кубов данных для анализа показателей. С помощью этого модуля пользователи могут формировать информацию в разрезе указанных ими периодов и требуемых параметров;

– встроенная система сообщений, позволяющая администраторам системы направлять пользователям сообщения об ошибках по заполнению КУП.

В дальнейшем планируется разработка надстройки для интеллектуального анализа данных (Data Mining) об обстановке с пожарами и последствий от них, хранящихся в ПК, с целью определения влияющих внешних параметров и результатов природных, социальных и других явлений и процессов для установления соответствующих зависимостей, повышения качества анализа, достоверности прогноза и качества проводимой работы по повышению уровня пожарной безопасности на объектах, в населенных пунктах и на территориях.

### **Литература**

1. О пожарной безопасности [Электронный ресурс]: Закон Респ. Беларусь от 15 июня 1993 г. № 2403-XII: в ред. от 30 дек. 2015 г. № 334-З // СПС КонсультантПлюс. Беларусь / ООО «ЮрСпектр», Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. – Минск, 2018.

2. О введении в действие Правил учета пожаров и последствий от них [Электронный ресурс]: приказ М-ва внутр. дел Респ. Беларусь от 30 апр. 1995 г. № 75 // СПС КонсультантПлюс. Беларусь / ООО «ЮрСпектр», Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. – Минск, 2018

3. Об утверждении и введении в действие Правил учета пожаров и последствий от них [Электронный ресурс]: приказ М-ва по чрезвычайн. ситуациям Респ. Беларусь от 20 нояб. 2000 г. № 167 // СПС КонсультантПлюс. Беларусь / ООО «ЮрСпектр», Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. – Минск, 2018.

4. Об утверждении, введении в действие, отмене общегосударственного классификатора Республики Беларусь и отмене постановления Государственного комитета по стандартизации Республики Беларусь [Электронный ресурс]: постановление Гос. ком. по стандартизации Респ. Беларусь от 6 марта 2017 г. № 17 // СПС КонсультантПлюс. Беларусь / ООО

«ЮрСпектр», Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. – Минск, 2018.

5. Об утверждении статистического классификатора СК 00.001-2014 «Органы государственной власти и управления» [Электронный ресурс] : приказ Нац. стат. ком. Респ. Беларусь от 16 дек. 2014 г. № 330 // СПС КонсультантПлюс. Беларусь / ООО «ЮрСпектр», Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. – Минск, 2018.

6. Сендайская рамочная программа по снижению риска бедствий на 2015–2030 гг. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://www.unisdr.org/files/43291\\_russiansendaiframeworkfordisasterri.pdf](https://www.unisdr.org/files/43291_russiansendaiframeworkfordisasterri.pdf). – Дата доступа: 01.11.2018.

7. Инструкция о порядке проведения судебных экспертиз, экспертиз, исследований в Государственном комитете судебных экспертиз Республики Беларусь [Электронный ресурс] : приказ Гос. ком. судеб. экспертиз Респ. Беларусь от 6 дек. 2016 г., № 240 // СПС КонсультантПлюс. Беларусь / ООО «ЮрСпектр», Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. – Минск, 2018.

8. Разработка технических требований и постановка задачи на создание программно-аппаратного комплекса учета пожаров в Республике Беларусь: отчет о НИР (заключ.) / Науч.-исслед. ин-т пожар. безопасности и проблем чрезвычайн. ситуаций МЧС Респ. Беларусь; рук. А.В. Жовна. – Минск, 2015. – 121 с.

9. Разработать программный комплекс сбора и анализа информации о чрезвычайных ситуациях и их последствиях : отчет о НИР (заключ.) / Науч.-исслед. ин-т пожар. безопасности и проблем чрезвычайн. ситуаций МЧС Респ. Беларусь ; рук. В.М. Проровский ; исполн.: М.В. Ходин [и др.]. – Минск, 2017. – 54 с. – № ГР 20163551.

10. Об утверждении Инструкции о порядке учета пожаров и последствий от них в органах и подразделениях по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь [Электронный ресурс] : приказ М-ва по чрезвычайн. ситуациям Респ. Беларусь от 30 июля 2018 г. № 234 // СПС КонсультантПлюс. Беларусь / ООО «ЮрСпектр», Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. – Минск, 2018.

11. Об утверждении, введении в действие общегосударственного классификатора Республики Беларусь [Электронный ресурс] : постановление Гос. ком. по стандартизации Респ. Беларусь от 5 дек. 2011 г. № 85 // СПС КонсультантПлюс. Беларусь / ООО «ЮрСпектр», Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. – Минск, 2018.



**УДК 614.841.11:666.973.6**

**Волосач А.В.**

*Филиал «Институт переподготовки и повышения квалификации»*

*Университета гражданской защиты МЧС Беларуси, д. Светлая Роща*

## **УДАРНЫЙ МЕТОД ИССЛЕДОВАНИЯ ГАЗОБЕТОНОВ, ПОДВЕРГШИХСЯ ОГНЕВОМУ ВОЗДЕЙСТВИЮ**

Для определения очага пожара в сооружениях из ячеистого бетона предлагается определять среднюю твердость ячеистого бетона, которая изменяется с изменением температуры воздействия на образцы из ячеистого бетона. В работе описано применяемое для определения поверхностной твердости специальное устройство и представлены результаты измерения глубины погружения инденторов с углами раствора конуса 20...55° в образцы из ячеистого бетона, подготовленные по описываемой последовательности. При одинаковой ударной нагрузке глубина погружения индентора коррелирует с поверхностной твердостью исследуемых образцов ячеистого бетона.

Приведены зависимости глубины погружения инденторов с разными углами раствора конуса на предварительно обработанные при различных температурах образцы ячеистого бетона. Установлено, что при 20-минутном воздействии температуры на образцы значительно снижается твердость с ростом температуры, что объясняется потерей сорбционной и химически связанной воды, за указанный промежуток времени и зависимость погружения индентора от температуры становится более выраженной. Особенно различимые глубины погружения индентора на образцах, подвергшихся воздействию температур от 600 до 1000 °С.

*Ключевые слова:* пожар, пожарно-техническая экспертиза, очаг пожара, очаговые признаки, ячеистый газобетон, термическое воздействие, визуальный осмотр, интенсивность трещинообразования.

**A.V. Volosach**

*Branch «Institute for retraining and professional development» University of civil protection of the Ministry for Emergency Situations of the Republic of Belarus, village Svetlaya Roshcha*

## **SHOCK METHOD FOR STUDYING AERATED CONCRETE EXPOSED TO FIRE**

To determine the fire source in cellular concrete structures, it is proposed to determine the average hardness of aerated concrete, which varies with the temperature of exposure to samples of aerated concrete. The work describes a special device used to determine surface hardness and presents the results of measuring the immersion depth of indenters with cone angles of 20...55 ° in

aerated concrete samples prepared according to the described sequence. At the same shock load, the indenter immersion depth correlates with the surface hardness of the studied cellular concrete samples.

Dependences of the immersion depth of indenters with different angles of the cone solution on samples of aerated concrete pretreated at different temperatures are presented. It was found that with a 20-minute exposure to temperature, the hardness significantly decreases with increasing temperature, which is explained by the loss of sorption and chemically bound water, over a specified period of time and the temperature dependence of the immersion of the intensifier becomes more pronounced. Especially distinguishable immersion depths of the indenter on samples exposed to temperatures from 600 to 1000 °C.

*Key words:* fire, fire and technical expertise, the seat of fire, focal signs, cellular concrete, thermal effects, visual inspection, the intensity of cracking.

### **Введение**

Статистические данные свидетельствуют о том, что в последние годы в Республике Беларусь, несмотря на общее уменьшение количества пожаров, сохраняется значительный уровень числа происходящих пожаров с материальными потерями и человеческими жертвами. Ежегодно в нашей стране происходит свыше 5 тысяч пожаров, к примеру, в 2018 году произошло 6104 пожара [1]. Одной из серьезных проблем остаются вопросы, связанные с установлением очага пожара и определением его причины.

При расследовании причин возникновения пожаров крайне важно обнаружить, оценить любой элемент, любое вещественное доказательство, которое поможет найти очаг, а затем причину пожаров. Одним из таких предметов, которые хранят информацию о предшествующем температурном и временном воздействии, могут являться ячеистые бетоны как наиболее сохраняющиеся объекты на месте пожара.

Ячеистый бетон – это искусственный пористый строительный материал с характерной равномерно распределенной мелкодисперсной ячеистой структурой. Его физико-технические свойства соответствуют новым нормативным требованиям материалу- и энергосбережения в малоэтажном и высотном каркасном строительстве, а сам ячеистый бетон зарекомендовал себя как отличный конструктивно-теплоизоляционный материал. Ячеистый бетон (газобетон) получают в результате поризации и гидратационного твердения рационально подобранной, тщательно перемешанной растворной смеси, состоящей из вяжущего, кремнеземистого компонента, порообразователей и добавок [2].

Использование ячеистого бетона в строительстве принимает во всем мире все более масштабный характер. В настоящее время в Республике

Беларусь годовой объем производства газобетонных изделий находится в пределах 3–4 млн. м<sup>3</sup> [3].

В наше время ячеистый бетон – один из самых востребованных строительных материалов. Он может использоваться как для возведения несущих стеновых конструкций малоэтажных построек, так и для заполнения каркасов поэтажно опертых стен многоэтажных зданий. Блоки из ячеистых бетонов предназначены для кладки наружных, внутренних стен, стен подвалов и перегородок зданий с относительной влажностью воздуха помещений не более 75 % и при неагрессивной среде.

Высокое качество изделий из ячеистого бетона обеспечивает снижение монтажных, эксплуатационных и экологических затрат, а также гарантирует долгий срок службы и качество жилья. Ячеистый бетон не содержит токсичного наполнения и не выделяет токсичных веществ. В случае пожара из него не поступают в окружающую среду газы, опасные для здоровья человека.

Благодаря пористой структуре ячеистый бетон легкий и массивен. С одной стороны, он не горюч и прочен, как изделия из камня [2], с другой – обладает податливостью и легкостью, характерными для дерева. Строения, возведенные из ячеистого бетона, классифицируются как каменные строения, однако данный материал относится к легким бетонам, и тот микроклимат, который в нем формируется, весьма близок к климату дома из дерева. В отличие от построек из обычного кирпича или бетона, дом из ячеистого бетона «дышит» за счет пор в блоке. Прочность, превосходные теплоизоляционные свойства, долговечность, малый вес, негорючесть низкая, теплопроводность – плюсы, которые позволяют отнести данный материал к широко востребованным в строительстве во всем мире.

Использование на строительном рынке новых материалов (таких, как ячеистые бетоны) настоятельно требует исследования изменений их свойств при воздействии факторов пожара для восстановления картины предпожарной обстановки и выявления (обнаружения) очага пожара на основе научно подтвержденных методик физико-химического анализа объектов, подвергшихся воздействию высоких температур.

### **Основная часть**

В доступной для изучения литературе в основном отражены изменения, происходящие на пожаре от воздействия высоких температур на металлические, железобетонные и изготовленные из древесины конструкции. Закономерности же изменения свойств иных, в том числе таких новых материалов, как ячеистый бетон, при различной температуре и времени воздействия, которые помогут восстановить картину пожара, выявить области влияния наибольших температур, и тем самым указать на

возможный очаг пожара, недостаточно освещены в методических материалах, посвященных расследованию пожаров [4–7].

Изменение свойств ячеистого бетона при длительном или кратковременном высокотемпературном воздействии, которое возникает во время пожара, требует дальнейшего изучения и использования выявленных закономерностей (изменение различных физико-химических свойств) при определении очага пожара.

Из [8] известно, что при тепловом воздействии вплоть до температуры 300 °С заметных, визуально наблюдаемых изменений на поверхности ячеистого бетона не происходит. Микротрещины в образцах из газобетона начинают образовываться при 400 °С.

В связи с этим визуальный осмотр поверхности газосиликатного бетона дает недостаточную информацию о величине температурного воздействия на данную конструкцию. Можно четко выявить только места, где температура воздействия превышала 400 °С или достигала величин 1000 °С.

Отмеченная в [8] зависимость интенсивности трещинообразования и ширины раскрытия трещин от температуры нагрева позволяет оценивать примерную температуру нагрева конструкций в тех или иных зонах места пожара. Появление данных изменений внешнего вида говорит о структурном изменении ячеистого бетона и в первую очередь о разрушении перегородок межпорового пространства, что должно приводить к изменению его физических свойств.

Одним из таких физических свойств, которое изменяется под воздействием высоких температур у ячеистых бетонов, является поверхностная твердость. Твердость – это способность материала сопротивляться упругой и пластической деформации при внедрении в него более твердого тела (индентора). Исходя из этого определения, твердость можно определять у практически любых материалов, в том числе и ячеистого бетона. То есть для определения твердости у вспененных материалов, как тесту на вдавливание, необходимо только подобрать адекватный метод.

Однако закономерности изменения твердости ячеистых бетонов (скачкообразно, линейно или случайно) от воздействующей ранее температуры и продолжительности этого воздействия даже в фундаментальной работе А.Ф.Гаевой по ячеистым бетонам не отражены [9].

Закономерностям изменения величины средней твердости (обозначается Н (от англ. hardness –твердость)) ячеистого бетона в зависимости от предшествующего воздействия высоких температур при использовании различных инденторов посвящено проведенное исследование.

Для исследований было подготовлено 60 образцов призм из ячеистого газобетона марки по средней плотности D500 согласно [10] с усредненными размерами 100×100×120 мм. Размеры образцов были обусловлены



ограничениями оборудования – внутреннего пространства муфельной печи SNOL-8,2/1100 с цифровым терморегулятором.

Для проведения подготовки (термического воздействия) были отобраны образцы, не имеющие видимых повреждений и однородные по структуре. Так как в [11] указано, что «на блоках не допускаются трещины, пересекающие более двух граней, несквозные трещины более чем по четырем граням, а также линзообразные и параллельные отдельные расслоения по высоте блока».

План подготовки образцов к испытанию на определение поверхностной твердости предусматривал термическое воздействие на образцы в течение определенного времени. Для каждой температуры и времени воздействия было взято по 2 образца. Образцы помещали в муфельную печь, заранее разогретую до соответствующей температуры. После загрузки образцов в печь дополнительно поднимали температуру до требуемого значения, так как при открывании печи для загрузки образцов она снижалась. Скорость подогрева от момента помещения образцов в печь до достижения требуемой температуры составляла 1 градус за 4–5 секунд. После достижения в печи соответствующей температуры выдерживали в ней образцы фиксированное время (15, 20 и 30 минут). Интервалы времени были выбраны исходя из статистических данных МЧС. Согласно сводной таблице боевой работы подразделений по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь за 12 месяцев 2018 года время с момента получения сообщения до прибытия к месту на 99,8 % пожаров составляет менее 20 минут. Причем образцы, подвергшиеся температурному воздействию в печи в течение 15 минут, до испытания на поверхностную твердость подвергались выдержке при температуре помещения 2 года; подвергшиеся температурной обработке в течение 20 минут – хранились 1 год, выдержанные в печи в течение 30 минут – 1 месяц.

Затем образцы из ячеистого газобетона извлекали из печи. Охлаждение образцов проводили без дополнительного обдува в температурных условиях помещения лаборатории, хотя в реалиях пожара возможно и более интенсивное охлаждение конструкций при тушении пожара как водой, так и пеной.

Для определения поверхностной твердости ячеистого газобетона, подвергшегося воздействию высоких температур, применялся метод измерения глубины (мм) погружения индентора в образец по аналогии с известным методом определения твердости по Роквеллу. Для сообщения индентору ударно-поступательного движения было использовано специально разработанное для этих целей приспособление с ранее установленным количеством витков и твердости пружины, обеспечивающей при ее сжатии необходимую силу удара. Общий вид изготовленного специального приспособления представлен на рисунке 1.

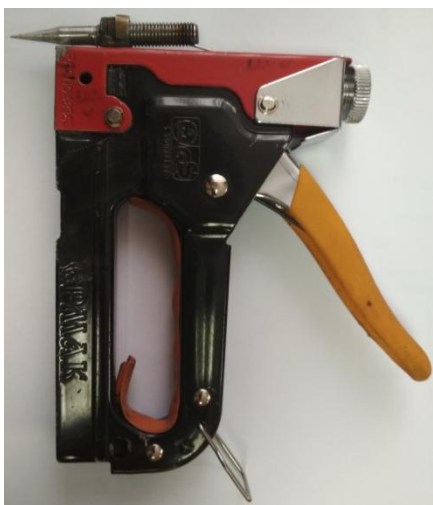


Рисунок 1 – Общий вид  
используемого  
приспособления



Рисунок 2 – Внешний  
вид исследуемых  
инденторов



Рисунок 3 –  
Глубиномер Digital  
Tread Depth Gauge

Приспособление состоит из сжимаемой жесткой пружины, пускового устройства, прикрепленного к пусковому устройству индентора, площадки, обеспечивающей перпендикулярность размещения устройства относительно исследуемого образца, и рукоятки.

Твердость материала обозначает его сопротивление пластической местной деформации при проникновении в него иного тела, которое не подвержено такой деформации. Из данного определения следует вывод, что твердость внедряемого тела должна превосходить такую у испытуемого образца на достаточную величину, вследствие этого в качестве материала индентора выбрали инструментальную сталь твердостью 217 МПа (HВ).

В испытаниях анализировали шесть инденторов, изготовленных из инструментальной стали У12 (рис. 2), имеющих правильную форму конуса и одинаковый размер диаметра – 7,5 мм, но разный угол раствора конуса (таблица 1).

Шероховатость поверхности конуса индентора после фрезерной обработки и шлифовки равнялась  $Ra = 12,5$ .

Поверхность для испытаний выбирали так, чтобы она была ровной и плоской, не имела грубых рисок, выбоин, царапин. Поверхность перед испытанием освобождали от пыли обработкой мягкой кисточкой. Толщина контролируемого образца была как минимум больше 12-кратной глубины внедрения индентора.

Таблица 1 – Значения углов раствора конуса индентора

Номер индентора	1	2	3	4	5	6
Угол раствора конуса индентора	35	45	55	25	20	30

Для определения глубины погружения индентора использовался глубиномер Digital Tread Depth Gauge с диапазоном измерений от 0 до 25,4 мм, ценой измерения и погрешностью 0,01 мм (рис. 3).

Измерения проводились в следующей последовательности: на исследуемый образец помещали устройство для внедрения индентора, предварительно сжав пружину, освобождали пусковое устройство, и индентор под воздействие ударной нагрузки погружался в исследуемый образец. Устройство размещали таким образом, чтобы оно отстояло от граней образцов не менее 10 мм. Устройство убирали и измеряли глубину образовавшегося конического следа от индентора в исследуемом образце газобетона при помощи глубиномера. На каждом из образцов проводили не менее 5 измерений всеми инденторами.

Суммарно было проведено 1800 измерений, причем измерения проводились на каждом из образцов каждым из шести инденторов. Каждый индентор погружали в один образец с одной стороны 5 раз.

На рисунках 5–10 представлены графики, отражающие изменение глубины погружения исследуемых инденторов (с доверительным интервалом) в образцы в зависимости от температуры в печи. Точка на графике отображает среднее значение глубины погружения индентора, полученное при проведении 10 измерений, по пяти на каждом из параллельных образцов.

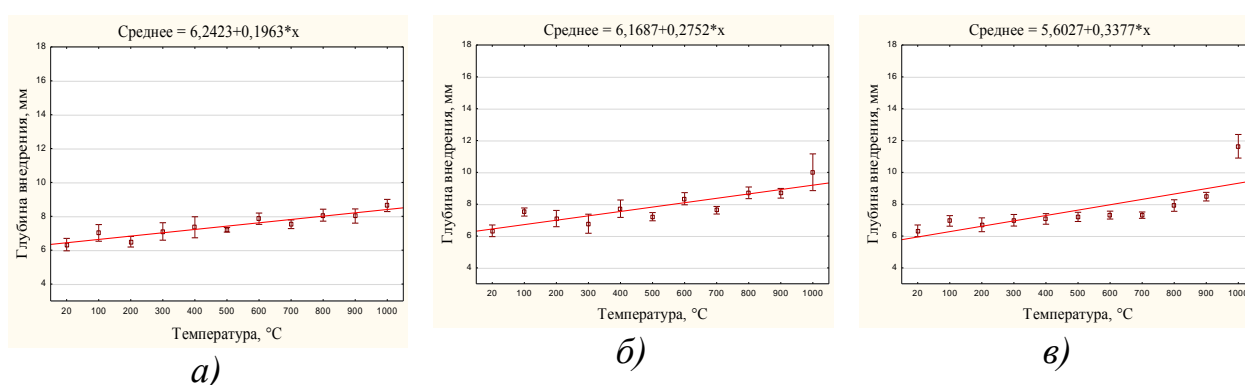


Рисунок 5 – Глубина внедрения индентора №1 (время выдержки в течи:  
а) 15 минут; б) 20 минут; в) 30 минут)

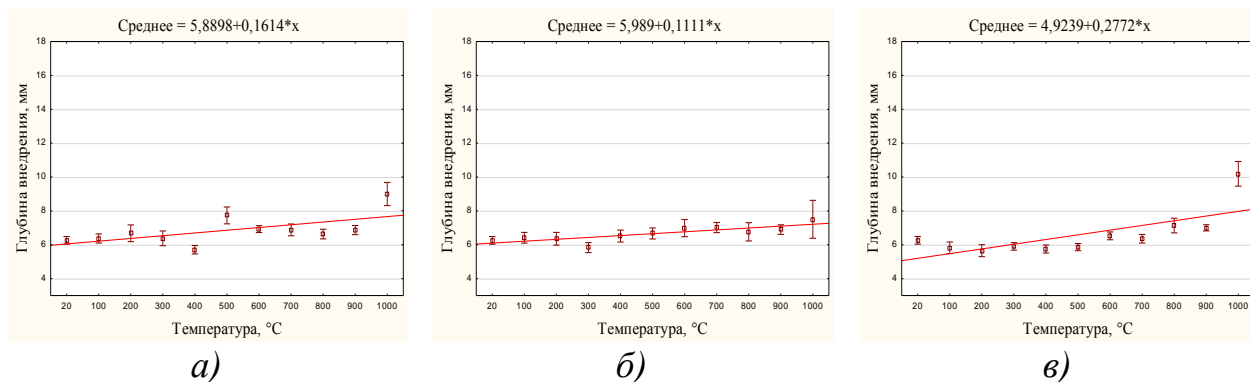


Рисунок 6 – Глубина внедрения индентора №2 (время выдержки в печи:  
 а) 15 минут; б) 20 минут; в) 30 минут)

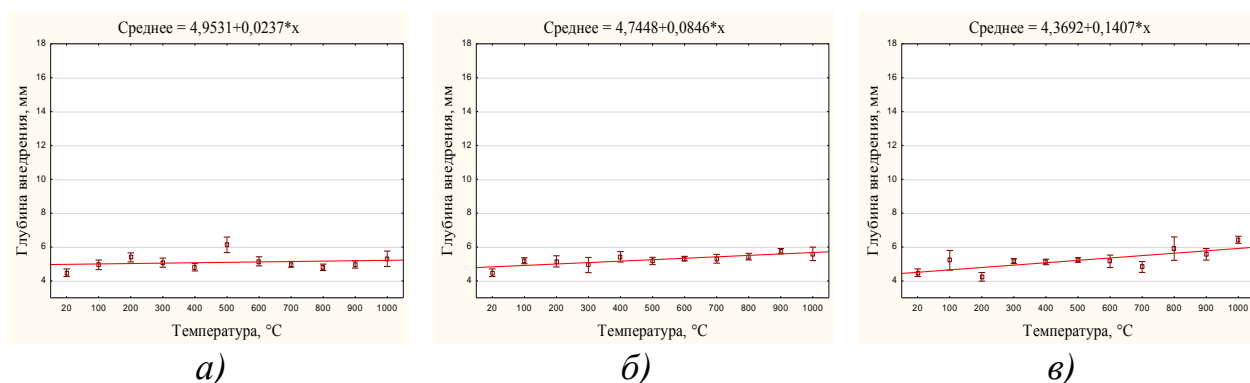


Рисунок 7 – Глубина внедрения индентора №3 (время температурного  
 воздействия: а) 15 минут; б) 20 минут; в) 30 минут)

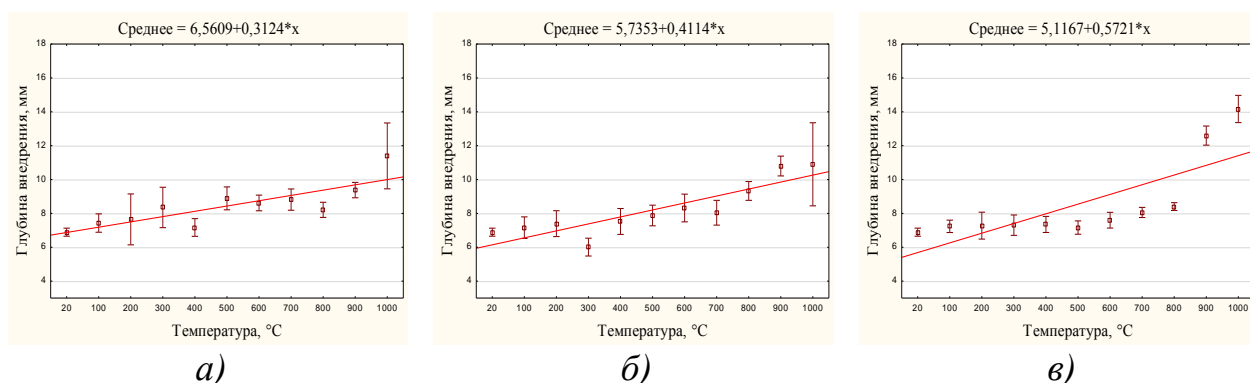


Рисунок 8 – Глубина внедрения индентора №4 (время выдержки в печи:  
 а) 15 минут; б) 20 минут; в) 30 минут)

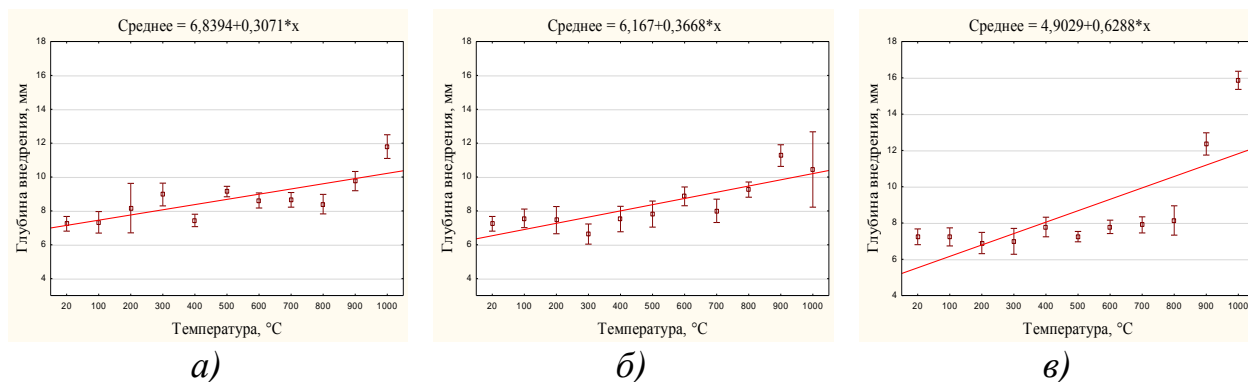


Рисунок 9 – Глубина внедрения индентора №5 (время выдержки в печи:  
а) 15 минут; б) 20 минут; в) 30 минут)

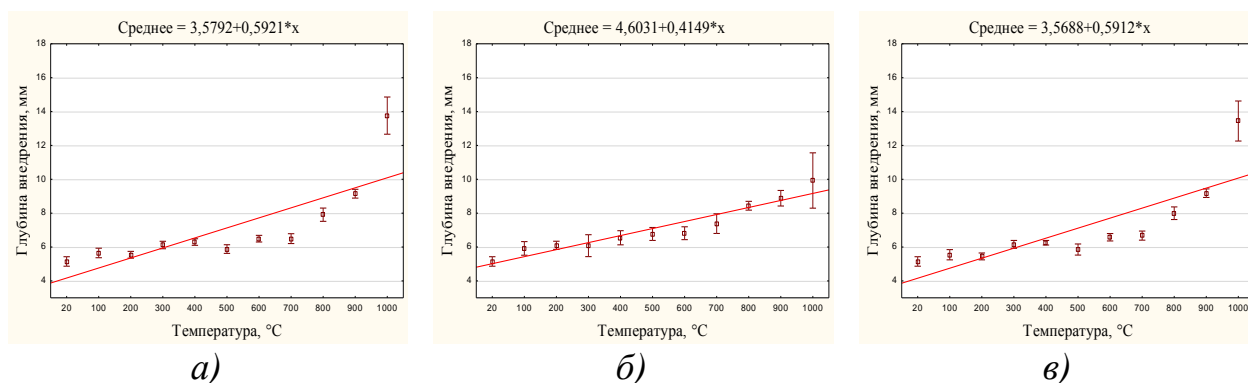


Рисунок 10 – Глубина внедрения индентора №6 (время выдержки в печи:  
а) 15 минут; б) 20 минут; в) 30 минут)

### Заключение

Из графиков видно, что при малом времени воздействия температуры (15 минут) и большом времени старения образцов (2 года) разброс в полученных величинах глубины погружения индентора достигает 1,5 мм (рис. 6а–10а), что говорит о том, что поверхностная твердость образцов меняется в результате хранения и применять данный метод определения поверхностной твердости для установления предшествующей температуры воздействия надо в небольшой промежуток времени после действия высокой температуры на газосиликатные блоки.

При 20-минутном воздействии высокой температуры на образцы снижения твердости при увеличении температуры становится достаточно постепенным, просматривается закономерность: чем выше температура в печи, при которой выдерживались образцы, тем меньшая у них поверхностная твердость (больше глубина погружения индентора), однако наблюдаются отдельные перекрывания доверительных интервалов в величинах твердости у образцов, обработанных при различных температурах.

При воздействии на исследуемые образцы высокой температуры в течение 20 минут, в независимости от угла раствора конуса индентора, наибольшая твердость у анализируемых образцов наблюдается при температуре 200 °С (рис. 5в–10в). Это можно объяснить тем, что при нагревании до температуры 200 °С происходит потеря сорбированной и химически связанной воды, при этом твердость материала увеличивается. В дальнейшем при повышении температуры твердость начинает падать, что объясняется увеличением количества разрушений перегородок в межпоровом пространстве [8].

У инденторов №3 и №4 (угол раствора конуса индентора 55 и 25°) глубина погружения индентора на образцах, выдержанных при температурах 200 °С, 300 °С и 400 °С, то резко понижается, то возрастает на величину до 1 мм, что выделяет данные инденторы из других и говорит о невозможности использования данных углов заточки при измерении поверхностной твердости.

Из приведенных графиков видно, что при применении индентора №6 (угол раствора конуса 30°) измеренная поверхностная твердость у образцов, выдержанных в печи более 700 °С, значительно отличается от поверхностной твердости у образцов газобетона, подвергшихся более низкой температуре воздействия. Отсутствуют области пересечения доверительных интервалов значений температур более 700°С с более низкими температурами, что дает возможность четко определить те области в помещении, где поверхность блоков из ячеистых бетонов подверглась температуре более 700 °С.

### Литература

1. Информация о чрезвычайных ситуациях [Электронный ресурс] // Режим доступа: <https://mchs.gov.by/operativnaya-informatsiya/sutochnye-svodki-mchs/v-rb/234857> – Дата доступа: 15.01.2019.
2. Мартыненко, В.А. Теоретические и структурные свойства ячеистого бетона / В.А. Мартыненко // Theoretical Foundations of Civil Engineering : Збірник наук. праць ПДАБА і Варшавського техн. універ. – Dnepropetrovsk-Warsaw, 2003. – С. 177–186.
3. Сахаров, Г.П. Развитие производства и повышение конструктивных свойств автоклавного ячеистого бетона и изделий на его основе / Г.П. Сахаров / Редкол. Н.П. Сажнев (отв. ред.) [и др.]. // Опыт производства и применения ячеистого бетона автоклавного твердения: материалы 7-й Международной научно-практической конференции, Брест, Малорита, 22-24 мая 2012 г. – Мн. : Стринко, 2012. – С. 32–36.
4. Чешко, И.Д. Анализ экспертных версий возникновения пожара / И.Д. Чешко, В.Г. Плотников. – СПб. : филиал ФГУ ВНИИПО МЧС России, 2010. – 708 с.

5. Чешко, И.Д. Технические основы расследования пожаров: Методическое пособие / И.Д. Чешко. – М.: ВНИИПО, 2002. – 330 с.
6. Таубкин, С.И. Пожар и взрыв, особенности их экспертизы / С.И. Таубкин. – М., 1999. – 201 с.
7. Зернов, С.И. Пожарно-техническая экспертиза / С.И. Зернов, В.А. Левин. – М.: ЭКЦМВДРФ, 1991. – 76 с.
8. Горовых, О.Г. Изменение величины сорбции ячеистых бетонов после термического воздействия / О.Г. Горовых, А.В. Волосач // Чрезвычайные ситуации: предупреждение и ликвидация». – 2018. – № 1(43). – С. 57–64.
9. Гаевой, А.Ф. Качество и долговечность ограждающих конструкций из ячеистого бетона / А.Ф. Гаевой, Б.А. Качура. – Харьков: Виша школа, 1978. – 224 с.
10. Бетоны ячеистые автоклавного твердения. Технические условия : ГОСТ 31359-2007. – Введ. 1.01.2009. – Минск : Белорус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 2009. – 9 с.
11. Блоки из ячеистых бетонов стеновые. Технические условия : СТБ 1117-98. – Введ. 01.04.1999. – Минск : Белорус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 1999. – 68 с.



**УДК 615.9:616-7; 615.099:616-7**

**канд. хим. наук Соколик Г.А.,  
канд. хим. наук Лейнова С.Л.,  
Свирщевский С.Ф., Рубинчик С.Я., Клевченя Д.И.**

*Учреждение образования «Белорусский государственный университет»,  
г. Минск*

### **ОЦЕНКА БЕЗОПАСНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЗАЩИТНО-ОТДЕЛОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ВНУТРЕННЕЙ ОТДЕЛКИ ЖИЛЫХ ПОМЕЩЕНИЙ С УЧЕТОМ ВОЗМОЖНОГО ВОЗГОРАНИЯ**

Определены удельные выходы основных токсичных газов, образующихся при возгорании защитно-отделочных материалов, и на основании полученных данных проведена оценка возможности их безопасного использования для внутренней отделки помещений. Было исследовано 365 защитно-отделочных строительных композиций (полимерных, полимерминеральных и минеральных) и 214 красок (акриловых, латексных, силиконовых, силикатных, поливинилацетатных).

Показано, что основным токсичным газом для всех исследованных материалов является оксид углерода (СО). Наибольшие значения удельного выхода СО были обнаружены у полимерных грунтовок и акриловых красок, наименьшие – у минеральных штукатурок. С помощью данных об удельных выходах основных токсичных газов рассчитаны значения массы анализируемых материалов, при термическом разложении которых в жилом помещении объемом 40,5 м<sup>3</sup> образуются смертельные концентрации СО и второго по значимости токсичного газ – формальдегида. Отмечено, что подобные расчеты могут быть сделаны для помещения любого размера и использованы для оценки опасных факторов пожара.

*Ключевые слова:* токсичность и состав продуктов горения, пожарная безопасность, защитно-отделочные материалы.

**PhD (chem.) G.A. Sokolik,  
PhD (chem.) S.L. Leinova,  
S.F. Svirshevsky, S.Ya. Rubinchik, D.I. Klevchenya**

*Belarusian State University, Minsk*

### **ASSESSMENT OF THE SAFE USE OF PROTECTIVE AND FINISHING MATERIALS FOR INTERIOR DECORATION OF RESIDENTIAL PREMISES, TAKING INTO ACCOUNT POSSIBLE FIRE**

The specific outputs of the main toxic gases generated during the ignition of protective and finishing materials are determined and, based on the data obtained, the possibility of their safe use for interior decoration is assessed. 365 protective and finishing construction compositions (polymer, polymer mineral and mineral)



and 214 paints (acrylic, latex, silicone, silicate, polyvinylacetate) were investigated.

It has been shown that the main toxic gas for all the materials studied is carbon monoxide (CO). The highest values of the specific yield of CO were found in polymer primers and acrylic paints, the smallest – in mineral plasters. Using data on the specific yields of the main toxic gases, the mass values of the analyzed materials were calculated, during thermal decomposition of which in a residential building with a volume of 40.5 m<sup>3</sup> fatal concentrations of CO and the second most important toxic gas, formaldehyde, are formed. It is noted that such calculations can be made for a room of any size and used to assess dangerous fire factors.

*Key words:* toxicity and composition of combustion products, fire safety, protective and finishing materials.

Обеспечение безопасности людей при возникновении чрезвычайных ситуаций в зданиях и сооружениях различного функционального назначения является основной задачей при проведении строительных и отделочных работ. Применение материалов, не соответствующих необходимым требованиям пожарной безопасности по горючести, распространению пламени, дымообразующей способности и токсичности продуктов горения, может привести к тяжелым и неконтролируемым последствиям. Оценка пожарной опасности защитно-отделочных материалов проводится в соответствии с ТКП 45-2.02-315-2018, действующим на территории Республики Беларусь.

Защитно-отделочные материалы (штукатурки, шпатлевки, грунтовки, краски) используются практически всегда при выполнении строительных и отделочных работ внутри помещений. Так, штукатурки необходимы для создания отделочных слоев на поверхности стен и потолков и их выравнивания, шпатлевки – для устранения мелких дефектов перед нанесением декорирующих покрытий, грунтовки – для улучшения адгезии отделочных материалов и защиты конструкций, краски применяют для окрашивания различных поверхностей, предохранения от внешнего воздействия, а также в художественных целях.

В составе всех этих материалов имеются вяжущие (связующие), наполнители и модифицирующие добавки. Это могут быть органические вещества (синтетические полимеры на основе акрила, латекса, полиэфиров, поливинилацетата, этилена, стирола, алкидные и эпоксидные смолы, клеи, лаки, силикон, фенолы, каучук, масла и др.), органоминеральные и минеральные компоненты в различных пропорциях. Также используются добавки для ускорения или замедления процессов затвердения, повышения или понижения устойчивости смесей к воздействию воды или воздуха, улучшения других технологических характеристик. Это армирующие, загущающие, биоцидные, водоудерживающие добавки, пластификаторы,

редиспергируемые порошки, пеногасители, гидрофобизаторы, а также красящие пигменты и т.п.

Наличие органических компонентов в исследуемых материалах является причиной их возгорания при возникновении чрезвычайных ситуаций с образованием токсичных газов, которые являются опасными факторами пожара (ОФП). Особое внимание к данному параметру обусловлено тем, что причиной гибели людей на пожарах в более чем 80 % случаев является отравление образующимися при возгорании токсичными газообразными продуктами.

Целью настоящей работы являлось определение удельных выходов основных токсичных газов, образующихся при возгорании защитно-отделочных материалов и на основании полученных данных оценка возможности их безопасного использования для внутренней отделки помещений.

Для решения поставленной задачи были определены состав газовой фазы, образующейся при термическом разложении защитно-отделочных материалов различного состава, и ее токсичность. Контроль токсичности продуктов горения защитно-отделочных материалов осуществляется в соответствии с требованиями, изложенными в нормативных документах, действующих на территории Республики Беларусь: СТБ 1263-2001, СТБ 1466-2004, СТБ 1843-2008, ТКП 45-2.02-315-2018.

Выбор контролируемых газов был сделан в соответствии с рекомендациями международного стандарта ISO 13344:2015. Согласно данному документу токсическая опасность газовой среды, образующейся при возгорании полимерных материалов, определяется, в первую очередь, такими токсичными газами, как CO, CO<sub>2</sub>, HCN, NO, NO<sub>2</sub>, HCl, HBr, HF, SO<sub>2</sub>, акролеин и формальдегид. На токсичность газовой среды в целом также оказывает влияние содержание в ней O<sub>2</sub>. Исследования проводились на установке, позволяющей определять токсичность продуктов горения в соответствии с [1]. Состав газовой смеси определялся по допущенной к применению на территории РБ [2].

В таблице 1 приведены минимальные и максимальные удельные выходы CO, CO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, акролеина (C<sub>3</sub>H<sub>4</sub>O) и формальдегида (CH<sub>2</sub>O), образующихся при термическом разложении исследованных материалов.

Было исследовано 365 защитно-отделочных строительных композиций (полимерных, полимерминеральных и минеральных, среди которых было 149 штукатурок, 138 шпатлевок, 78 грунтовок) и 214 красок различного вида (акриловых, латексных, силиконовых, силикатных, поливинилацетатных).

Таблица 1 – Минимальные и максимальные удельные выходы CO, CO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, акролеина (C<sub>3</sub>H<sub>4</sub>O) и формальдегида (CH<sub>2</sub>O), образующихся при термическом разложении исследованных материалов

Вид материала	Выход $C_{газ}$ , мг/г									
	CO		CO <sub>2</sub>		NO <sub>2</sub>		C <sub>3</sub> H <sub>4</sub> O		CH <sub>2</sub> O	
	<i>min</i>	<i>max</i>	<i>min</i>	<i>max</i>	<i>min</i>	<i>max</i>	<i>min</i>	<i>max</i>	<i>min</i>	<i>max</i>
Минеральная грунтовка	5,4	17,2	36,1	108,9	8,8·10 <sup>-4</sup>	3,6·10 <sup>-3</sup>	2,1·10 <sup>-3</sup>	9,6·10 <sup>-3</sup>	8,1·10 <sup>-3</sup>	2,3·10 <sup>-2</sup>
Полимерминеральная грунтовка	8,2	55,0	53,5	642,8	2,5·10 <sup>-3</sup>	3,5·10 <sup>-2</sup>	1,2·10 <sup>-2</sup>	1,2·10 <sup>-1</sup>	2,4·10 <sup>-2</sup>	1,7·10 <sup>-1</sup>
Полимерная грунтовка	9,0	277,0	43,9	1409,7	5,7·10 <sup>-3</sup>	0,4	1,9·10 <sup>-2</sup>	1,1	4,2·10 <sup>-2</sup>	1,5
Минеральная шпатлевка	1,8	9,5	11,5	65,0	2,3·10 <sup>-4</sup>	1,9·10 <sup>-3</sup>	0	0	1,0·10 <sup>-3</sup>	7,0·10 <sup>-3</sup>
Полимерминеральная шпатлевка	1,8	21,9	5,6	220,8	2,6·10 <sup>-4</sup>	1,0·10 <sup>-2</sup>	0	2,1·10 <sup>-2</sup>	5,6·10 <sup>-4</sup>	4,3·10 <sup>-2</sup>
Полимерная шпатлевка	1,8	54,2	9,6	470,4	4,9·10 <sup>-4</sup>	4,6·10 <sup>-2</sup>	0	9,6·10 <sup>-2</sup>	8,3·10 <sup>-4</sup>	1,9·10 <sup>-1</sup>
Минеральная штукатурка	1,3	8,2	5,6	57,3	0	4,0·10 <sup>-3</sup>	0	0	6,2·10 <sup>-4</sup>	4,4·10 <sup>-3</sup>
Полимерминеральная штукатурка	2,6	29,6	8,9	341,8	3,6·10 <sup>-3</sup>	1,3·10 <sup>-2</sup>	0	7,7·10 <sup>-3</sup>	1,0·10 <sup>-3</sup>	4,0·10 <sup>-2</sup>
Полимерная штукатурка	4,4	58,8	28,2	357,0	0	3,4·10 <sup>-2</sup>	0	4,6·10 <sup>-2</sup>	5,5·10 <sup>-3</sup>	1,6·10 <sup>-1</sup>
Краска акриловая	5,3	171,8	41,8	516,1	1,3·10 <sup>-3</sup>	2,0·10 <sup>-2</sup>	6,3·10 <sup>-4</sup>	6,8·10 <sup>-1</sup>	2,3·10 <sup>-2</sup>	1,1
Краска латексная	16,3	21,7	91,5	119,8	3,6·10 <sup>-3</sup>	5,0·10 <sup>-3</sup>	3,8·10 <sup>-2</sup>	4,4·10 <sup>-2</sup>	8,3·10 <sup>-2</sup>	1,1·10 <sup>-1</sup>
Краска силиконовая	13,1	43,6	113,6	301,1	0	0	2,7·10 <sup>-2</sup>	7,6·10 <sup>-2</sup>	7,4·10 <sup>-2</sup>	2,4·10 <sup>-1</sup>
Краска силикатная	12,5	21,9	86,9	181,7	0	5,4·10 <sup>-3</sup>	2,5·10 <sup>-2</sup>	4,7·10 <sup>-2</sup>	5,3·10 <sup>-3</sup>	1,2·10 <sup>-1</sup>
Краска поливинилацетатная	15,7	58,6	75,9	388,6	0	6,7·10 <sup>-3</sup>	1,5·10 <sup>-2</sup>	8,8·10 <sup>-2</sup>	3,6·10 <sup>-2</sup>	1,9·10 <sup>-2</sup>

Расчет удельных выходов контролируемых газов, представляющих собой отношение концентрации контролируемого газа к исходной массе анализируемой пробы ( $Выход C_{газ}$ , мг/г), проводился по формуле

$$Выход C_{газ} = \frac{C_{газ}}{M_{обр.}}, \quad (1)$$

где  $C_{газ}$  – концентрация анализируемого газа в замкнутом объеме установки, мг;

$M_{\text{обр}}$  – масса образца, г.

Все испытания по определению состава газовой смеси, образующейся при горении композиций, проводились в режиме максимальной токсичности (500–600 °С).

Из представленных в таблице 1 данных видно, что среди всех исследованных материалов наибольшие значения удельных выходов СО были обнаружены у полимерных грунтовок (277,0 мг/г) и акриловых красок (171,8 мг/г), наименьшие – у минеральных штукатурок (1,3 мг/г).

Максимально зарегистрированные удельные выходы оксида азота ( $\text{NO}_2$ ), акролеина и формальдегида у полимерных грунтовок были на 1–2 порядка больше, чем у минеральных и полимерминеральных защитно-отделочных композиций и всех видов исследованных красок (акриловых, поливинилацетатных, силикатных, силиконовых, латексных), что сопоставимо с данными, полученными нами ранее для материалов, изготовленных на основе целлюлозы, поликарбоната, полиэтилена, полистирола, полипропилена, поливинилацетата, поливинилхлорида, полиуретана, полиамидных и эпоксидных смол [3].

Проведенные исследования показали, что наибольшие значения удельных выходов у всех исследованных защитно-отделочных композиций зарегистрированы для оксида углерода (СО), что дает основание предполагать, что он является основным токсичным газом, образующимся при термическом разложении. Это подтверждают результаты определения содержания карбоксигемоглобина ( $\text{HbCO}$ ) в крови погибших подопытных животных (мышей) – в пробах крови, взятой у животных, задействованных при исследовании, оно во всех случаях превышало 50 % от суммарного гемоглобина, т.е. токсический эффект продуктов горения всех указанных видов материалов обуславливается в основном действием оксида углерода.

Выделению оксида углерода способствуют медленное горение и недостаток кислорода. При поступлении с воздухом в легкие СО проникает в кровь, где соединяется с железом гемоглобина и образует неактивный комплекс – карбоксигемоглобин ( $\text{HbCO}$ ). Следствием образования в крови  $\text{HbCO}$  является нарушение передачи кислорода тканям организма и развитие кислородной недостаточности, к которой особенно чувствительны нервная и сердечно-сосудистая системы.

При горении полимерных материалов наблюдаются высокие уровни выделения не только оксида углерода СО, но и диоксида углерода  $\text{CO}_2$ , являющегося конечным продуктом окисления углерода.  $\text{CO}_2$  относится к классу малотоксичных веществ. Диоксид углерода обладает нейротропным (наркотическим) действием и в малых дозах вызывает возбуждение, а в больших дозах – угнетение дыхательного центра, влияет на тонус сосудов, раздражает слизистые оболочки. В условиях пожара он вызывает

учащение дыхания и усиление легочной вентиляции, способствуя тем самым большому поступлению в организм токсичных веществ, содержащихся в продуктах горения.

По токсичности продуктов горения вещества делятся в соответствии с полученными значениями показателя токсичности на четыре группы [4]:

- T1 (малоопасные);
- T2 (умеренно опасные);
- T3 (высоко опасные);
- T4 (чрезвычайно опасные).

В таблице 2 показана классификация материалов, приведенная в [1], которая позволяет по полученному значению показателя токсичности продуктов горения установить, к какому классу опасности и какой группе по токсичности продуктов горения относится испытываемый материал.

Таблица 2 – Классификация материалов по значению показателя токсичности продуктов горения

Группа токсичности продуктов горения	Показатель токсичности ( $H_{CL50}$ , г·м <sup>-3</sup> ) при времени экспозиции 30 мин	Класс опасности
T1	Более 120	Малоопасные
T2	40 – 120	Умеренно опасные
T3	13 – 40	Высоко опасные
T4	До 13	Чрезвычайно опасные

Классификация, приведенная в таблице 2, свидетельствует, что, чем меньше значение показателя токсичности, тем более опасны испытываемые материалы по токсичности продуктов горения и тем больше численное значение группы, к которой они относятся.

Выявлено, что по полученным биологическим методом значениям показателей токсичности продуктов горения [1] исследованные минеральные, полимерминеральные и полимерные грунтовки относятся в 78,2 % случаев к малоопасным веществам – группа токсичности T1; в 19,2 % случаев – к умеренно опасным (T2), в 2,6 % случаев – к высоко опасным (T3). Среди исследованных грунтовок не было обнаружено чрезвычайно опасных (группа токсичности T4) образцов. Среди штукатурок 98,7 % были отнесены к малоопасным, 1,3 % к умеренно опасным. Все исследованные шпатлевки по токсичности продуктов горения являлись малоопасными. Проанализированные краски по токсичности продуктов горения были отнесены к малоопасным веществам – группа токсичности T1 (94,4 %), к умеренно опасным (T2) – 5,1 % и к высоко опасным (T3) – 0,5 %. Все краски, которые по токсичности продуктов горения относились к группам T3 и T2, являлись акриловыми.

Токсичность газообразных веществ, образующихся при горении материалов, используемых при строительстве и отделке зданий, является одним из опасных факторов пожара (ОФП). Порядок расчета уровня обеспечения пожарной безопасности людей и вероятности воздействия ОФП на людей, а также обоснования требований к эффективности систем обеспечения пожарной безопасности людей установлены в [5]. В частности, по каждому из основных газообразных токсичных продуктов горения рассчитываются значения критической продолжительности пожара по условию достижения данным ОФП предельно допустимого значения в зоне пребывания людей.

Для того, чтобы оценить возможности безопасного использования исследованных материалов для внутренней отделки помещений, полученные данные о выходах основных токсичных газов, образующихся при термическом разложении исследованных материалов ( $Выход C_{газi}$ , мг/г), были выражены в других единицах измерения ( $Выход C_{газi}$ , кг/кг) и использованы для оценки концентрации газов ( $C_i$ , кг/м<sup>3</sup>), образующихся при горении защитно-отделочных материалов определенной массы в замкнутом объеме жилого помещения с известными размерами. Оценка проводилась в соответствии с алгоритмом, разработанным авторами и предложенным в [6].

Из литературы известно, что в закрытом помещении, когда концентрация СО во время пожара составляет более 0,014 кг/м<sup>3</sup>, потеря сознания и смерть человека наступают при пребывании в нем в течение 2–3 минут, при концентрации СО, составляющей 0,002–0,003 кг/м<sup>3</sup>, летальный исход может наступить через 30 минут [7].

С помощью формулы (2) можно определить массу ( $M$ , кг) анализируемого материала, при которой образуются смертельные концентрации газов ( $C_{i, см}$ , кг/м<sup>3</sup>) в помещении фиксированного объема ( $V$ , м<sup>3</sup>):

$$M = \frac{V \cdot C_{i, см}}{Выход C_{газi}} \quad (2)$$

где  $M$  – масса материала в помещении, кг;

$V$  – объем помещения, м<sup>3</sup>;

$C_{i, см}$  – смертельная концентрация газа в помещении, кг/м<sup>3</sup>;

$Выход C_{газi}$  – удельный выход газа, кг/кг.

Формула (3) позволяет оценить максимальный объем помещения ( $V$ , м<sup>3</sup>), в котором можно безопасно использовать требуемые количества необходимого материала:

$$V = \frac{\text{Выход} C_{\text{газ}_i} \cdot M}{C_{\text{исм}}} \quad (3)$$

где  $V$  – объем помещения,  $\text{м}^3$ ;

$\text{Выход} C_{\text{газ}_i}$  – удельный выход газа,  $\text{кг/кг}$ ;

$M$  – масса материала в помещении,  $\text{кг}$ ;

$C_{\text{исм}}$  – смертельная концентрация газа в помещении,  $\text{кг/м}^3$ .

В таблице 3 приведены значения максимальных удельных выходов СО ( $\text{Выход} C_{\text{СО}}, \text{кг/кг}$ ), образующегося при термическом разложении штукатурок, шпатлевок, грунтовок, и рассчитанные на их основе значения массы анализируемых материалов ( $M, \text{кг}$ ), при термическом разложении которых в жилом помещении объемом ( $V$ )  $40,5 \text{ м}^3$ , выбранном в качестве примера, (площадь помещения –  $15 \text{ м}^2$ , высота –  $2,7 \text{ м}$ ), образуются смертельные концентрации СО ( $C_{\text{СОсм}}$ ).

В расчетах также необходимо учитывать и, при необходимости, вносить соответствующие коррективы, если в помещении присутствуют и другие изделия, которые могут гореть с выделением оксида углерода.

Результаты, представленные в таблице 3, показывают, какое максимальное количество того или иного вида материала с указанными удельными выходами СО может быть использовано для внутренней отделки в указанном жилом помещении. Подобные расчеты могут быть сделаны для помещения любого размера и использованы при оценке опасных факторов пожара.

Показано, что среди всех исследованных материалов наибольшую массу (при отсутствии других горючих веществ) могут иметь минеральные штукатурки и шпатлевки.

Представленные результаты наглядно показывают, что, чем меньше будет взята масса используемого материала (или чем больше будет объем помещения, где он используется), тем безопаснее его применение с точки зрения пожарной безопасности.

Второй по значимости токсичный газ, образующийся при термическом разложении исследованных полимерных, полимерминеральных защитно-отделочных строительных композиций и красок, – формальдегид. Для того чтобы не превысить смертельные концентрации образующегося формальдегида ( $6 \cdot 10^{-5} \text{ кг/м}^3$  [7]), максимальное количество используемого материала в помещении указанного объема ( $40,5 \text{ м}^3$ ) не должно превышать  $1,61 \text{ кг}$  для полимерных грунтовок и  $2,19 \text{ кг}$  для акриловых красок.

Таблица 3 – Массы защитно-отделочных композиций, при которых в помещении фиксированного объема ( $40,5 \text{ м}^3$ ) образуются смертельные концентрации СО ( $0,014 \text{ кг/м}^3$ )

Материал	Удельный выход СО ( $уд.выход C_{CO}$ ), кг/кг	Масса материала ( $M$ ), кг
Штукатурка минеральная	0,008	70,88
Штукатурка полимерминеральная	0,030	18,90
Штукатурка полимерная	0,059	9,61
Шпатлевка минеральная	0,010	56,70
Шпатлевка полимерминеральная	0,022	25,77
Шпатлевка полимерная	0,054	11,67
Грунтовка минеральная	0,017	33,35
Грунтовка полимерминеральная	0,055	10,31
Грунтовка полимерная	0,277	2,05
Краска акриловая	0,172	3,30
Краска латексная	0,022	25,77
Краска силиконовая	0,044	12,89
Краска силикатная	0,022	25,77
Краска поливинилацетатная	0,059	9,61

Данные об удельных выходах основных токсичных газов были получены нами для различных видов материалов и представлены в следующих базах данных: «Токсичность продуктов горения», «Токсичность продуктов горения. Материалы на основе поливинилхлорида», «Токсичность продуктов горения. Изделия звукопоглощающие и звукоизоляционные», «Токсичность продуктов горения. Защитно-отделочные строительные композиции». «Токсичность продуктов горения. Лакокрасочные материалы». Эти данные будут полезны при расчете значений критической продолжительности пожара по условию достижения рассматриваемым воздействующим фактором (токсичность продуктов горения) предельно допустимого значения в зоне пребывания людей.

### Литература

1. Система стандартов безопасности труда. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения: ГОСТ 12.1.044-89 (ИСО 4589-84). – Введ. 01.01.91. – Переиздание ноябрь 2011 г. с Изменением № 1, утвержденным в июле 2000 г. – С.81-86.
2. Методика определения содержания СО, СО<sub>2</sub>, О<sub>2</sub>, NO, NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, HCN, формальдегида, акролеина, HCl, HBr, HF в газовой смеси, образующейся при горении веществ и материалов: МВИ 3763-2011. – Введ. 30.03.11. – Минск: Белорусский государственный институт метрологии, 2011. – 161 с.
3. Оценка пожарной опасности защитно-отделочных строительных композиций по токсичности продуктов горения // Г.А. Соколик [и др.] //



Сборник материалов XII Междун. науч.-практ. конференции «Пожарная и аварийная безопасность», посвящ. Году гражданской обороны, 29-30 ноября 2017 г., – Иваново: Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2017. – С. 257–260.

4. Здания, строительные конструкции, материалы и изделия. Правила пожарно-технической классификации: ТКП 45-2.02-142-2011. – Введ. 01.01.12. – Минск: М-во архитектуры и строительства Республики Беларусь, 2011. – 25 с.

5. Система стандартов безопасности труда. Пожарная безопасность. Общие требования: ГОСТ 12.1.004-91. – Введ. 01.07.92. – 1992. – 80 с.

6. Алгоритм расчета массы материалов, при которой в случае их возгорания образуются смертельные концентрации токсичных газов // Г.А. Соколик [и др.] // Сборник материалов XIII Междун. науч.-практ. конференции «Пожарная и аварийная безопасность», посвящ. Году культуры безопасности, 29-30 ноября 2018 г. – Иваново: МЧС России, 2018.

7. Вредные вещества в промышленности. Справочник для химиков, инженеров и врачей / Под ред. Н.В. Лазарева, И.Д. Гадаскиной. – 7-е изд. – Л.: Химия, 1977. – Т. 3 – С. 240–253.



**УДК 614.841**

**канд. техн. наук Цвиркун С.В.,  
Удовенко М.Ю.**

*Черкасский институт пожарной безопасности имени Героев Чернобыля  
Национального университета гражданской защиты Украины*

## **ОБРАБОТКА И ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ЧИСЛОВЫХ ДАННЫХ, СГЕНЕРИРОВАННЫХ ПРОГРАММНЫМ КОМПЛЕКСОМ PYROSIM**

Описывается необходимость в разработке собственного программного обеспечения для анализа числовых данных, полученных в результате моделирования распространения опасных факторов пожара в приложении PyroSim.

*Ключевые слова:* визуализация данных, опасные факторы пожара, PyroSim, Fire Dynamics Simulator, Python, Pandas, Numpy, JupyterLab, Plotly.

**Ph.D. (tech.) S.V. Tsvirkun, M.Y. Udovenko**

*Cherkasy Institute of Fire Safety named after Heroes of Chornobyl of National University of Civil Defence of Ukraine*

## **PREPROCESSING AND VISUALIZATION OF NUMERICAL DATA GENERATED WITH PYROSIM**

Described the necessity of developing the custom software for analyzing of numerical data after modeling the spreading of dangerous fire factors on application PyroSim.

*Key words:* data visualization, dangerous factors of fire, PyroSim, Fire Dynamics Simulator, Python, Pandas, Numpy, JupyterLab, Plotly.

Визуализация информации – это мощная интерактивная стратегия в обработке и исследовании данных. Специалисты любой сферы деятельности могут использовать инструменты интерактивной визуализации данных для таких целей, как эффективный поиск некачественных данных или аномальных значений, а также для более глубокого понимания исследуемых процессов [15].

Методы визуализации позволяют использовать данные не просто как статическое изображение, но и как динамический инструмент, позволяющий получать любое значение в любой отрезок времени.

Необходимо понимать, что эффективная визуализация может быть реализована лишь при условии качественной предварительной обработки данных [16]. До того, как будет построен нужный исследователю график или диаграмма, данные необходимо обработать и адаптировать.

Визуализация данных может и должна использоваться в вопросах, касающихся обеспечения пожарной безопасности.

Одним из примеров такого использования является проведение расчетов по распространению опасных факторов пожара (ОФП) в помещениях. Целью таких расчетов является определение максимального времени, в течение которого пребывание в помещении или здании является безопасным. Результаты расчета этого времени в дальнейшем используют в расчетах времени эвакуации людей при пожаре.

Наиболее фундаментальным инструментом для расчета опасных факторов пожара является программный продукт PyroSim [1]. Расчеты, полученные с его помощью, имеют высокую точность, но недостатком является низкое качество визуализации числовой информации. В интерфейсе присутствуют инструменты, которые строят графики по каждому из виртуальных устройств, но эти графики получаются недостаточно презентабельными и их неудобно экспортировать в отдельные графические файлы или другие приложения.

Таким образом, возникает необходимость создания удобного инструмента для визуализации числовых данных, полученных в результате расчетов ОФП программным комплексом PyroSim.

Кроме основной задачи к программному продукту выдвигается еще ряд таких требований, как: продукт должен быть бесплатным, а интерфейс программы и создаваемые графики должны быть на языке, удобном для пользователя. В принципе язык интерфейса может быть любым, но так как мы рассматриваем разработку программного продукта для украинских пользователей, то и язык интерфейса будет украинским.

В данной статье рассматривается процесс разработки такого программного продукта с использованием бесплатных (freeware) [17], открытых (open source) [18] информационных технологий.

Так как PyroSim является платной оболочкой над бесплатным программным комплексом Fire Dynamics Simulator [5], мы не будем углубляться в детали расчетной части, а уделим внимание непосредственно визуализации.

Также следует отметить, что существует русскоязычная оболочка над Fire Dynamics Simulator, которая называется FireRisk [2]. Эта оболочка является платным программным продуктом, но вопрос визуализации числовых результатов расчетов в ней реализован лучше, чем в PyroSim.

Еще одним инструментом, который позволяет обрабатывать и визуализировать числовые данные, является Microsoft Excel [3].

Существует также бесплатный инструмент для трехмерной визуализации тепловых полей и других расчетных показателей, который называется SmokyView [4], но его использование выходит за рамки нашей проблематики.

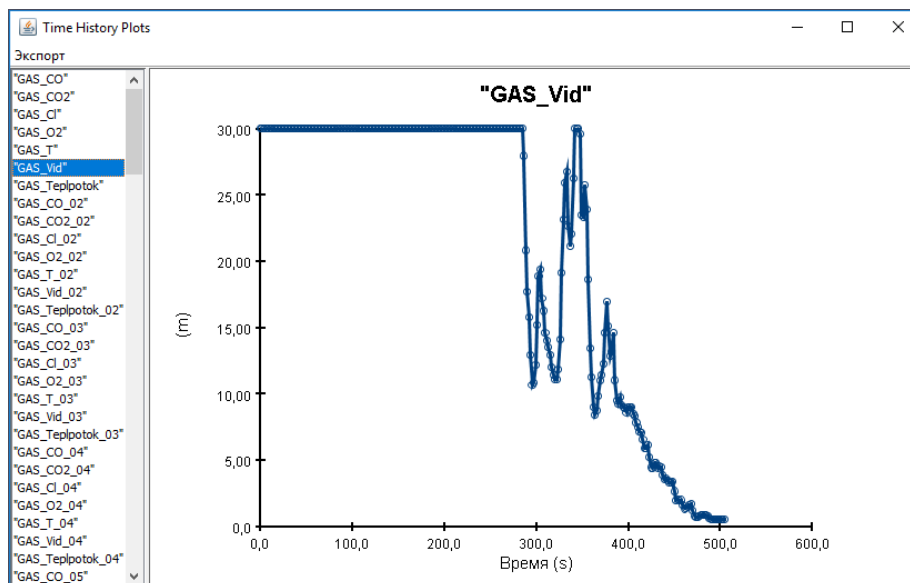


Рисунок 1 – Пример визуализации данных в PyroSim

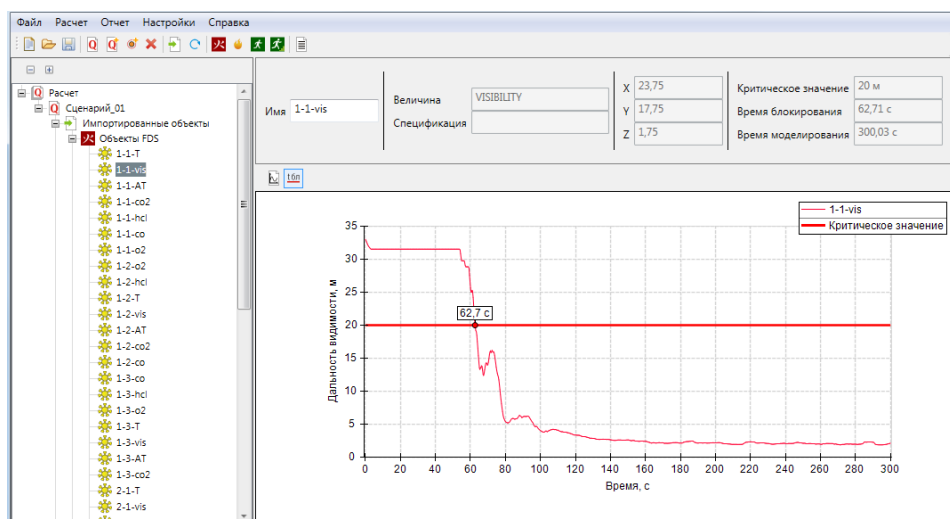


Рисунок 2 – Пример визуализации данных в FireRisk

Рассмотрим особенности каждого из перечисленных инструментов.

**PyroSim** – платное программное обеспечение. Является надстройкой над FDS для построения трехмерных моделей зданий и помещений, в построенных моделях рассчитываются все основные параметры и опасные факторы пожара. Содержит функцию построения графиков из файлов \*\_devc.csv (рис. 1). Графики сохраняются в графические файлы вручную, что не очень удобно, если их много, к тому же на графиках не отображается время, когда достигается критическое значение ОФП.

**FireRisk** – платное программное обеспечение. Является русифицированной надстройкой над FDS. Содержит функцию построения графиков изменения ОФП во времени (рис. 2), на которых также

указываются время наступления опасного влияния ОФП и его критическое значение.

**MS Excel** – платное программное обеспечение, часть программного комплекса Microsoft Office. Функционал MS Excel позволяет обрабатывать файлы \*.csv, но поиск нужных значений нужно проводить вручную или с помощью скриптового языка программирования Visual Basic for Applications, что может создавать определенные неудобства в случае обработки больших массивов данных. Имеет очень эффективные инструменты для построения графиков и диаграмм, но каждый график нужно строить отдельно для каждого показателя, что может занимать много времени.

**MS Excel** можно заменить бесплатными аналогами, такими как Apache Open Office, но этот способ будет иметь те же недостатки и не будет решать весь перечень поставленных задач.

Для демонстрации актуальности выбранной темы в качестве примера возьмем расчет ОФП в условном торгово-развлекательном комплексе (ТРК). Выбранная секция ТРК содержит разнообразные локации, такие как кафетерии, батуты, игровые комнаты, небольшие сцены.

Так как потолок помещения имеет арочную форму, а по площади помещения присутствуют перепады высот до 2-х метров, нам недостаточно разместить виртуальные датчики (device) возле эвакуационных выходов [1, ст. 126]. Нужно выбрать дополнительные места в наиболее опасных зонах и места с наиболее вероятным скоплением людей во время эвакуации. С учетом размеров секции ТРК и ее инженерно-конструктивными решениями принимается решение проводить контроль ОФП в 23 позициях (на разных высотах). Расчет проводится для 10 минут свободного распространения пожара.

В результате расчетов получаем файл в формате CSV [14], который содержит 283 строки и 161 столбец (23 виртуальных устройства по 7 параметров в каждом).

Для обработки такого массива числовых данных вручную потребуются много времени, к тому же существует большая вероятность допустить ошибку или пропустить значение.

Для получения эффективного результата наш программный продукт должен обладать следующими свойствами:

1. Весь процесс обработки данных должен реализовываться с помощью бесплатных программных средств и информационных технологий.
2. Выводимые данные должны быть локализованы. Имеется в виду адаптация к языку пользователя. В нашем случае локализация была

реализована для украинского языка, но программный продукт будет позволять использование любого приемлемого языка.

3. Размеры и формат графических файлов можно будет выбирать пользователю. Предполагается, что сохранять графики можно в форматах PNG, JPG, SVG, а также пользователь может самостоятельно устанавливать размер изображения в пикселях.

4. Автоматическое формирование таблицы, где будет указываться точное время достижения критического значения ОПФ.

5. Для обеспечения максимального комфорта для пользователя графические файлы, которые будут сохраняться на диск, будут автоматически получать имена в зависимости от номера виртуального устройства и конкретного ОПФ, что позволит хранить их на диске в удобном и понятном виде.

Для достижения поставленной цели будем применять язык программирования Python [10], библиотеки для обработки массивов данных NumPy [9] и Pandas [8], библиотеку визуализации Plotly [19] [7]. На этапе разработки и тестирования будут использоваться оболочки Anaconda [11] и JupyterLab [12]. После окончательного тестирования программный код будет оформлен в виде веб-приложения или приложения для персональных компьютеров.

Решение задачи будет осуществляться в такой последовательности: очистка информации от нечисловых значений, определение количества виртуальных устройств (PyroSim devices), определение перечня ОПФ, последовательная обработка каждого столбца для нахождения критического значения и времени его начала, формирование итоговой таблицы значения ОПФ для каждого виртуального устройства, создание графиков для каждого значения ОПФ.

Разработанный программный продукт работает по следующему алгоритму:

1. Загрузка файла CSV (пользователь указывает путь к файлу).  
2. Анализ файла и автоматическое определение количества параметров в каждом виртуальном устройстве.

3. Формирование массивов данных с локализованными названиями ОПФ, критическими значениями для каждого ОПФ, а также размерностями, в которых измеряются ОПФ.

4. Циклический перебор каждого столбца, поиск критических значений и момента времени их опасной концентрации. Если критическое значение отсутствует, то график для данного виртуального устройства не строится.

5. Построение графиков для каждого столбца, который содержит критическое значение.

Каждый график отображает три величины:  
изменение значения ОФП в течение определенного отрезка времени;  
время достижения критического значения ОФП (в секундах);  
пограничное значение ОФП, которое отображается прямой линией  
оранжевого цвета. Это значение предоставляет возможность делать выборки  
тех периодов, когда значения ОФП могут находиться выше или ниже  
критического значения.

Таблица 1 – Автоматически сгенерированная таблица времени достижения критических значений ОФП в местах расположения виртуальных устройств (PyroSym devices)

Датчик	Содержание CO	Содержание CO <sub>2</sub>	Содержание HCl	Низкое содержание O <sub>2</sub>	Повешенная температура	Потеря видимости	Тепловой поток
№ 1	489	-	424	-	500	289	-
№ 2	-	-	433	-	489	376	-
№ 3	345	-	176	394	394	169	-
№ 4	338	-	158	361	361	138	-
№ 5	403	-	171	394	352	124	-
№ 18	-	-	482	-	-	406	-
№ 19	-	-	-	-	-	-	-
№ 20	457	-	270	-	502	228	-
№ 21	-	-	405	-	-	304	-
№ 22	-	-	394	-	500	318	-
№ 23	-	-	363	-	-	288	-

Датчик №1: Втрата видимості

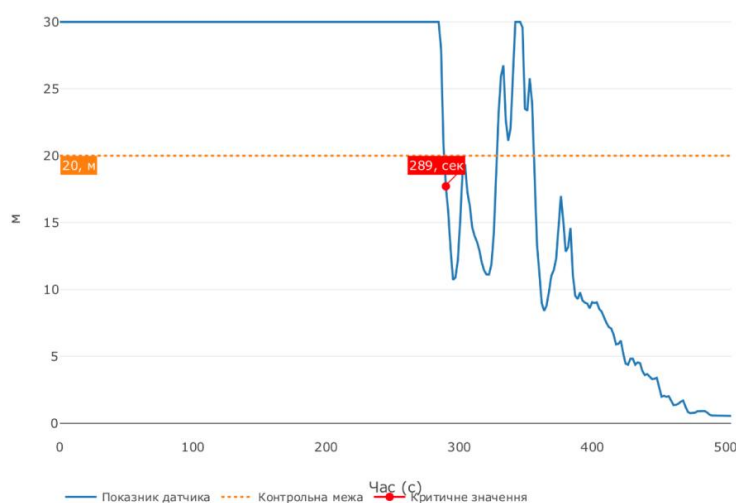


Рисунок 3 – Пример визуализации данных с помощью собственного программного продукта

### **Выводы**

Разработано приложение для обработки и визуализации результатов расчетов, проведенных в программе PyroSym.

Описан алгоритм работы и использования приложения. Проведена апробация приложения на примере расчета распространения ОПФ в одной из секций ТРК.

Финальное приложение соответствует всем требованиям, которые были сформированы на стадии постановки задач.

На данном этапе приложение прошло стадии разработки и тестирования, но не является готовым продуктом, который можно предоставить конечному пользователю. Окончательное внедрение результатов разработки будет осуществлено в виде веб-сервиса или приложения для персональных компьютеров.

### **Перспективы дальнейших исследований**

Использование технологий визуализации информации позволяет существенно экономить время на формирование отчетных материалов и быстро обрабатывать большие массивы информации.

Визуализация информации является составляющей частью современного направления в сфере информационных технологий, которая называется Наука о данных (Data Science). Наука о данных очень быстро развивается и охватывает большое количество методик по обработке разных данных, от видео до текстовой информации.

Поэтому перспектива заключается в дальнейшем внедрении современных технологий по работе с данными в сферу пожарной безопасности и гражданской защиты.

### **Литература**

1. PyroSim User Manual 2018. [Электронный ресурс]. URL: <https://bit.ly/2QfeqMg> (дата обращения: 10.09.2019).
2. FireRisk. Руководство пользователя 2019. [Электронный ресурс]. URL: <https://bit.ly/2VPmBVG> (дата обращения: 02.09.2019).
3. Невдах, В.В. Компьютерное моделирование пожара в помещении: методические указания по выполнению лабораторных работ по дисциплине «Физико-математическое моделирование систем охраны и безопасности». – Минск: БНТУ, 2014.
4. Smokeview, A Tool for Visualizing Fire Dynamics Simulation Data Volume I: User's Guide. NIST Special Publication 1017-1 Sixth Edition.
5. Fire Dynamics Simulator. User's Guide. NIST Special Publication 1019 Sixth Edition.



6. PyroSim 2016. Примеры построения расчетных моделей для решения различных задач пожарной безопасности зданий и сооружений. Контарь Н. А. Карькин И. Н. Екатеринбург, 2016.

7. It's 2019 - Make Your Data Visualizations Interactive with Plotly. [Электронный ресурс]. URL: <https://bit.ly/2Enwxej> (дата обращения: 01.09.2019).

8. Pandas: powerful Python data analysis toolkit (Mar 12, 2019 Version: 0.24.2). [Электронный ресурс]. URL: <https://bit.ly/2sxj9eQ> (дата обращения: 10.09.2019).

9. NumPy. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.numpy.org/> (дата обращения: 10.09.2019).

10. Python 3.7.3. [Электронный ресурс]. URL: <https://bit.ly/2IjlRjW> (дата обращения: 10.09.2019).

11. Anaconda. The Enterprise Data Science Platform. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.anaconda.com/> (дата обращения: 10.09.2019).

12. JupyterLab Documentation. [Электронный ресурс]. URL: <https://bit.ly/2HFzUOO> (дата обращения: 10.09.2019).

13. JupyterLab и Jupyter Notebook - мощные инструменты Data Science. [Электронный ресурс]. URL: <https://proglib.io/p/jupyter/> (дата обращения: 10.09.2019).

14. RFC 4180: Common Format and MIME Type for Comma-Separated Values (CSV) Files. [Электронный ресурс]. URL: <https://bit.ly/2dyCSIB> (дата обращения: 15.08.2019).

15. The purpose of visualization is insight, not pictures: An interview with visualization pioneer Ben Shneiderman. [Электронный ресурс]. URL: <https://bit.ly/2uaBhуp> (дата обращения: 15.08.2019).

16. What Steps should one take while doing Data Preprocessing? [Электронный ресурс]. URL: <https://bit.ly/2Qi322у> (дата обращения: 15.08.2019).

17. Виды бесплатных лицензий для программного обеспечения. [Электронный ресурс]. URL: <https://bit.ly/2YMxmW7> (дата обращения: 16.08.2019).

18. Что такое Open Source. [Электронный ресурс]. URL: <https://bit.ly/2JQA8oQ> (дата обращения: 16.08.2019).

19. Plotly Python Open Source Graphing Library. [Электронный ресурс]. URL: <https://plot.ly/python/> (дата обращения: 01.08.2019).



**УДК 614.841.1**

**д-р техн. наук Самигов Н.А.,  
Сайфиддин К.Ж.\***

*Ташкентский архитектурно-строительный институт*

*\*Институт пожарной безопасности МЧС РУз*

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ОЛИГОМЕРНЫХ АНТИПИРЕНОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕСТНЫХ СЫРЬЕВЫХ РЕСУРСОВ И ОТХОДОВ ПРОИЗВОДСТВА**

Исследование модификации древесины и полимерных материалов металлсодержащими органическими соединениями, а также результаты исследования составов АДж-13. Огнезащитный состав обеспечивает I группу огнезащитной эффективности. Определено, что при введении олигомерного антипирена 12 масс. ч. в полиэтилен высокого давления (ПЭВД) кислородный индекс возрастает с 18 до 25 % об.

**Doctor of the tech. sciences N.A.Samigov,**

**K.Zh.Sayfiddin \***

*Tashkent Institute of Architecture and Construction*

*\*Institute of Fire Safety of the Ministry for Emergency Situations of the Republic of Uzbekistan*

## **RESEARCH OF OLIGOMER ANTYPYRENES BY USING LOCAL RAW MATERIAL RESOURCES AND PRODUCTION WASTE**

*Modification research of wood and polymer metal-organic compounds, as well as study results of compounds ADj-13. The flame retardant provides I group of fire rating. It is determined that in case of oligomeric antipyrin introduction of 12 mass. h. into a high-pressure polyethylene, the oxygen index increases from 18 to 25% by volume.*

Развитию научных основ по созданию и технологии олигомерных антипиренов для полимерных и древесных строительных материалов посвящены многочисленные исследования узбекских и зарубежных ученых. Однако работы по разработке технологии получения олигомерных антипиренов и использованию их в качестве огнезащитных добавок для полимерных и древесных строительных материалов, которые обеспечивают низкую воспламеняемость и горючесть материалов, мало изучены.

Одним из наиболее применяемых видов огнезащитной обработки древесины является ее пропитка антипиренами. Эффективность огнезащитного состава зависит от многочисленных факторов, в том числе от способа его нанесения.

Цель работы состояла в синтезе и исследовании максимально эффективных режимов глубокой пропитки огнезащитным составом марки АДж-13 с установлением оптимального привеса сухого олигомерного антипирена для обеспечения эффективного снижения пожарной опасности строительных конструкций из древесины и полимеров.

В качестве одного из представителей этой группы соединений нами взят огнезащитный состав АДж-13, получаемый из антипирена на основе металлоорганического олигомера в нейтральной среде.

Изучены физико-химические свойства: плотность, температура плавления, растворимость олигомерного антипирена марки АДж-13. Результаты представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Физико-химические показатели олигомерного антипирена

Показатели	Олигомерный антипирен
	АДж-13
Плотность, г/см <sup>3</sup> ГОСТ 15139-69	1,13
$\eta_{хв}$	0,58
Растворимость	Вода
Внешний вид и цвет	Олигомерное вещество медового цвета

При исследовании оптимального режима глубокой пропитки древесины изучены зависимость скорости пропитки и содержания сухого антипирена в древесине от давления в автоклаве, температуры раствора и времени выдержки древесины под давлением.

Результат исследования представлен на рисунке 1. По рисунку можно сделать вывод о том, что при повышении температуры раствора наблюдается незначительное увеличение привеса сухого олигомерного антипирена.

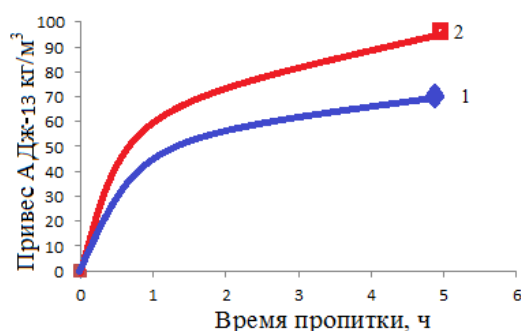


Рисунок 1 – Зависимость привеса сухого олигомерного антипирена марки АДж-13 от времени глубокой пропитки древесины в автоклаве при давлении 6 атм и температуре: 1 – 20 °C; 2 – 60 °C

При температуре раствора 20 °C, давлении в автоклаве 6 атм и времени пропитки 1,5 ч привес олигомерного антипирена составляет 55 кг/м<sup>3</sup>, а при

повышении температуры раствора до 60 °С происходит увеличение их привеса до 66 кг/м<sup>3</sup>. В то же время после 4–5 ч пропитки в автоклаве наблюдается увеличение сухого привеса олигомерного антипирена с 70 кг до 94 кг/м<sup>3</sup>.

На рисунке 2 приведены результаты огневых испытаний олигомерного антипирена для глубокой пропитки древесины по ГОСТ 16363-98 «Средства огнезащитные для древесины. Метод определения огнезащитных свойств».

Исследования зависимости потери массы от привеса сухого олигомерного антипирена в пропитанной древесине показали, что I группа огнезащитной эффективности (потеря массы менее 5,8–5,5 %) может быть получена уже при содержании сухого олигомера 19–20 кг/м<sup>3</sup>. При дальнейшем увеличении содержания сухого олигомерного антипирена от 50 до 100 кг/м<sup>3</sup> потеря массы изменяется соответственно от 5,0 до 3,5 %.

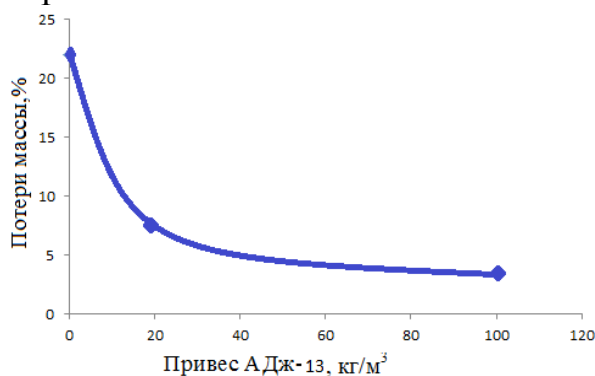


Рисунок 2 – Зависимость потери массы древесины, пропитанной огнезащитным составом АДЖ-13, методом глубокой пропитки

Литературные данные показали, что на сегодняшний день древесина – очень ценный строительный и декоративный отделочный материал.

В настоящее время ко всем строительным материалам, в том числе и к древесине, предъявляются высокие требования по пожарной безопасности. Поэтому проблемы повышения долговечности и снижения горючести древесных изделий являются актуальными и требуют незамедлительного решения.

Строительные материалы на основе полиолефинов являются горючими материалами и отличаются от других термостойких полимерных материалов низкой термостойкостью и повышенной огневой опасностью. Они относятся к легковоспламеняющимся материалам, разложение которых протекает без образования коксового остатка: кислородные индексы (КИ) равны соответственно: 17,4–18,2 %; 325–345 °С и 345–390 °С.

В данной работе исследовалась возможность использования АДЖ-13 в качестве олигомерного антипирена для полиэтилена высокого (ПЭВД) давления марки F-0220. Исследуемая огнезащитная композиция ПЭВД состоит из олигомерного антипирена АДЖ-13 и минеральных наполнителей,

в составе которых имеются гидроксиды металлов. Исследуемые олигомерные антипирены с ПЭВД и минеральными наполнителями хорошо смешиваются и дают возможность повысить огнестойкость.

Так как полиэтилен является горючим материалом, то разработанные материалы исследовались на воспламеняемость методом кислородного индекса. При введении в ПЭВД 12 масс. ч. олигомерного антипирена кислородный индекс возрастает с 18 до 25% об. Полиэтилен, содержащий олигомерный антипирен, снижает время самостоятельного горения более чем в 1,2 раза по сравнению с полиэтиленом без антипирена.

Все показатели горючести изменяются аддитивно содержанию олигомерного антипирена, являющегося негорючим материалом.

Метод определения кислородного индекса с полимерным материалом в виде пленок и листов толщиной не более 10,5 мм проводили по ГОСТу. Метод используется для сравнительной оценки горючести пластмасс в определенных контролируемых условиях и неприменим для оценки пожароопасных пластмасс. Его можно применять только как один из элементов оценки пожароопасной пластмассы.

Наполнители практически не снижают горючесть полиолефинов и не влияют на процесс массообмена при их горении. Кислородный индекс композиции полиэтилена марки F-0220 с модифицированным неорганическим наполнителем с фосфор-, серосодержащим олигомерным антипиреном в количестве 10–30 % составляет 20–25 % (табл. 2).

Таблица 2 – Зависимость КИ полиэтиленов от содержания модифицированных неорганических наполнителей и олигомерного антипирена в их молекулах

Наименование олигомерного антипирена	Концентрация олигомерного антипирена, масс, %	Кислородный индекс, %
-	0	18,0
АДж-13	10	20,4
	20	23,2
	30	25,4

### Заключение

Исследования огнезащитной эффективности проводились на деревянных элементах. Результаты исследования составов АДж-13 показали, что огнезащитный состав обеспечивает I группу огнезащитной эффективности. Исследования кислородного индекса композиции полиэтилена составляет КИ 20–25 %.

Таким образом, доказана эффективность использования для наполнения полиэтиленов композиционными неорганическими наполнителями с фосфор-, серосодержащими олигомерными антипиренами в качестве огнезащитных средств древесинных и полиолефиновых строительных материалов.

#### **Литература**

1. Каблов, В.Ф. Влияние волокнистых наполнителей на адгезионные и теплозащитные свойства эластомерных композиций / В.Ф. Каблов // Известия ВГТУ. – 2015. – № 7. – С. 178–181.
2. Нуркулов, Ф.Н. Фосфор-борсодержащие олигомерные антипирены для древесины и древесных композиционных материалов / Ф.Н. Нуркулов // V Международная конференция-школа по химии и физикохимии олигомеров: сб. тез. докл., Волгоград, 1–6 июня 2015 г. – Москва – Черноголовка – Волгоград, 2015. – С. 241.



**УДК 661.174**

**д-р техн. наук Файзулла Н.Н.,  
канд. техн. наук, доц. Икромжон И.С.**

*Институт пожарной безопасности МЧС РУз*

## **ИССЛЕДОВАНИЕ МОДИФИЦИРОВАННЫХ ЭПОКСИДНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ ПОНИЖЕННОЙ ОПАСНОСТИ**

Исследование композиции полимерных материалов с азотсодержащими олигомерными антипиренами, строение и состав синтезированного олигомерного антипирена изучены ИК-спектральным анализом. Изучены полученные композиции огнестойкого полимерного строительного материала по установленным методам.

**Doctor of the tech. sciences N.N.Fayzulla,  
Ph.D. \*(tech.) I.S.Ikromzhon**

*Institute of Fire Safety of the Ministry for Emergency Situations of the Republic of  
Uzbekistan*

## **RESEARCH OF OLIGOMER ANTYPYRENES BY USING LOCAL RAW MATERIAL RESOURCES AND PRODUCTION WASTE**

*Investigation of the composition of polymeric materials with phosphorus-, silicon- and nitrogen-containing oligomer flame retardants, the structure and composition of the synthesized oligomer flame retardant have been studied by IR spectral analysis. Expanded properties of the obtained composition of fire-resistant polymeric building material were studied by the established methods.*

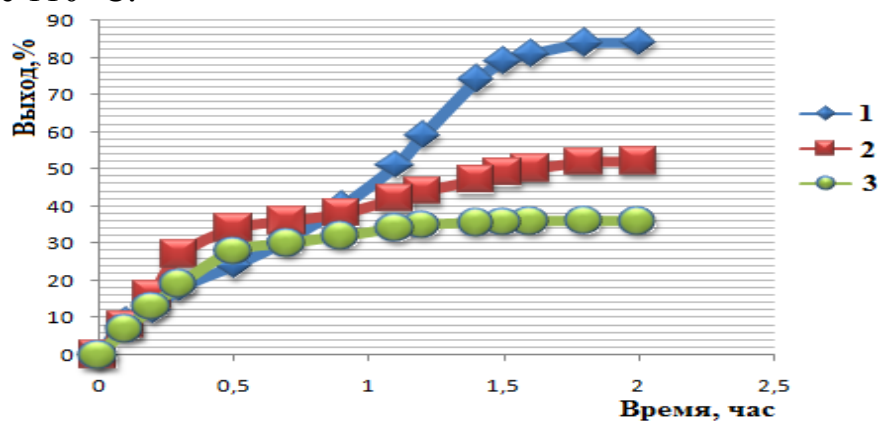
Основным классификатором пожарной опасности строительных материалов является горючесть. Кроме того, не менее важными свойствами строительных материалов являются воспламеняемость, скорость распространения пламени на поверхности, а также токсичность и уровень задымления при горении [1].

Наполнители широко используют для получения ПКМ с заданными эксплуатационными характеристиками и снижения их стоимости [2]. Влияние наполнителей на кинетику отверждения эпоксидной смолы марки ЭД-20 детально рассмотрено в работе. В настоящее время все чаще применяются наполнители широкого спектра действия: улучшающие физико-механические характеристики, тепло- и светопроводность, технологические и эксплуатационные свойства и в то же время снижающие пожарную опасность композиций [3].

Таким образом, наиболее реальным и эффективным методом снижения горючести композиционных материалов на основе эпоксидных олигомеров является использование для их производства бромсодержащих эпоксидных

смола. Учитывая, что производство эпоксидных смол представляется целесообразным использовать в качестве антипиренов броморганические соединения, а в качестве синергистов и дымоподавителей – ферроцен и его производные.

Был изучен синтез новых аминных олигомерных антипиренов марки МЦДЭ и оптимальные режимы получения олигомеров, такие как температура, соотношение исходных компонентов, а также их ИК-спектры. На рисунке 1 показана зависимость выхода эпоксидного олигомера от температуры при соотношении мочевины: циануровая кислота : диэтиламин : эпихлоргидрин = 1-1:1:2:2; 2-1:1:1:1; 3-2:2:1:1 в течение 2,5 часов при температуре 110 °С.



1-1:1:2:2; 2-1:1:1:1; 3-2:2:1:1

Рисунок 1 – Зависимость выхода эпоксидного связующего от температуры при соотношении мочевины, циануровой кислоты, диэтиламина и эпихлоргидрина

Синтез металлосодержащего эпоксидного олигомера при температуре 110 °С в течение 2,5 часов проводили с различными катализаторами. Изучали производительность реакции. Высокоэффективным получился выход реакции при использовании в качестве катализатора ионной жидкости (рис. 2).

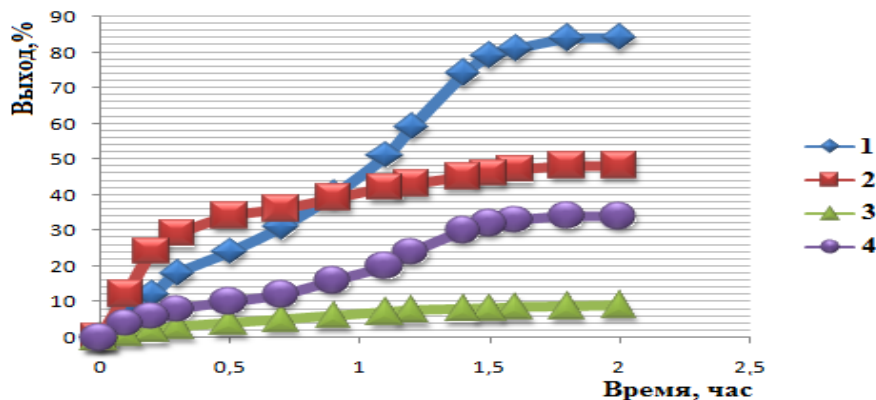




Рисунок 2 – Влияние катализатора на производительность реакции при 110 °С: 1 – ионная жидкость; 2 – катализатор K1; 3 – алюминий хлорид; 4 – оксид алюминия

Физико-химические свойства синтезированного олигомера на основе мочевины, циануровой кислоты, диэтиламина и эпихлоргидрина показаны в таблице 1.

Таблица 1 – Физико-химические характеристики олигомера МЦДЭ

Название олигомеров	Соотнош. (моль)	Выход, %	Агрегатное состояние	pH	Вязкость, $\eta_{\text{хв}}$	Плотность, г/см <sup>3</sup>	Растворимость
МЦДЭ	1:1:2:2	84	Вязкое вещество бесцветного цвета	7	0,067	1,11	Растворяется в воде
	1:1:1:1	48			0,063	1,14	
	2:2:1:1	36			0,064	1,12	

На ИК-спектре видно, что полосы металлосоодержащего олигомера соответствуют полосам поглощения, соответствующие валентным колебаниям связей в областях 2850 см<sup>-1</sup>, имеются полосы поглощения, подтверждающие наличие -CH<sub>2</sub>- групп, и полосы поглощения в области 1340 см<sup>-1</sup>, соответствующие углерод- и водородсодержащим группам.

ИК-спектр содержит полосы поглощения в области 1650 см<sup>-1</sup>, подтверждающие наличие в свободном состоянии -CONH<sub>2</sub> групп и полосы поглощения в области 3300–3440 см<sup>-1</sup>, соответствующие вторичным -CONHR группам. ИК-спектр содержит полосы поглощения в области 3000–3300 см<sup>-1</sup>, соответствующие эпоксидному кольцу, и полосы поглощения в области 750–950 см<sup>-1</sup>, асимметричные валентным колебаниям кольца. Полосы поглощения в областях 800 и 1600 см<sup>-1</sup>, подтверждают наличие -NH<sub>2</sub> групп. Наличие групп, содержащих фосфор P=O и P–O–C в области 1000–1250 см<sup>-1</sup>, подтверждает широкая интенсивная полоса. Полосы поглощения в областях 800–600 см<sup>-1</sup>, подтверждающие наличие углерод- и серосодержащие (-C-S) группы и полосы поглощения в области 500–550 см<sup>-1</sup>, соответствующие -S-S- группам. Кроме того, на ИК-спектре в областях 800 см<sup>-1</sup> и 1460 см<sup>-1</sup> появляются узкие малоинтенсивные полосы, содержащие связи магния (рис. 3).

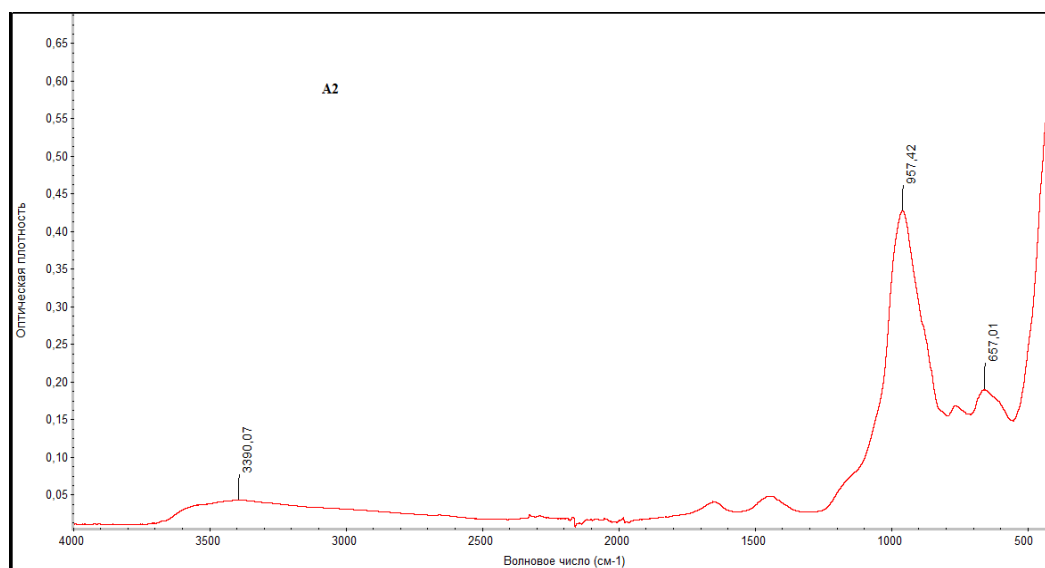


Рисунок 3 – ИК-спектр серосодержащего эпоксидного олигомера на основе мочевины, циануровой кислоты, диэтиламина и эпихлоргидрина

Определение влияния содержания и химической природы исходных компонентов на термостойкость и основные показатели пожарной опасности эпоксидных ПКМ позволит целенаправленно регулировать воспламеняемость, горючесть и дымообразующую способность таких материалов. Важное значение при разработке слабо горючих эпоксидных композитов, используемых для усиления бетонных и железобетонных конструкций, приобретает знание закономерностей высокотемпературного пиролиза и горения эпоксидных полимеров. Наличие в диановых смолах эпоксидных (1–24 %) и гидроксильных (0,2–10 %) функциональных групп позволяет отверждать их различными классами органических, неорганических и элементоорганических соединений [3]. Широкое применение для отверждения эпоксидных композитов, используемых в строительной индустрии, получили аминные отвердители.

В результате проведенных экспериментальных исследований установлено, что химическая природа исследованных аминных отвердителей мало влияет на горючесть и дымообразующую способность пластифицированных эпоксидных полимеров, наполненных андезитовой мукой (таблица 2).

Термическое разложение эпоксидного олигомера является ярко выраженным двухстадийным процессом. Пиролиз начинается при температуре выше 230 °С и протекает с расщеплением органического звена.

Таблица 2 – Воспламеняемость и дымообразующая способность эпоксидных композитов

Марка отвердителя	Показатели	
	Кислородный индекс, %	Коэффициент дымообразования, м <sup>2</sup> /кг, в режиме

		пиролиза	пламенного горения
Полиэтиленполиамин	22,1	640	520
Диизоцианат	22,9	580	510
Триэтилентетраамин	22,8	670	470
Малеин ангидрид	22,5	630	440

Интенсивное выделение летучих продуктов пиролиза эпоксидного полимера на основе олигомеров СЭД-1 при нагревании на воздухе со скоростью 20 град/мин происходит при температуре выше 260 °С. На термограмме связующего можно выделить две стадии термоокислительной деструкции эпоксидного полимера, различающиеся по механизму и кинетическим параметрам процесса. На первой стадии (260...400 °С) потеря массы оставляет 40 %, а максимум тепловыделения и скорости разложения (14,7 %/мин) соответствует температуре 289 °С.

Таким образом, применение различных видов минеральных наполнителей, пластификаторов и отверждающих агентов не позволяет получить слабогорючие эпоксидные композиты. Снижение горючести таких композитов может быть достигнуто только за счет применения броморганических антипиренов.

### Литература

1. Копытин, А.В. Модифицированные эпоксидные композиционные материалы пониженной опасности. Специальность: 05.23.05-Строительные материалы и изделия. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. Москва-2017. С.199.
2. Серцова, А.А. Наночастицы соединений металлов – замедлители горения для полимерных композиционных материалов / А.А. Серцова, С.И. Маракулин, Е.В. Юртов // Российский химический журнал. – 2015. – ТомLIX. – № 3. – С. 78–85.
3. Одностадийный синтез фосфазенсодержащих эпоксидных олигомеров / И.С. Сиротин [и др.] // Высокомолекулярные соединения. – 2014. – Серия Б. – Том 56. – № 4. – С. 423–428.



**УДК 614.841.33**

**канд. техн. наук, доц. Коробкин В.Ф.,**

**канд. техн. наук Коваленко В.В., Ковалишин Б.М.**

*Украинский научно-исследовательский институт гражданской защиты  
Государственной службы по чрезвычайным ситуациям Украины, г. Киев*

## **ТРЕБОВАНИЯ И МЕТОДЫ ИСПЫТАНИЙ КРОВЛЕЙ И КРОВЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ПОЖАРНУЮ ОПАСНОСТЬ: АНАЛИЗ И ЕВРОПЕЙСКИЕ ПОДХОДЫ**

Приведена статистика пожаров в Украине, где местами возникновения пожаров определена кровля. Осуществлен анализ научных статей и нормативных документов, касающихся требований пожарной безопасности кровель и кровельных материалов, а также методов испытаний на пожарную опасность. Предоставлен анализ нормативных документов, регламентирующих показатели пожарной опасности кровель и кровельных материалов стран Европейского союза, Англии и США. Указано на необходимость установления в Украине требований к кровле как к конструкции и внедрения метода расширенного применения результатов испытаний кровель и кровельных материалов на пожарную опасность.

*Ключевые слова:* кровля, кровельные материалы, испытания, показатели пожарной опасности, стандарт, строительные нормы, метод расширенного применения, пожарно-техническая классификация

**Ph.D. (tech.) V.F. Korobkin,**

**Ph.D. (tech.) V. Kovalenko, B. Kovalyshyn**

*The Ukrainian Civil Protection Research Institute the State Emergency Service of  
Ukraine, Kyiv*

## **REQUIREMENTS AND METHODS OF TESTING OF ROOFS AND ROOF COVERINGS TO FIRE HAZARD: ANALYSIS AND EUROPEAN APPROACHES**

The statistics of fires in Ukraine are given, where the roof is determined by the places of fires. The analysis of scientific articles and regulatory documents regarding the fire safety requirements of roofs and roof coverings, as well as test methods to fire hazard is carried out. The analysis of regulatory documents governing indicators of fire hazard of roofs and roof coverings of the European Union countries, England and the United States of America is provided. The necessity of establishing roof requirements in Ukraine as a design and the introduction method of expanded application of test results of roofs and roof coverings to fire hazard is indicated.

*Key words:* roofs, roof coverings, tests, indicators of fire hazard, standard, construction codes, method of extended application, fire-technical classification

Во время пожара свойства кровельных материалов, используемых в строительстве, могут значительно повлиять на образование опасных факторов пожара, способствовать развитию пожара и быть решающим фактором, что приводит к гибели людей и значительному материальному ущербу.

Статистика пожаров в Украине свидетельствует, что за последние 5 лет кровля и чердак являются «постоянными» местами возникновения пожаров (7,3 % от общего количества пожаров в 2018 году). Количество возгораний кровель растет и за период с 2014 по 2018 годы увеличилось с 5433 до 5745 пожаров (увеличение на 6 %). Ежегодно в среднем количество погибших составило 81 человек и травмированных 75. Прямой ущерб от пожаров в таких местах только в 2018 году составил 309 766 тыс. грн.

Следовательно, определение пожароопасных свойств кровельных материалов, а именно устойчивости кровли (кровельного материала и основания) к внешнему огневому воздействию, занимает особое место в обеспечении пожарной безопасности зданий. Поэтому методы испытаний для определения распространения пламени по поверхности, проникновение огня через кровлю для всех видов кровель должны совершенствоваться и в первую очередь должно быть дальнейшее развитие нормативной базы по их применению.

Совершенствование национальной нормативной базы, регламентирующей требования пожарной безопасности к строительным конструкциям, изделиям и материалам, создание предпосылок для повышения уровня их пожарной безопасности сегодня базируется на внедрении в Украине европейской пожарной классификации строительных изделий и строительных конструкций, установленной в серии европейских стандартов. Поэтому одним из направлений проведения научных исследований в рамках выполнения мероприятий по обеспечению пожарной безопасности, а также гармонизации национальной нормативной базы с международными и европейскими нормативными документами является совершенствование нормативной базы по оценке соответствия кровель и кровельных материалов требованиям пожарной безопасности. Направленность этой работы на повышение уровня пожарной безопасности объектов строительства подтверждает ее актуальность.

Исследуемая тематика рассматривалась в нескольких публикациях и работах. Так, Згуря В.И., Остапчук А.П. в своей работе проанализировали методы испытаний кровельных материалов на пожарную опасность, выработали предложения по разработке в Украине нормативного документа, регламентирующего метод таких испытаний с учетом основных положений соответствующих международных и европейских стандартов [1].

Группой авторов в исследовании разработаны научно обоснованные требования к методам испытаний кровельных материалов на пожарную опасность [2]. Нижник В.В., Сизиков А.А. проанализировали европейские (международные) нормативные документы, в которых регламентированы требования пожарной классификации и методов испытания по определению показателей пожарной опасности строительных изделий и материалов. Обосновали необходимость адаптации национальной пожарно-технической классификации строительных материалов к европейской пожарной классификации [3].

Гравит М.В., Недришкин А.В. и другие раскрыли пожарно-технические характеристики строительных материалов в европейских и российских нормативных документах и определили проблемы гармонизации методов исследования и классификации [4]. Харченко И.О. и Довбыш А.В. отмечали целесообразность единого подхода к определению пожарной опасности кровельных материалов [5].

*Анализ нормативных документов, действующих в Украине, регламентирующие требования пожарной безопасности к кровлям и кровельным материалам.* В настоящее время в Украине требования безопасности к кровельным материалам изложены в [6, 7]. В соответствии с требованиями [6, 7] для кровельных и гидроизоляционных рулонных материалов и мастик на каждый конкретный вид материала должны определяться три показателя пожарной опасности: группа горючести [8], группа распространения пламени [9], группа воспламеняемости [10].

В [11] установлено общее требование для веществ, материалов и изделий: запрет их применения без установленных характеристик пожарной опасности, а также инструкций по безопасному выполнению работ.

Согласно [12] установлены общие требования, которые следует учитывать при проектировании покрытия объекта, а также определено, что минимальные классы огнестойкости элементов покрытия и минимальные пределы распространения огня по ним должны соответствовать степени огнестойкости здания, на котором они устраиваются.

В [13] установлено, что при проектировании зданий, проектируемых или строящихся по строительным нормам, которые разработаны на основе национальных технологических традиций, к показателям пожарной безопасности строительных материалов относится способность к распространению пламени по поверхности. Требованиями [13] установлены пути достижения ограничения распространения пожара между зданиями, а именно: снижение пожарной опасности строительных материалов, используемых в наружных ограждающих конструкциях, в том числе облицовкой, отделкой, отделкой фасадов зданий, а также в покрытиях. При разделе дома на противопожарные отсеки установлены требования

к показателям пожарной опасности кровель и кровельных материалов. Также установлены требования к поверхностному слою участка кровли, по которой предполагается эвакуация людей.

Согласно национальной пожарной классификации строительных материалов (приложение А [13]) горючие строительные материалы по распространению пламени по поверхности подразделяются на четыре группы: РП1 (не распространяющие), РП2 (локально распространяющие), РП3 (умеренно распространяющие), РП4 (значительно распространяющие). Группы строительных материалов по распространению пламени по поверхности определяют для поверхностных слоев конструкций кровель и устанавливают по результатам испытания в соответствии со стандартом [9].

*В Украине применяются три метода испытаний кровельных материалов на пожарную опасность.*

Метод испытаний по определению группы горючести горючих строительных материалов регламентируется стандартом В.2.7-19-95 (ГОСТ 30244-94) [8]. По результатам испытаний горючие (Г) строительные материалы в зависимости от значений параметров горючести материала разделяют на четыре группы горючести: Г1, Г2, Г3, Г4. Если по различным параметрам материал должен быть отнесен к разным группам горючести, то его относят к более опасным. Испытания осуществляют исключительно для внешнего слоя кровли, может состоять из многих слоев, не учитывается угол наклона кровли, наличие различных уплотнений и окон.

Метод испытаний по определению группы распространения пламени регламентируется стандартом В.2.7-70-98 (ГОСТ 30444-97) [9]. По результатам испытаний материалы в зависимости от значения КПГТП (критической поверхностной плотности теплового потока) подразделяют на четыре группы распространения пламени: РП1, РП2, РП3, РП4. Испытания осуществляют исключительно внешнего слоя кровли, который может состоять из нескольких слоев, не учитывается угол наклона кровли, наличие различных уплотнений и окон.

Метод испытаний по определению группы воспламеняемости согласно стандарту Б В.1.1-2-97 (ГОСТ 30402-96) [10]. По результатам испытаний кровли в зависимости от значения КПГТП разделяют на три группы воспламеняемости: В1, В2, В3. Испытания осуществляют исключительно для внешнего слоя кровли, который может состоять из нескольких слоев, при этом не учитывается угол наклона кровли, наличие различных уплотнений и окон, влияние ветра.

Кроме указанных выше методов, в Украине внедрены европейские методы испытаний кровель внешним огневым воздействием [14] и европейская пожарная классификация кровель [15]. Следует отметить, что в национальной нормативной базе не установлены требования к кровлям как

к конструкциям и соответствующих методов испытаний на пожарную опасность.

*Анализ требований и методов испытаний по определению показателей пожарной опасности кровель и кровельных материалов стран Европейского союза, Англии и США.* В странах ЕС классификация кровель установлена в [16]. Этот стандарт предусматривает процедуры классификации и проведения огневых испытаний для кровель (кровельных материалов), подвергнутых внешнему огневому воздействию, основанные на четырех методах испытаний, приведенных в CEN / TS 1187 [17], и соответствующих процедурах расширенного применения. Определено, что для классификации кровель (кровельных материалов) необходимо применять только методы испытаний и процедуры расширенного применения, для которых предусмотрена соответствующая классификация. Изделия рассматриваются для их конечной сферы применения.

Стандарт [17] устанавливает четыре метода испытаний для определения устойчивости кровли (кровельного материала и основания) от внешнего огневого воздействия:

испытание с использованием источника огневого воздействия;

испытание с использованием источника огневого воздействия и воздушного потока;

испытание с использованием источника огневого воздействия, воздушного потока и дополнительного теплового излучения;

двухстадийный метод испытания с использованием источника огневого воздействия, воздушного потока и дополнительного теплового излучения.

Указанные методы испытаний позволяют определить распространение пламени по поверхности и в каждом слое кровли вместе с основанием, проникновение огня через кровлю, а также образование капель или частей горящих и падающих, или с нижней стороны кровли, или с поверхности кровли, которая подвергается огневому воздействию. Испытания по данным методами могут проводиться в любой последовательности. Каждый метод является самостоятельным. Методы не являются взаимозаменяемыми. Отметим, что результаты испытаний кровель, согласно [17], относятся к результатам (правилам) прямого применения.

Стандарт [18] дает рекомендации для расширенных сфер применения с использованием результатов испытаний, полученных по испытаниям CEN / TS 1187 [17] и включенных в отчеты об испытаниях и другой соответствующей информации для оценки и классификации характеристик кровли/кровельных материалов.

В Англии строительные нормы [19] относительно пожарной безопасности устанавливают основные требования для обеспечения пожарной безопасности жилых домов, в том числе требования к кровлям и



кровельным материалам в различных видах их применения. Конструкции кровель классифицируют в рамках национальной системы двумя буквами в диапазоне от AA до DD. Первая буква указывает время на проникновение; вторая – меру распространения пламени. Одновременно конструкции классифицируют в рамках европейской системы как BROOF (t4), CROOF (t4), DROOF (t4), EROOF (t4) либо FROOF (t4) в соответствии с [20].

Следует отметить, что в документе [19] установлены требования к кровлям и кровельным материалам как к строительным материалам в соответствии с национальной классификацией и одновременно установлена классификация, приведенная в [16], причем национальная классификация является доминирующей.

Национальный стандарт США испытаний на огнестойкость [21] охватывает измерение относительных характеристик пожара кровельных покрытий, подвергающихся воздействию искусственных источников огня, происходящих за пределами здания. Это применимо к кровельным покрытиям, предназначенным для установки на горючих или негорючих настилах крыши, если они применяются по назначению.

Следует отметить, что государственными строительными нормами и нормативными документами Украины относительно определения показателей пожарной опасности для кровель как конструкций не предусмотрено методов испытаний. Существующим документом [15], который принят в Украине методом подтверждения, сфера расширенного применения результатов испытаний, определена. Вместе с тем сегодня не установлен процесс разработки расширенных сфер применения с использованием результатов испытаний, полученных по испытаниям CEN / TS 1187 [17]. Также не регламентирована методология по рассмотрению возможного влияния на классификацию согласно ДСТУ EN 13501-5 [15], одноразовых или многократных изменений отдельных параметров строительных изделий и параметров конечного использования кровель и кровельных материалов. В этой методологии должно быть уделено внимание кровлям, которые, как правило, состоят из опорной плиты/подкладки, пароизоляции, изоляционного слоя, мембран, а также других разделительных или промежуточных слоев, необходимых для удовлетворения других характеристик кровли.

Выводы. Исходя из вышеприведенного установлено, что в странах ЕС к кровлям и кровельным материалам установлены требования по пожарной безопасности как к кровельным материалам, так и к кровлям в составе конструкций. В Украине требования по пожарной безопасности к кровлям приняты в государственных строительных нормах как к строительному материалу.

В целях гармонизации европейских подходов в сфере обеспечения пожарной безопасности кровель и кровельных материалов в Украине необходима разработка требований к кровлям как к конструкциям и внесение соответствующих изменений в государственные строительные нормы в части пожарной классификации кровель, а также внедрение метода расширенного применения результатов испытаний кровель на пожарную опасность.

### Литература

1. Згуря, В.І. Сучасні методи випробувань покрівельних матеріалів на пожежну небезпеку / В.І. Згуря, А.П. Остапчук // Науковий вісник УкрНДІПБ. – 2003. – № 1 (7).
2. Провести дослідження та науково обґрунтувати методи випробувань покрівельних матеріалів на пожежну небезпеку (шифр роботи «Пожежна небезпека покрівельних матеріалів»: звіт про НДР (заключний) УкрНДІЦЗ ДСНС України; Шеверев Є.Ю., Добростан О.В., Поворознюк Н.А., Коваленко В.В. Київ. 2015. 244 с. № ДР 0114U003771.
3. Аналітичні дослідження вимог європейських (міжнародних) нормативних документів щодо пожежної класифікації будівельних матеріалів / Ніжник В.В. [та др.] // Науковий вісник УкрНДІПБ. – 2014. – № 1 (29). – С. 44–49.
4. Пожарно-технические характеристики строительных материалов в европейских и российских нормативных документах. Проблемы гармонизации методов исследования и классификации / М.В. Гравит [и др.] // Пожаровзрывобезопасность. – 2016. – № 10, том 25.
5. Харченко, І. Пожежна небезпека покрівельних матеріалів / І. Харченко, А. Довбиш // Будмайстер. – 2002. – № 6. – С. 38–40.
6. ДСТУ Б В.2.7-101-2000 (ГОСТ 30547-97) Будівельні матеріали. Матеріали рулонні покрівельні та гідроізоляційні. Загальні технічні умови. – Чинний від 01.07.2000. – Київ: Державний комітет будівництва, архітектури та житлової політики України. 2000. – 23 с.
7. ДСТУ Б В.2.7-108-2001 (ГОСТ 30693-2000) Будівельні матеріали. Мастики покрівельні та гідроізоляційні. Загальні технічні умови. – Чинний від 01.01.2002. – Київ: Державний комітет будівництва, архітектури та житлової політики України. 2000. – 15 с.
8. ДСТУ Б В.2.7-19-95 (ГОСТ 30244-94) Матеріали будівельні. Методи випробувань на горючість. – Чинний від 01.01.1996. – Київ: Державний комітет України у справах містобудування і архітектури. 2000. – 33 с.
9. ДСТУ Б В.2.7-70-98 (ГОСТ 30444-97) Матеріали будівельні. Метод випробування на поширення полум'я. – Чинний від 01.01.1999. – Київ: Державний комітет України у справах містобудування і архітектури. 1998. – 5 с.

10. ДСТУ Б В.1.1-2-97 (ГОСТ 30402-96) Матеріали будівельні. Метод випробування на займистість. – Чинний від 01.01.1998. – Київ: Державний комітет України у справах містобудування і архітектури. 1996. – 15 с.
11. Про затвердження Правил пожежної безпеки в Україні: наказ МВС України від 30.12.2014 № 1417. Офіційний вісник України від 10.04.2015 – 2015 р., № 26.
12. ДБН В.2.6-220:2017. Покриття будівель і споруд. – Чинний від 01.01.2018. – Київ: Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2017. – 43 с.
13. ДБН В.1.1-7:2016 Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги. – Чинний від 01.06.2017. – Київ: Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2016. – 39 с.
14. ДСТУ CEN/TS 1187:2016 Методи випробувань покрівель зовнішнім вогневим впливом (CEN/TS 1187:2012, IDT). – Чинний від 01.09.2016. – Київ: Підтверджувальне повідомлення ДП «УкрНДНЦ», наказ № 236 від 11.08.2016.
15. ДСТУ EN 13501-5:2016 (EN 13501-5:2005 + A1:2009, IDT) Пожежна класифікація будівельних виробів і будівельних конструкцій. Частина 5. Класифікація за результатами випробувань стійкості покрівель до зовнішнього вогневого впливу – Чинний від 01.09.2016. – Київ: Підтверджувальне повідомлення ДП «УкрНДНЦ», наказ № 236 від 11.08.2016.
16. EN 13501-5:2005+A1:2009 Fire classification of construction products and building elements – Part 5: Classification using data from external fire exposure to roofs tests (Пожарная классификация строительных изделий и строительных конструкций. Часть 5. Классификация по результатам испытаний устойчивости кровель к внешнему огневому воздействию). URL: <https://standards.cen.eu/dyn/www/f?p=204:105:0> (дата обращения: 21.06.2019).
17. CEN/TS 1187:2012 Test methods for external fire exposure to roofs. (Методы испытаний кровель внешним огнем воздействием). URL: <https://standards.cen.eu/dyn/www/f?p=204:105:0>: (дата обращения: 21.06.2019).
18. CEN/TS 16459:2013 External fire exposure of roofs and roof coverings – Extended application of test results from CEN/TS 1187 (Внешнее воздействие огня на кровли и кровельные покрытия. Расширенное применение результатов испытаний. CEN/TS 1187). URL: <https://standards.globalspec.com/std/1650621/cen-ts-16459>(дата обращения: 18.06.2019).
19. The Building Regulations Document B «Fire Safety» Volume 1 «Dwellinghouses» (Строительные нормы Документ В «Пожарная безопасность» Том 1 «Житлові будинки») URL:

[https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment\\_data/file/806690/Approved\\_Document\\_B\\_\\_fire\\_safety\\_\\_volume\\_1\\_dwellinghouses.pdf](https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/806690/Approved_Document_B__fire_safety__volume_1_dwellinghouses.pdf) (дата обращения: 18.06.2019).

20. BS EN 13501-5:2005 Fire classification of construction products and building elements. Classification using data from external fire exposure to roofs tests (Пожарная классификация строительных изделий и строительных конструкций. Часть 5. Классификация по результатам испытаний устойчивости кровель к внешнему огневому воздействию).

21. ASTM E108 – 17 Standard Test Methods for Fire Tests of Roof Coverings (Стандартные методы испытаний на огнестойкость кровельных покрытий). URL: <http://www.standards.ru/document/6419405.aspx> (дата обращения: 11.05.2019).



**УДК [536.21:624.012.45]: 001.891.5**

**канд. техн. наук Кудряшов В.А.,**

**Ботян С.С.,**

**канд. техн. наук, доц. Жамойдик С.М.**

*Государственное учреждение образования «Университет гражданской защиты Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь», г. Минск*

## **ТЕПЛОПРОВОДНОСТЬ ЦЕМЕНТНЫХ АРМИРОВАННЫХ ПЛИТ НА ОСНОВЕ ДАННЫХ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ЧИСЛЕННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ**

Разработана методика и проведены экспериментальные исследования динамики прогрева модельных образцов цементных армированных плит толщиной 12,5 мм. Получены зависимости изменения температуры от времени на обогреваемой и необогреваемой поверхности материала образцов при стационарном тепловом режиме в диапазоне температур от 20 до 1200 °С. Разработана расчетная модель и решена обратная задача теплопроводности с оценкой эффективных коэффициентов теплопроводности рассматриваемых образцов в диапазоне температур от 20 до 1200 °С.

*Ключевые слова:* огнестойкость; теплофизические характеристики, коэффициент теплопроводности, экспериментальные исследования, обратная задача теплопроводности, стандартный температурный режим.

**Ph.D. (tech.) V. Kudryashov,**

**S. Batyan,**

**Ph.D. (tech.) S. Zhamoydik**

*The state educational establishment «University of Civil Protection of the Ministry of Emergency Situations of Belarus», Minsk*

## **CEMENT BOARDS THERMAL CONDUCTIVITY BASED ON EXPERIMENTAL RESEARCH AND NUMERICAL SIMULATION DATA**

The technique was developed and experimental studies of the heating dynamics for 12.5 mm cement board panel model samples were carried out. The temperature-time relation for the heated and unheated surfaces were obtained under stationary thermal conditions in the temperature range from 20 to 1200 °С. A calculation model has been developed and the inverse problem of thermal conductivity has been solved. As a result, the effective thermal conductivity coefficients in the temperature range from 20 to 1200 °С were estimated.

*Key words:* fire resistance; thermal properties, thermal conductivity coefficient, experimental data, inverse heat conduction problem, standard temperature-time curve.

В настоящее время одной из наиболее актуальных проблем при оценке огнестойкости современных комбинированных строительных конструкций (с применением теплоизолирующих и огнезащитных материалов – пористых, минераловатных, вспучивающихся, дегидратирующих и пр.) расчетными способами (решение теплотехнической задачи прогрева конструкций) является определение точных и достоверных теплофизических характеристик при повышенных температурах в условиях пожара.

При определении теплофизических характеристик строительных материалов наиболее распространенным методом является проведение испытаний в соответствии с [1–7] в условиях стационарного и нестационарного теплового режима. Нестационарные методы основаны на исследовании меняющихся во времени по определенному закону температурных полей. Они более сложны в реализации в отличие от стационарных методов, основанных на исследовании неизменных во времени температурных полей. Однако при оценке огнестойкости строительных конструкций применяют именно нестационарный тепловой режим, соответствующий стандартной кривой пожара ГОСТ 30247.0 [8], что следует учитывать при определении теплофизических характеристик.

Большинство используемых методов определения теплофизических свойств строительных материалов в условиях стационарного и нестационарного теплового поля ограничено диапазоном температур и полученные теплофизические характеристики применяются в основном для оценки тепловых потерь (в окружающую среду из зданий) при теплопередаче через ограждающие строительные конструкции зданий. Такие диапазоны лишь частично соответствуют температурам стандартной кривой пожара ГОСТ 30247.0-94. Применение теплофизических характеристик для более высоких температур чревато серьезными погрешностями в решении теплотехнической задачи огнестойкости.

Одним из наиболее современных методов по определению теплофизических характеристик материалов является метод лазерной вспышки (лазерного импульса). Метод относится к группе нестационарных в диапазоне температур  $-125$  до  $2800$  °C, позволяющий определить теплопроводность от  $0,1$  до  $2000$  Вт/(м·К). Сущность метода – поглощение короткого импульса лучистой энергии в тонком слое фронтальной поверхности плоского испытуемого образца, вызванное возмущение температуры регистрируется на тыльной поверхности образца. Полученные данные позволяют оценить одновременно коэффициент температуропроводности (термической диффузии), теплоемкость и теплопроводность образца.

Метод лазерной вспышки соответствует требуемому температурному диапазону для оценки огнестойкости. Однако для их использования также

необходимо специализированное оборудование. Кроме того, метод лазерной вспышки позволяет оценить теплофизические характеристики для сравнительно небольших образцов – от 0,1 до 6,0 мм. Предварительные испытания по указанному методу показали, что он не позволяет определить теплофизические характеристики многослойных либо пористых материалов.

По нашему мнению, актуальным также является направление исследований, в которых теплофизические характеристики образцов для оценки огнестойкости будут определяться на наиболее распространенном оборудовании, позволяющем создавать температуры, соответствующие температуре пожаров, – в камерных электропечах. В таких установках достаточно легко можно воссоздать режим нагрева стандартной кривой пожара по ГОСТ 30247 [8]. Однако это вынуждает проводить оценку теплофизических характеристик в условиях резко нестационарного теплового процесса. Такая постановка задачи, с одной стороны, минимизирует возможные отклонения от реальных условий пожара, но, с другой стороны, требует использования сложных алгоритмов решения задач теплопроводности, что требует в конечном итоге применения программных систем конечно-элементного анализа. Указанный подход был принят в настоящих исследованиях в качестве основного.

Для оценки эффективного коэффициента теплопроводности при повышенных температурах в условиях пожара разработан итерационный алгоритм, включающий:

- разработку методики и проведение серии экспериментальных исследований по прогреву материалов в стационарном тепловом режиме при температурах 275 °С, 550 °С, 770 °С, 1150 °С;

- построение расчетной модели прогрева образца в системе конечно-элементного анализа с последующим решением тепловой задачи в установившемся тепловом поле на основе решения уравнения стационарной теплопроводности и оценкой эффективного коэффициента теплопроводности.

### **Методика и результаты экспериментальных исследований**

В качестве лабораторного оборудования для определения эффективных теплофизических свойств строительных материалов при резко нестационарных режимах нагрева в условиях пожара используется муфельная электропечь ЭКПС-10/1300, позволяющая создавать тепловой режим в зависимости от необходимых данных в диапазоне температур от 20 до 1300 °С. Рабочая камера электропечи выполнена из мулитокремнеземистого огнеупорного материала, внутри рабочей камеры расположены нагревательные элементы спирального типа из еврофехрали. Для исключения зазоров и неплотностей между исследуемым образцом и

дверцей печи дополнительно установлен слой огнеупорного рулонного волокна.

В качестве исследуемых образцов приняты образцы цементной армированной плиты размерами 150×100 мм (размер образца обусловлен геометрическими размерами камерной электропечи), толщиной 12,5 мм. При проведении экспериментальных исследований регистрировались температуры в камере печи, обогреваемой и необогреваемой поверхности материала. Эксперимент прекращался при установившейся температуре на необогреваемой поверхности образца в течение 10 минут. Перед проведением экспериментальных исследований, а также после их проведения определяли массу каждого исследуемого образца.

На графике (рисунок 1) представлены результаты экспериментальных исследований по прогреву цементной плиты в условиях стационарного теплового режима величиной 275 °C; 550 °C; 770 °C; 1150 °C.

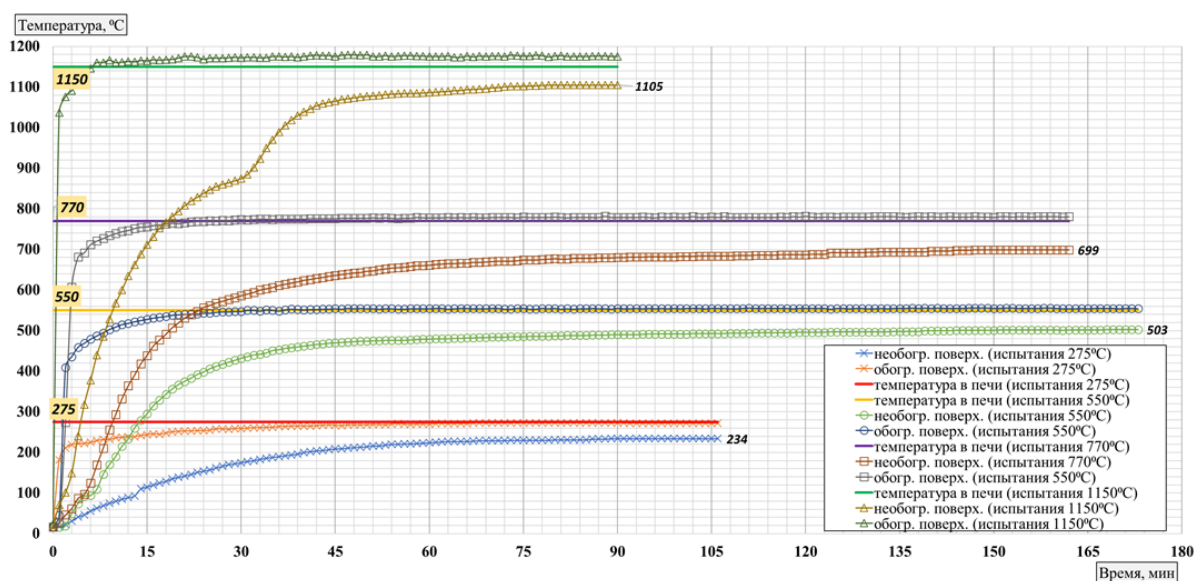


Рисунок 1 – Результаты экспериментальных исследований по прогреву цементной плиты в условиях стационарного теплового режима величиной 275 °C; 550 °C; 770 °C; 1150 °C

При проведении исследований в условиях стационарного теплового режима величиной 275 °C на обогреваемой поверхности образца температура достигла величины теплового поля в печи через 30 минут, при этом при испытаниях с величиной теплового режима 550 °C; 770 °C – через 15 минут, при величине теплового потока 1150 °C – через 7 минут (рисунок 1).

Динамика температуры на необогреваемой поверхности образцов при испытаниях с величиной теплового режима 275 °C, 550 °C; 770 °C характеризуется плавным ростом, за исключением скачка в диапазоне



температур от 90 до 120 °С, что связано с испарением структурно-связанной воды в материале (рисунок 1). Рост температуры на необогреваемой поверхности образцов при испытаниях с величиной теплового режима 1150 °С характеризуется резким перегибом после 880 °С (рисунок 1), который объясняется процессами диссоциации углекислого кальция ( $\text{CaO}$ ) в известняке ( $\text{CaO}_3$ ), входящего в состав материала.

Указанные эндотермические эффекты установлены в результате проведения дифференциально-термического анализа материала, указанного в [9]. В результате протекания физико-химических превращений материала под воздействием высокой температуры образуются трещины (каверны) (рисунок 2) с потерей целостности материала, что вызывает повышение его прогрева.

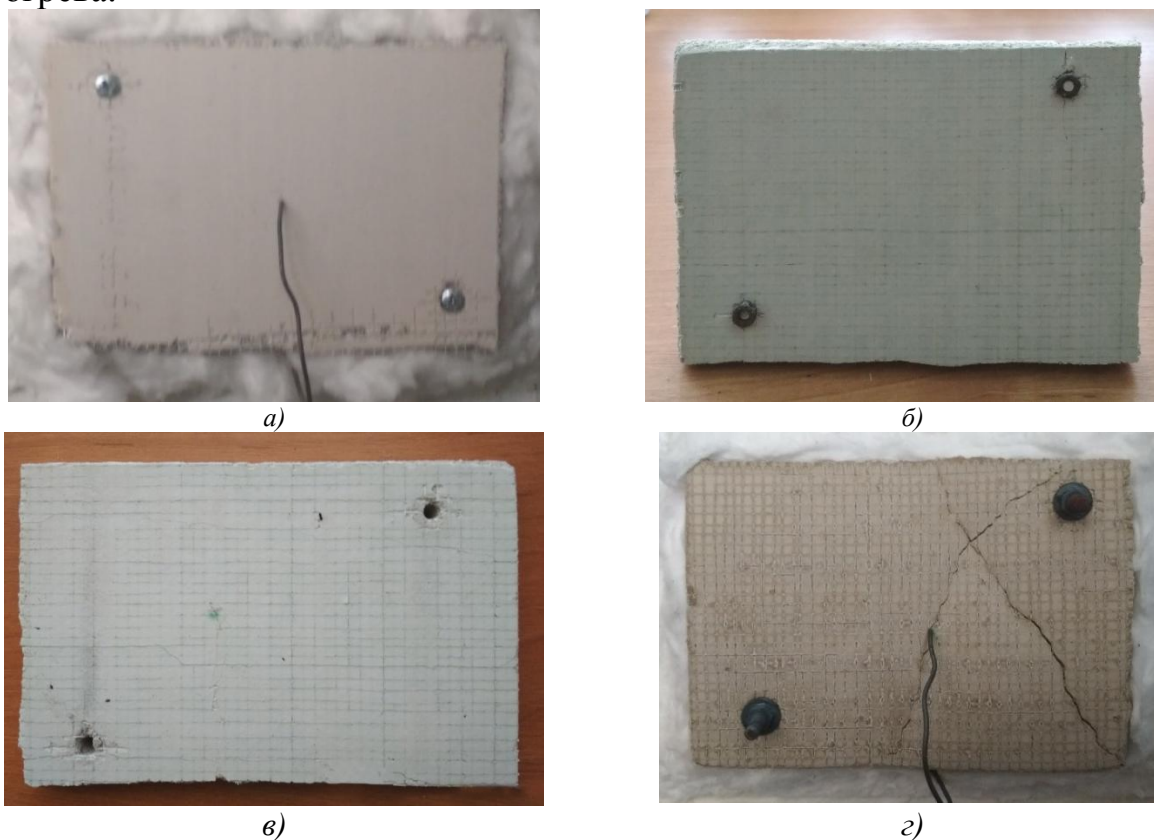


Рисунок 2 – Вид исследуемого образца до температурного воздействия (а), после температурного воздействия величиной 550 °С (б), 770 °С (в), 1150 °С (з)

### **Решение обратной задачи теплопроводности с оценкой эффективных коэффициентов теплопроводности**

С применением результатов серии экспериментальных исследований по прогреву цементной плиты в условиях стационарного теплового режима величиной 275 °С; 550 °С; 770 °С; 1150 °С в системе конечно-элементного

анализа построена расчетная модель, определены начальные и граничные условия. В качестве начальных условий в расчетной модели было принято, что температура во всех точках образца одинакова и равна температуре окружающей среды (22 °C).

В качестве граничных условий теплообмена была принята комбинация граничных условий 1 и 3 рода. Так, радиационно-конвективный теплообмен, создаваемый в рабочей камере электропечи, принимали в качестве известной температуры на обогреваемой поверхности образца материала в ходе проведения экспериментальных исследований, что соответствует граничным условиям 1 рода.

С необогреваемой стороны дверцы электропечи был принят радиационно-конвективный теплообмен с вертикальной стенки в окружающую среду (воздух), что соответствует граничным условиям 3 рода. Поскольку со стороны необогреваемой поверхности величина теплоотдачи за счет конвекции существенно влияет на результаты расчета, для ее определения использовали решение с учетом характера конвективного теплообмена с окружающим воздухом, геометрическим размером и положением тела. Указанное решение выполняли с использованием физического аппарата критериев подобия, на основе чисел Нуссельта (Nu), Прандтля (Pr), Грасгофа (Gr) и Рэлея (Ra), а также числа Рейнольдса (Re) в случае вынужденной конвекции (во всех случаях в качестве теплоносителя принят воздух). Степень черноты наружной поверхности дверцы электропечи принята равной 0,7.

В последующем для каждого из серии испытаний (275 °C; 550 °C; 770 °C; 1150 °C) на основе решения уравнения стационарной теплопроводности была решена тепловая задача с оценкой эффективного коэффициента теплопроводности в соответствующем диапазоне температур.

Результаты решения тепловой задачи в установившемся тепловом поле представлены на графике (рисунок 3).

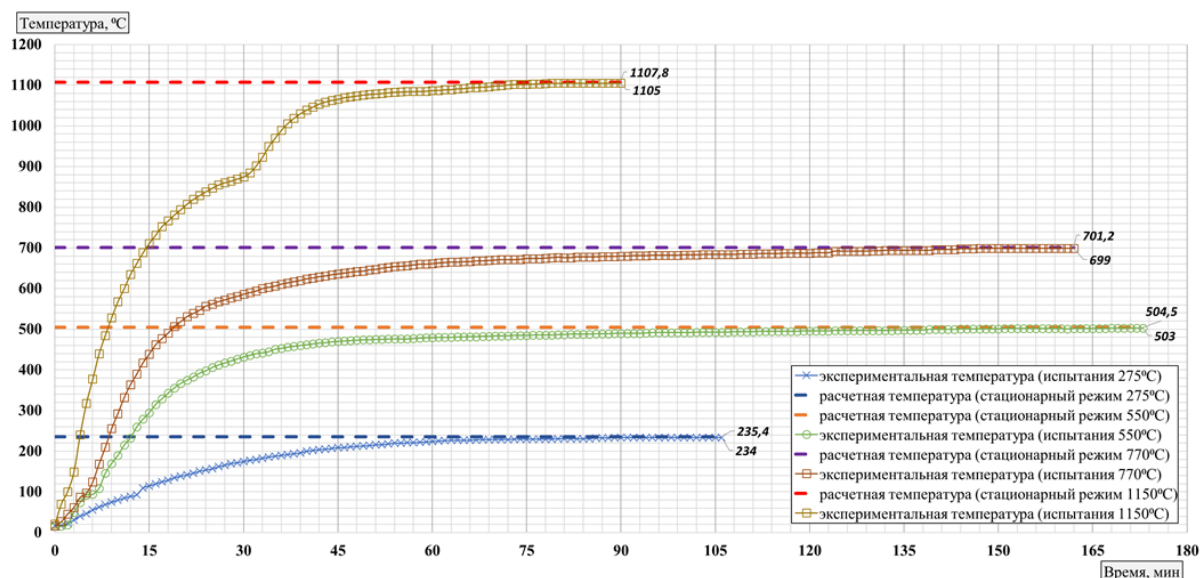


Рисунок 3 – Результаты расчетных и экспериментальных температур по прогреву цементной плиты в условиях стационарного теплового режима величиной 275 °C; 550 °C; 770 °C; 1150 °C

Следует отметить удовлетворительную сходимость расчетных и экспериментальных данных по прогреву образцов. Результаты полученных эффективных коэффициентов теплопроводности представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Значения эффективных коэффициентов теплопроводности.

Температура, °C	Эффективный коэффициент теплопроводности цементной армированной плиты толщиной 12,5 мм, Вт/(м·°C)
275	0,063
550	0,118
770	0,118
1150	0,310

Как видно из таблицы 1, значение эффективного коэффициента теплопроводности увеличивается в зависимости от значений теплового поля в условиях проведения экспериментов.

### Заключение

В результате анализа существующих методов оценки теплофизических характеристик для строительных материалов установлено, что они не могут быть применены для решения задач огнестойкости ввиду ограничений по параметрам исследуемых образцов, диапазону и видам теплового режима, другими особенностями специализированных лабораторных установок.

Для решения задач огнестойкости теплофизические характеристики целесообразно определять в условиях температурного режима, близкого

к стандартному пожару по ГОСТ 30247 [8], путем решения обратной задачи теплопроводности с применением программных систем конечно-элементного анализа.

Для оценки эффективного коэффициента теплопроводности строительных материалов предложена расчетно-экспериментальная методика, включающая:

1. Экспериментальные исследования модельных образцов материалов в условиях стационарного режима в камерной электропечи с фиксацией динамики температуры от времени на обогреваемой и необогреваемой поверхности образца.

2. Аналитическое решение задачи теплопроводности для неограниченных пластин в системе конечно-элементного анализа с оценкой эффективного коэффициента теплопроводности методом конечных приближений.

На основе расчетно-экспериментальной методики определен эффективный коэффициент теплопроводности цементных армированных плит для стационарных режимов нагрева в условиях пожара. Результаты решения задачи теплопроводности в системе конечно-элементного анализа показывают удовлетворительную сходимость с экспериментальными данными.

В настоящей работе использованы алгоритмы определения теплофизических характеристик плитных материалов, разработанные при поддержке Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований по договору от 25.01.2018 № Ф18В-006.

### Литература

1. ГОСТ 30290-94 Материалы и изделия строительные. Метод определения теплопроводности поверхностным преобразователем // Полнотекстовая информационно-поисковая система «СтройДОКУМЕНТ» [Электронный ресурс]. – Электрон. текстовые дан. и прогр. (700 Мб). – Минск, НПП РУП «Стройтехнорм», 2019. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM).

2. ГОСТ 30256-94 Материалы и изделия строительные. Метод определения теплопроводности поверхностным цилиндрическим зондом // Полнотекстовая информационно-поисковая система «СтройДОКУМЕНТ» [Электронный ресурс]. – Электрон. текстовые дан. и прогр. (700 Мб). – Минск, НПП РУП «Стройтехнорм», 2019. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM).

3. СТБ 1618-2006 Материалы и изделия строительные. Методы определения теплопроводности при стационарном тепловом режиме // Полнотекстовая информационно-поисковая система «СтройДОКУМЕНТ» [Электронный ресурс]. – Электрон. текстовые дан. и прогр. (700 Мб). – Минск, НПП РУП «Стройтехнорм», 2019. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM).

4. СТБ ЕН 12667-2007 Теплотехнические свойства. Строительных материалов и изделий. Определение теплопроводности и термического

сопротивления при стационарном тепловом режиме с использованием прибора, включающего плиты, горячую охранную зону или тепломер. Материалы с высоким и средним коэффициентом теплопроводности // Полнотекстовая информационно-поисковая система «СтройДОКУМЕНТ» [Электронный ресурс]. – Электрон. текстовые дан. и прогр. (700 Мб). – Минск, НПП РУП «Стройтехнорм», 2019. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM).

5. СТБ ЕН 12939-2007 Теплотехнические свойства. Строительных материалов и изделий. Определение теплопроводности и термического сопротивления при стационарном тепловом режиме с использованием прибора, включающего плиты, горячую охранную зону или тепломер. Материалы утолщенные с высоким и средним коэффициентом теплопроводности // Полнотекстовая информационно-поисковая система «СтройДОКУМЕНТ» [Электронный ресурс]. – Электрон. текстовые дан. и прогр. (700 Мб). – Минск, НПП РУП «Стройтехнорм», 2019. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM).

6. ГОСТ 23619-79. Материалы и изделия огнеупорные теплоизоляционные муллитокремнеземистые стекловолоконистые. Технические условия. – Введ 08.05.79. – М.: Издательство стандартов, 1979. – 15 с.

7. ГОСТ 23250-78 Материалы строительные. Метод определения удельной теплоемкости // Полнотекстовая информационно-поисковая система «СтройДОКУМЕНТ» [Электронный ресурс]. – Электрон. текстовые дан. и прогр. (700 Мб). – Минск, НПП РУП «Стройтехнорм», 2019. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM).

8. ГОСТ 30247.0-94 Конструкции строительные. Методы испытаний на огнестойкость. Общие требования // Полнотекстовая информационно-поисковая система «СтройДОКУМЕНТ» [Электронный ресурс]. – Электрон. текстовые дан. и прогр. (700 Мб). – Минск, НПП РУП «Стройтехнорм», 2019. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM).

9. Кудряшов, В.А. Теплофизические характеристики цементных армированных плит для решения задач нестационарного высокотемпературного нагрева / В.А. Кудряшов, С.С. Ботян // Вестник Университета гражданской защиты МЧС Беларуси. – 2018. – № 3(2). – С. 327–334.



**УДК 614.849**

**Климась Р.В.**

*Учреждение «Украинский научно-исследовательский институт  
гражданской защиты», г. Киев*

## **ВНЕДРЕНИЕ СОВРЕМЕННЫХ МЕТОДОВ РЕГУЛИРОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ НА ОСНОВЕ РИСК-ОРИЕНТИРОВАННОГО ПОДХОДА КАК ИНСТРУМЕНТ СНИЖЕНИЯ ПОТЕНЦИАЛЬНЫХ УГРОЗ ТЕХНОГЕННОГО ХАРАКТЕРА**

Показано состояние законодательной и нормативно-правовой базы по вопросам применения риск-ориентированного подхода в сфере безопасности. На основе данных статистики пожаров показано, что текущий уровень противопожарной защиты требует формирования и внедрения соответствующих мер государственного регулирования, направленных на повышение уровня защиты населения в сфере пожарной безопасности как составной части безопасности жизнедеятельности. Отмечены изменения в надзорной деятельности.

*Ключевые слова:* потенциальные техногенные угрозы, состояние с пожарами, риск-ориентированный подход, пожарные риски, управление рисками, государственный надзор в сфере техногенной и пожарной безопасности

**R. Klymas**

*The Establishment «The Ukrainian Civil Protection Research Institute», Kiev*

## **THE INTRODUCTION OF MODERN METHODS OF SAFETY REGULATION BASED ON A RISK-BASED APPROACH AS A TOOL TO REDUCE POTENTIAL TECHNOLOGICAL THREATS**

The state of the legislative and regulatory and legal base for the problems of application of risk-oriented approach in the sphere of security is shown. Based on the data of fire statistics, it is shown that the current level of fire protection requires the formation and implementation of appropriate state regulation measures aimed at improving the level of protection of the population in the sphere of fire safety, as an integral part of life safety. Changes in supervisory working are noted.

*Key words:* potential technological threats, situation concerned with fires, risk-oriented approach, fire risks, risk management, state supervision in the sphere of technogenic and fire safety.

Третьей статьей Конституции Украины [1] сформулирован один из принципов социального государства, согласно которому человек, его жизнь, здоровье и безопасность признаются в Украине наивысшей социальной ценностью. С целью защиты жизни и здоровья граждан от пожаров, обеспечения надлежащего уровня пожарной безопасности в государстве

создана пожарная охрана, основными задачами которой являются: обеспечение пожарной безопасности; предотвращение возникновения пожаров и несчастных случаев во время пожаров; тушение пожаров, спасение людей, а также оказание помощи в ликвидации последствий других чрезвычайных ситуаций [2].

Государственную политику в сфере гражданской защиты, защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций, предотвращения их возникновения, ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций, спасательного дела, тушения пожаров, пожарной и техногенной безопасности реализует Государственная служба Украины по чрезвычайным ситуациям [3].

С целью постоянного мониторинга состояния с пожарами, проведения анализа причин и условий возникновения пожаров, оценки состояния пожарной безопасности населенных пунктов и объектов, прогнозирования ситуации и разработки превентивных мер для обеспечения безопасности людей, сохранности материальных ценностей и создания условий для успешного тушения пожаров Государственная служба Украины по чрезвычайным ситуациям в соответствии со ст. 131 Кодекса гражданской защиты Украины [2], Порядка учета пожаров и их последствий [4] и возложенных на нее функций обеспечивается ведение единого учета пожаров и их последствий.

Обобщенные статистические данные о пожарах и их последствиях в Украине за долгосрочный период свидетельствуют, что на протяжении последних десяти лет в государстве зарегистрировано более 650 тыс. пожаров, вследствие которых погибло около 26 тыс. человек, более 15 тыс. человек были травмированы. Только прямые убытки, нанесенные пожарами, составили 10,6 млрд гривен. В зданиях и сооружениях различного назначения ежегодно в среднем возникает около 45 % пожаров, вследствие которых погибает более 95 % людей от общего количества погибших; материальные потери, причиненные пожарами, определяются сотнями миллионов гривен, при этом около 80 % пожаров и 95 % случаев гибели людей приходится на здания жилого сектора. Следует отметить, что за последние десять лет при условии постоянного сокращения населения в Украине (более 3,6 млн) наблюдается устойчивая тенденция к уменьшению количества погибших вследствие пожаров. Вместе с тем относительные показатели количества погибших людей на 100 тыс. населения остаются высокими – по этому показателю Украина занимает четвертое место среди стран мира, а в целом уровень пожарного риска в Украине на порядок выше, чем в промышленно развитых странах мира, в том числе и странах Европейского союза [5, 6, 7].

При этом распределение пожаров между городской территорией и сельской местностью составляет в среднем разницу в 60 % и 40 % соответственно, а количество погибших вследствие пожаров в городах и

сельской местности имеет диаметрально противоположные значения. Гибель людей вследствие пожаров в сельской местности в среднем в 2,6 раза выше, чем в городах, что в первую очередь обусловлено количеством пожарно-спасательных подразделений и пожарной техники, сосредоточенных на этих административных территориях. Так, усредненный удельный вес пожаров, на которые пожарно-спасательные подразделения прибывали в течение нормированного времени, в городах и поселках городского типа (10 мин) составляет около 44 %, а в сельской местности (20 мин) – около 23 %.

Такое положение дел объясняется тем, что в Украине по сравнению со странами Европы площадь обслуживания одним пожарным депо является одной из наибольших и составляет 624 км<sup>2</sup> (к примеру, во Франции – 99 км<sup>2</sup>, в Польше – 19 км<sup>2</sup>, в Германии – 11 км<sup>2</sup>), а количество противопожарной техники на площадь в 1 тыс. км<sup>2</sup> – одной из наименьших и составляет 6 единиц (во Франции – 13 ед., в Польше – 65 ед., в Германии – 122 ед.) [8]. Улучшить данную ситуацию возможно путем увеличения количества пожарно-спасательных подразделений и совершенствованием нормативной базы относительно оптимального определения мест их расположения, что позволит сократить время прибытия к месту вызова и ускорить начало оказания помощи пострадавшим на пожарах.

Исследование состояния обеспечения противопожарной защиты домов по их этажности указывает на необходимость решения проблемы обеспечения противопожарной защиты домов повышенной этажности (высотой 26,5 м < H ≤ 47 м, как правило, от 9-ти до 16-ти этажей включительно) и высотных домов (высотой H > 47 м, как правило, от 17-ти этажей и выше), где в течение длительного времени не выполняются мероприятия по восстановлению работоспособности систем противопожарной защиты, что способствует быстрому распространению пожара и приводит к трагическим последствиям. Анализ данных статистики пожаров указывает, что в 2/3 случаев пожарно-спасательные подразделения вовремя прибывают на тушение пожаров объектов, оборудованных системами противопожарной защиты. Вместе с тем статистические данные последних пяти лет свидетельствуют, что во время пожаров в зданиях, оборудованных системами противопожарной защиты, в 14 % случаев не сработали системы пожарной сигнализации, а в 36 % – системы пожаротушения и системы противодымной защиты соответственно.

Такой текущий уровень противопожарной защиты требует формирования и внедрения соответствующих мер государственного регулирования, направленных на повышение уровня защиты населения в сфере пожарной безопасности, как составной части безопасности жизнедеятельности, направленной на защиту здоровья и жизни человека.



Эффективность государственного системного регулирования безопасности доказана положительным опытом стран Европы, в которых три десятилетия назад начато внедрение превентивных мер на основе риск-ориентированного подхода [9]. Европейский и мировой опыт показывает, что внедрение современных методов регулирования техногенной и природной безопасности на основе риск-ориентированного подхода позволяет минимизировать социально-экономические последствия от чрезвычайных ситуаций техногенного и природного характера, обеспечить гарантированный уровень безопасности граждан и общества [10].

В настоящее время в Украине законодательно установлено [11], что государственный надзор в сфере хозяйственной деятельности и сроки осуществления плановых мероприятий должны быть дифференцированы в зависимости от степени риска, в частности, в сфере техногенной и пожарной безопасности установлены соответствующие критерии, по которым субъекты хозяйствования относятся к одной из трех степеней риска: высокой, средней или незначительной [12].

В Украине осуществление государственного надзора (контроля) за соблюдением и выполнением требований законодательства в сфере гражданской защиты, пожарной и техногенной безопасности является одной из основных задач Государственной службы по чрезвычайным ситуациям [3].

В 2016 году в Украине начата реформа системы государственного надзора (контроля) в сфере техногенной и пожарной безопасности, которая стала одним из приоритетных направлений реформирования Государственной службы Украины по чрезвычайным ситуациям в целом. Основной целью реформы является введение риск-ориентированного подхода, который обеспечит объективный дифференцированный подход при осуществлении надзорной деятельности.

Отдельные мероприятия в этом направлении уже реализованы, в частности, введена альтернатива мероприятиям государственного надзора (контроля) для субъектов хозяйствования со средней и незначительной степенью риска путем страхования гражданско-правовой ответственности субъектов хозяйствования за вред, который может быть причинен третьим лицам или их имуществу, а также другим юридическим лицам вследствие чрезвычайной ситуации или пожара; уменьшено количество субъектов хозяйствования с высокой степенью риска путем пересмотра критериев, определяющих степень риска от осуществления хозяйственной деятельности; с целью открытости мероприятий государственного надзора (контроля) результаты проверок вносятся в Пилотный модуль системы государственного надзора (контроля) ИАС ГНК (интегрированная автоматизированная система государственного надзора (контроля)) и публикуются на официальном сайте Государственной службы Украины по

чрезвычайным ситуациям. Продолжаются работы по внедрению системы управления техногенной и пожарной безопасностью на основе риск-ориентированного подхода и европейских стандартов по оценке и анализу рисков техногенной и пожарной безопасности объектов различного функционального назначения; имплементации Директивы 2012/18/ЕС Европейского парламента и Совета от 04.07.2012 «О контроле крупномасштабных аварий, связанных с опасными веществами» (СЕВЕЗО III); усилению ответственности владельцев объектов за нарушение установленных требований правил техногенной и пожарной безопасности с применением действенных административных санкций; внедрению европейской системы контроля продукции путем приведения регуляторной практики Украины в сфере технического регулирования в соответствие с требованиями законодательства Европейского союза по замене государственной сертификации продукции на проведение оценки ее соответствия до введения к потребителю, в том числе путем принятия Технического регламента средств гражданской защиты.

Также в [13] предложен усовершенствованный методический подход по определению количественных показателей пожарного риска, основанный на статистических данных о состоянии с пожарами и их последствиями в Украине за долгосрочный период, учитывающий частоту возникновения пожаров, вероятность наступления негативных последствий (гибель людей вследствие пожара, получение травм, материальные потери) и мероприятия по управлению пожарным риском, поводом к подготовке которой стала публикация Абдурагимова И.М. [14], в которой автор приходит к обоснованному выводу о невозможности применения российской методики [15] для расчетов пожарных рисков методами математического описания параметров пожаров внутри зданий твердых горючих веществ с численными значениями опасных факторов пожара.

Чуть более года назад были проведены работы [16], которые по результатам исследований и экспертного обсуждения позволили обосновать изменения к критериям, по которым оценивается степень риска от осуществления хозяйственной деятельности в сфере техногенной и пожарной безопасности. В настоящее время к ним относятся [12]:

вид объекта, принадлежащего субъекту хозяйствования на праве собственности, владения, пользования, к которым относятся объекты повышенной опасности, определенные в соответствии с Законом Украины «Об объектах повышенной опасности» [17], объекты, имеющие стратегическое значение для экономики и безопасности государства (по перечню [18]), объекты метрополитена, объекты, которые относятся к памятникам культурного наследия национального и местного значения, объекты, отнесенные по национальному стандарту [19] к соответствующей

категории по взрывопожарной и пожарной опасности, объекты, которые имеют (эксплуатируют) подземные, цокольные и/или подвальные этажи;

площадь объекта (помещения, здания и/или сооружения), которая принадлежит субъекту хозяйствования на праве собственности, владения, пользования;

максимальное расчетное (проектное) количество людей, постоянно или периодически находящееся на объекте (на территории и/или в помещениях), который принадлежит субъекту хозяйствования на праве собственности, владения, пользования, определенное в соответствии с национальным стандартом [20];

условная высота здания, строения, сооружения, принадлежащего субъекту хозяйствования на праве собственности, владения, пользования, показатели которой внесены в соответствии со строительными нормами [21];

наличие и масштаб опасных событий, чрезвычайных ситуаций, произошедших на объекте, который принадлежит субъекту хозяйствования на праве собственности, владения, пользования, за последние 5 лет, предшествующих плановому периоду;

класс последствий (ответственности) при строительстве объекта в соответствии с Законом Украины «О регулировании градостроительной деятельности» [22];

количество нарушений требований законодательства в сфере техногенной и пожарной безопасности, связанных с эксплуатацией или при строительстве объекта, принадлежащего субъекту хозяйствования на праве собственности, владения, пользования и выявленных в течение последних 5 лет, предшествующих плановому периоду.

Отдельными приложениями [12] определены риски наступления негативных последствий от осуществления хозяйственной деятельности, а также исчерпывающий перечень критериев, их показателей и количество баллов по каждому показателю. Предусмотрено, что отнесение предприятия к высокой, средней или незначительной степени риска осуществляется с учетом суммы баллов, начисленных по всем критериям, по такой шкале: от 41 до 100 баллов – к высокой степени риска; с 21 до 40 баллов – к средней степени риска; от 0 до 20 баллов – к незначительной степени риска.

Принятые изменения позволяют начать системную практическую работу по переходу Украины на систему анализа и управления рисками возникновения чрезвычайных ситуаций техногенного и природного характера.

В целом к общим направлениям деятельности, которые могут обеспечить снижение пожарных рисков и повысить уровень противопожарной защиты, можно отнести: развитие и внедрение нормативно-правовых, социально-экономических, научно-технических,

материально-технических и других мероприятий по предупреждению и тушению пожаров [23].

К нормативно-правовым мероприятиям следует отнести: внесение изменений и дополнений в акты законодательства, которые усиливают меры пожарной безопасности; совершенствование системы пожаротушения, в том числе по разработке и принятию нормативно-правовых актов, регламентирующих создание и надлежащее функционирование добровольной пожарной охраны, в том числе для организации противопожарной защиты сельского населения; страхование ущерба, причиненного пожарами; создание системы независимой оценки рисков.

К социально-экономическим мероприятиям следует отнести: формирование влияния государства на обеспечение пожарной безопасности среды проживания населения, заключающееся в подготовке специальных программ обучения мерам пожарной безопасности; оснащение жилых домов системами противопожарной защиты и первичными средствами пожаротушения; акцентирование внимания на объектах общественного назначения, особенно учреждений образования, здравоохранения и социальной защиты населения.

К научно-техническим мероприятиям следует отнести: проведение фундаментальных исследований в области изучения процессов возникновения и развития пожаров, системных исследований организационного, информационного, технического обеспечения систем управления пожарной безопасностью, оснащенности пожарно-спасательных подразделений, деятельности органов государственного надзора (контроля) в сфере техногенной и пожарной безопасности; исследования эффективности функционирования элементов системы обеспечения пожарной безопасности и совершенствования технических средств и технологий пожаротушения, противопожарной техники, а также подготовки руководящего состава и специалистов Государственной службы Украины по чрезвычайным ситуациям.

К материально-техническим мероприятиям следует отнести: повышение противопожарной защиты зданий и сооружений, особенно образовательных учреждений, учреждений здравоохранения и социальной защиты, а также по улучшению оснащенности подразделений различных видов пожарной охраны; совершенствование информационно-коммуникационных технологий Оперативно-спасательной службы гражданской защиты.

Для повышения безопасности населения от опасностей, обусловленных пожарами, актуальными для решения являются следующие задачи:

совершенствование нормативно-правовых основ управления в сфере пожарной безопасности;

развитие и совершенствование единой государственной системы гражданской защиты, ее функциональных и территориальных подсистем и их звеньев;

развитие системы организационного планирования деятельности и ресурсной оснащенности надзорных и оперативных подразделений пожарной охраны населенных пунктов;

совершенствование системы пожаротушения в Украине, повышение готовности сил к выполнению задач по назначению и улучшение их технической оснащенности;

разработка и внедрение в практику современных средств противопожарной защиты объектов;

совершенствование технических средств, технологий пожаротушения и противопожарной техники;

совершенствование форм и методов надзорной деятельности в сфере техногенной и пожарной безопасности;

укрепление материально-технической базы различных видов пожарной охраны;

повышение эффективности противопожарной пропаганды и мероприятий по предотвращению возникновения пожаров, подготовка населения по вопросам пожарной безопасности;

создание единой системы профессионального отбора и подготовки руководящего состава, пожарных и спасателей;

надлежащее информационное обеспечение.

Таким образом, действующие на сегодня в Украине нормы законодательства позволяют более эффективно использовать ресурсы органов государственного надзора (контроля) благодаря сосредоточению их внимания на тех субъектах хозяйствования, деятельность которых представляет наибольшую угрозу для населения и окружающей среды, позволяет установить прозрачные процедуры осуществления государственного надзора (контроля), снизить нагрузку на субъекты хозяйствования благодаря уменьшению количества проверок и сроков их проведения [24], а внедрение современных методов регулирования безопасности на основе риск-ориентированного подхода должно существенно повлиять на снижения потенциальных угроз техногенного характера.

### **Литература**

1. Конституція України, прийнята на п'ятій сесії Верховної Ради України 28 червня 1996 р. (Відомості Верховної Ради України (ВВР), 1996 р., № 30, ст. 141).

2. Кодекс цивільного захисту України від 02 жовтня 2012 р. № 5403-VI (Відомості Верховної Ради України (ВВР), 2013 р., № 34-35, ст. 458).

3. Постанова Кабінету Міністрів України від 16 грудня 2015 р. № 1052 «Про затвердження Положення про Державну службу України з надзвичайних ситуацій» (Офіційний вісник України, 2015 р., № 102, ст. 3514).

4. Постанова Кабінету Міністрів України від 26 грудня 2003 р. № 2030 «Про затвердження Порядку обліку пожеж та їх наслідків» (Офіційний вісник України, 2003 р., № 52, ст. 2802).

5. Статистика пожеж та їх наслідків в Україні за 2004-2008 рр.: Статистичний збірник. Під загальною редакцією Я.І. Хом'яка. – К.: УкрНДІПБ МНС України, 2009. – 98 с.

6. Статистика пожеж та їх наслідків в Україні за 2009-2012 роки: Статистичний збірник аналітичних матеріалів. За загальною редакцією В.С. Кропивницького. – К.: УкрНДІЦЗ, 2018. – 102 с.

7. Статистика пожеж та їх наслідків в Україні за 2013-2016 роки: Статистичний збірник аналітичних матеріалів. За загальною редакцією В.С. Кропивницького. – К.: УкрНДІЦЗ, 2018. – 100 с.

8. Климась Р.В. Аналіз нормативу часу прибуття першого пожежно-рятувального підрозділу на пожежі в Україні / Р.В. Климась, А.В. Одинець, Д.Я. Матвійчук, Л.П. Несенюк // Теорія і практика гасіння пожеж та ліквідації надзвичайних ситуацій: Матеріали X Міжнародної науково-практичної конференції. – Черкаси: ЧПБ ім. Героїв Чорнобиля НУЦЗ України, 2019. – С. 32–34.

9. Хом'як Я.І. Застосування ризик-орієнтованих підходів у здійсненні наглядової діяльності / Я.І. Хом'як, О.П. Якименко, Р.В.Климась // Пожежна безпека: Зб. наук. пр. – Л.: ЛДУБЖД, 2009. – № 14. – С. 25–30.

10. Евдин А.Н. Состояние законодательной и нормативно-правовой базы по вопросам применения риск-ориентированного подхода в сфере безопасности в Украине и пути её усовершенствования / А.Н. Евдин, Р.В. Климась, Е.Ф. Якименко // Чрезвычайные ситуации: предупреждение и ликвидация: сб. науч. тр. VII Междунар. науч.-практ. конф., посвященной 60-летию создания первого в Республике Беларусь научного подразделения в области предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций и пожаров: в 2 ч. Ч. 1 / ред. кол.: Ю.С. Иванов [и др.]. – Минск: Колорград, 2016. – С. 145–156.

11. Закон України від 05 квітня 2007 р. № 877-V «Про основні засади державного нагляду (контролю) у сфері господарської діяльності» (Відомості Верховної Ради України (ВВР), 2007 р., № 29, ст. 389).

12. Постанова Кабінету Міністрів України від 05 вересня 2018 р. № 715 «Про затвердження критеріїв, за якими оцінюється ступінь ризику від провадження господарської діяльності та визначається періодичність здійснення планових заходів державного нагляду (контролю) у сфері

техногенної та пожежної безпеки Державною службою з надзвичайних ситуацій» (Офіційний вісник України, 2018 р., № 72, ст. 2438).

13. Удосконалення методичних підходів до оцінювання пожежного ризику / Р.В. Климась [та др.] // Науковий вісник: Цивільний захист та пожежна безпека. – 2016. – № 2 (2). – С. 83–88.

14. Абдурагимов, И.М. Еще раз о принципиальной невозможности выполнения расчетов пожарных рисков детерминированными методами / И.М. Абдурагимов // Пожаровзрывобезопасность. – 2013. – № 6 (22). – С. 13–21.

15. Приказ МЧС Российской Федерации от 30 июня 2009 г. № 382 «Об утверждении Методики определения расчётных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности».

16. Нормативне обґрунтування змін до критеріїв, за якими оцінюється ступінь ризику від провадження господарської діяльності у сфері техногенної та пожежної безпеки / Р.В. Климась [та др.] // Надзвичайні ситуації: безпека та захист: Матеріали VIII Всеукраїнської наук.-практ. Конф. з міжнародною участю (Черкаси, 25-26 жовтня 2018 р.). – Черкаси: ЧПБ ім. Героїв Чорнобиля НУЦЗ України, 2018. – С. 38–40.

17. Закон України від 18 січня 2001 р. № 2245-III «Про об'єкти підвищеної небезпеки» (Відомості Верховної Ради України (ВВР), 2001 р., № 15, ст. 73).

18. Постанова Кабінету Міністрів України від 04 березня 2015 р. № 83 «Про затвердження переліку об'єктів державної власності, що мають стратегічне значення для економіки і безпеки держави» (Офіційний вісник України, 2015 р., № 20, ст. 555).

19. ДСТУ Б В.1.1-36:2016 Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою. – чинний від 2017-01-01. – К.: Мінрегіонбуд України, 2016. – 52 с.

20. ДСТУ-Н Б В.1.2-16:2013 Визначення класу наслідків (відповідальності) та категорії складності об'єктів будівництва. – чинний від 2013-09-01. – К.: Мінрегіонбуд України, 2013. – 30 с.

21. Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги: ДБН В.1.1-7:2016. – [Чинні від 2017-06-01]. – К.: Мінрегіон України, 2017. – 40 с.

22. Закон України від 17 лютого 2011 р. № 3038-VI «Про регулювання містобудівної діяльності» (Відомості Верховної Ради України (ВВР), 2011 р., № 34, ст. 343).

23. Обеспечение пожарной безопасности на территории Российской Федерации: Методическое пособие / С.П. Амельчугов [и др.]; Под общ. ред. Ю.Л. Воробьева. – М.: ФГУ ВНИИПО МЧС России, 2006. – 462 с.

24. Апатенко, О. Перспективи формування системи державного нагляду та контролю у сфері господарської діяльності / О. Апатенко // Пріоритети.  
– 2006. – № 6 (32). – С. 18–22.





**УДК 614.841.34**

**канд. техн. наук Кудряшов В.А.<sup>1</sup>,  
Кураченко И.Ю.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> *Государственное учреждение образования «Университет гражданской защиты Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь», г. Минск*

<sup>2</sup> *Учреждение «Научно-исследовательский институт пожарной безопасности и проблем чрезвычайных ситуаций» Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь*

### **ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЖЕЛЕЗОБЕТОННОЙ ПЛИТЫ В УСЛОВИЯХ СТАНДАРТНОГО ТЕМПЕРАТУРНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ**

Приведены сведения о явлении температурных напряжений, возникающих при высокотемпературном воздействии на изгибаемые железобетонные конструкции, об их влиянии на поведение конструкций при пожаре в зависимости от статической схемы работы элемента, дана классификация общим деформациям в любой точке поперечного сечения. Также предложен фрагмент монолитного каркаса здания для проведения натурных огневых испытаний и определения перемещений железобетонного перекрытия, деформаций бетона и арматуры. В работе определены и приводятся распределения напряжений в железобетонной плите с предложенными исходными данными.

*Ключевые слова:* расчетная модель, стандартный температурный режим, пожар, деформация, напряжение, арматура, бетон, напряженно-деформированное состояние.

**Ph.D. (Tech.) V.A. Kudryashov<sup>1</sup>,  
I.Y. Kurachenka<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> *The state educational establishment «University of Civil Protection of the Ministry of Emergency Situations of Belarus», Minsk*

<sup>2</sup> *Institution «Research Institute of Fire Safety and Emergency Situations» of the Ministry of Emergency Situations of the Republic of Belarus, Minsk*

### **EXPERIMENTAL STUDIES OF THE REINFORCED CONCRETE SLAB IN A STANDARD TEMPERATURE IMPACT**

In the article the information on the phenomenon of temperature stresses arising at high-temperature influence on bendable reinforced concrete structures, on their influence on behavior of structures at a fire depending on the static scheme of work of an element is resulted, classification to the general deformations in any point of cross-section is given. A fragment of a monolithic building frame for carrying out full-scale fire tests and determining the movements of reinforced

concrete coating, concrete and reinforcement deformations is also proposed. In this work, stress distributions in the reinforced concrete slab with the proposed initial data are determined and given.

*Key words:* calculation model, standard temperature-time curve, fire, deformation, stress, reinforcement, concrete, stress-strain state.

### **Введение**

Инновационные методы проектирования предполагают построение и использование наукоемких расчетных моделей конструирования как конструкций, так и зданий в целом. Одним из основополагающих существенных требований, которые должны быть соблюдены на протяжении всего жизненного цикла объекта строительства, является обеспечение его противопожарной защиты [1].

Как известно, базисной нормой, с точки зрения пожарной безопасности, является гарантированное обеспечение огнестойкости конструкций здания или сооружения независимо от строительных материалов, из которых они будут выполнены. Данное требование, прежде всего, обусловлено необходимостью сохранения общей устойчивости ограждающих и несущих элементов здания для безопасной эвакуации людей в случае пожара и обеспечения условий для тушения возгорания пожарными аварийно-спасательными подразделениями. В этой связи совершенствование методов оценки огнестойкости конструкций является перспективным направлением для совершенствования строительной отрасли в целом.

### **Влияние температурных напряжений**

Температурное расширение оказывает большое влияние на поведение конструкции, вызывая температурные напряжения по всему сечению элемента. Температурные напряжения возникают в результате появления механических деформаций, которые развиваются, чтобы компенсировать недопустимые температурные деформации. Фактическое распределение этих температурных напряжений зависит от граничных условий.

Во-первых, для конструкций с большим отношением расчетного пролета к высоте применима гипотеза плоских сечений. Таким образом, распределение общих деформаций по сечению можно описать кривизной и деформациями в любой точке поперечного сечения.

Во-вторых, предполагается, что общие деформации в любой точке поперечного сечения можно разделить на температурные и механические. Температурные деформации не зависят от уровня нагрузки, а зависят исключительно от повышения температуры и коэффициентов теплового расширения, который, в свою очередь, зависит от свойств материалов. Поэтому, когда известно распределение температуры по сечению

конструкции, можно определить значения температурных деформаций. Механические деформации вызывают напряжения, при расчете которых следует учитывать снижение прочности и жесткости при повышенных температурах, а также увеличение упругости. Распределение напряжений при повышенных температурах, включая увеличение упругости и снижение прочности и жесткости бетона, описывается в [2].

В свободно опертых балках общие усилия в каждом сечении (нормальная сила, поперечная сила и изгибающий момент) определяются исключительно из условий равновесия. Следовательно, эти силы не зависят ни от конструктивной схемы, ни от каких-либо кинематических связей. Поэтому температурные напряжения и деформации в свободно опертых конструкциях не влияют на распределение общих сил. Вместе с тем напряжения должны определяться с учетом действующих нагрузок.

Результаты огневых испытаний, описанные в [3], свидетельствуют, что сжимающие температурные напряжения развиваются внизу и вверху поперечного сечения, а растягивающие – в средней части, которые могут привести к образованию вертикальных трещин (в особенности, при незначительной ширине поперечного сечения). Феномен образования вертикальных трещин в ребрах многопустотных плит на одинаковых расстояниях равномерно по всему пролету был выявлен бельгийским ученым Джорисом Феллингером в 1999 году [4]. Возникновение температурных напряжений в свободно опертой балке представлено на рисунке 1.

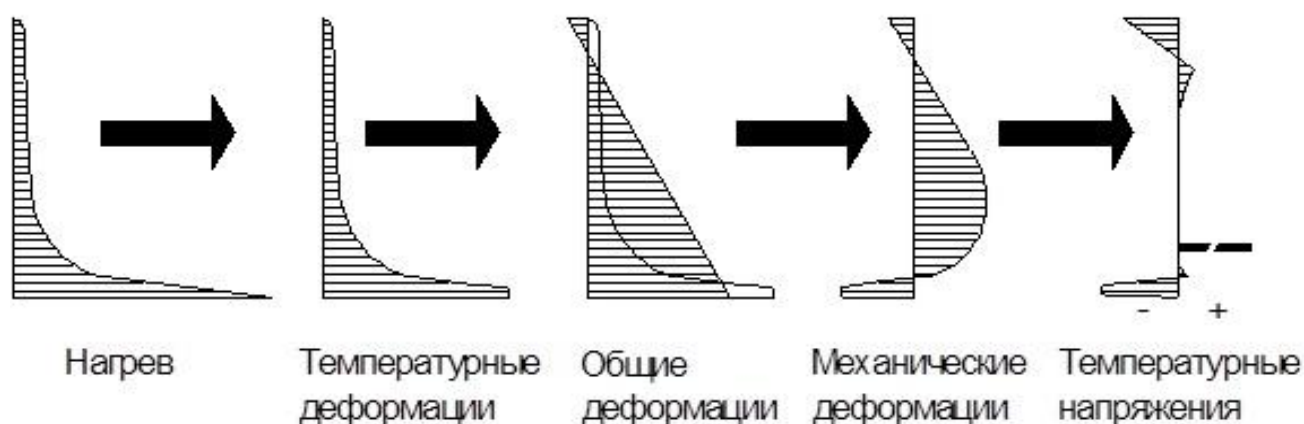


Рисунок 1 – Возникновение температурных напряжений  
в свободно опертой балке

В статически неопределимых конструкциях распределение внутренних сил в любой точке поперечного сечения будет меняться под действием температурных напряжений. Для балок, закрепленных на обоих концах, с учетом граничных условий запрета поворотов очевидно, что кривизна в каждом поперечном сечении изначально остается нулевой.

Для противодействия температурным деформациям возникают механические деформации, которые вызывают дополнительный изгибающий момент в каждом сечении, т.е. линия изгибающего момента смещается вверх. В неразрезной балке происходит то же самое явление. Если горизонтальное перемещение допускается, то в балке не может возникать нормальная сила, и температурные напряжения должны соответствовать равновесию в горизонтальном направлении. На опорах достигается предельный изгибающий момент, и образуются пластические шарниры, следовательно, механические напряжения локализуются в трещинах, которые распространяются по сечению от вершины и приводят к выпуску верхней арматуры. После образования пластических шарниров распределение изгибающего момента зависит от величины изгибающего момента на опорах. Распределение температурных напряжений в поперечном сечении вне зоны пластических шарниров будет соответствовать свободно опертым балкам. Таким образом, при проектировании неразрезных перекрытий и балок следует учитывать смещение критического значения изгибающего момента под воздействием пожара и его влияние на удлинение верхней арматуры на опорах. Кроме того, для достижения максимальной несущей способности в середине пролета следует учитывать прочность верхней арматуры на опорах. Возникновение температурных напряжений в статически неопределимой балке представлено на рисунке 2.

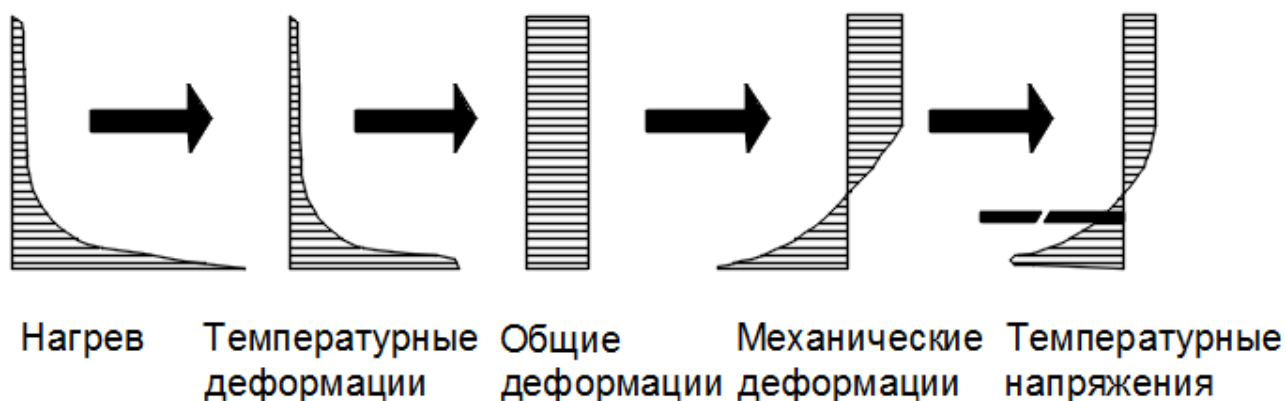


Рисунок 2 – Возникновение температурных напряжений  
в статически неопределимой балке

В балках с шарнирными опорами возникает нормальная горизонтальная сила. Эксцентриситет этой силы будет зависеть от вертикального положения оси арматуры на опорах. Очевидно, что в шарнирных опорах не может возникнуть изгибающий момент. Однако из-за наличия нормальной силы это справедливо только по отношению к оси горизонтальной силы. В результате изгибающий момент будет развиваться относительно нейтральной оси балки. Если центр опоры расположен ниже нейтральной оси балки, то нормальное

усилие, противодействующее приложенной нагрузке, создает изгибающий момент на опоре. И наоборот, если центр опоры расположен над нейтральной осью балки, то дополнительно создается момент «провисающего изгиба» поверх приложенных нагрузок. На данные особенности поведения балок указывают результаты испытаний, проведенных в Германии [5]. Однако изгибающий момент, возникающий в результате эксцентриситета силы сжатия, определить достаточно сложно, так как положение нейтральной оси в поперечном сечении может изменяться со временем при пожаре. Поэтому при расчете температурных напряжений и сил сжатия в поперечном сечении подвижных конструкций особое внимание следует уделять конструированию опоры.

### **Методика проведения натурных огневых испытаний**

С учетом представленных выше сведений о влиянии температурных напряжений на поведение конструкций при пожаре и наряду с планируемыми к проведению натурными огневыми испытаниями центрифугированных железобетонных колонн [6] предполагаются экспериментальные исследования фрагмента железобетонного перекрытия, основной целью которых является изучение деформаций бетона и арматуры при высокотемпературном воздействии.

В гражданском строительстве широко применяются сборные, монолитные и сборно-монолитные железобетонные конструкции. Каркасы таких здания включают сборные и монолитные элементы колонн и перекрытий в различных соотношениях. При этом образуются многопролетные многоэтажные рамы, воспринимающие как вертикальные, так и горизонтальные нагрузки и воздействия.

Монолитные перекрытия выполняются в основном плоскими сплошными. Расчет перекрытия выполняется в линейно-упругой постановке, рабочее армирование подбирается исходя из действующих в поперечных сечениях усилий.

В соответствии с целями и задачами эксперимента принято решение о возведении фрагмента каркаса железобетонного здания, состоящего из фундамента, двух центрифугированных железобетонных колонн и железобетонного перекрытия. По результатам проведения предварительных расчетов несущей системы и в связи с необходимостью дополнительного нагружения колонн представляется возможным увеличение расчетного пролета колонн до 6 м. Таким образом, размеры перекрытия в плане будут составлять 3×9 м, толщина перекрытия – 200 мм, высота этажа в свету – 2,8 м. Для создания стандартного температурного режима будут возведены ограждающие конструкции. Нагрузку планируется создать собственной массой перекрытия и фундаментными железобетонными блоками,



равномерно распределенными на перекрытии. Предполагается создать на перекрытии ориентировочную плотность распределения нагрузки, равную  $1,0 \text{ т/м}^2$ , что соответствует усредненной нагрузке для жилых и общественных зданий (постоянная (собственный вес перекрытия и пола), полезная (кратковременная) и нагрузка от перегородок (длительная)). Распределение изгибающих моментов в железобетонном перекрытии в линейно-упругой постановке представлено на рисунке 3.

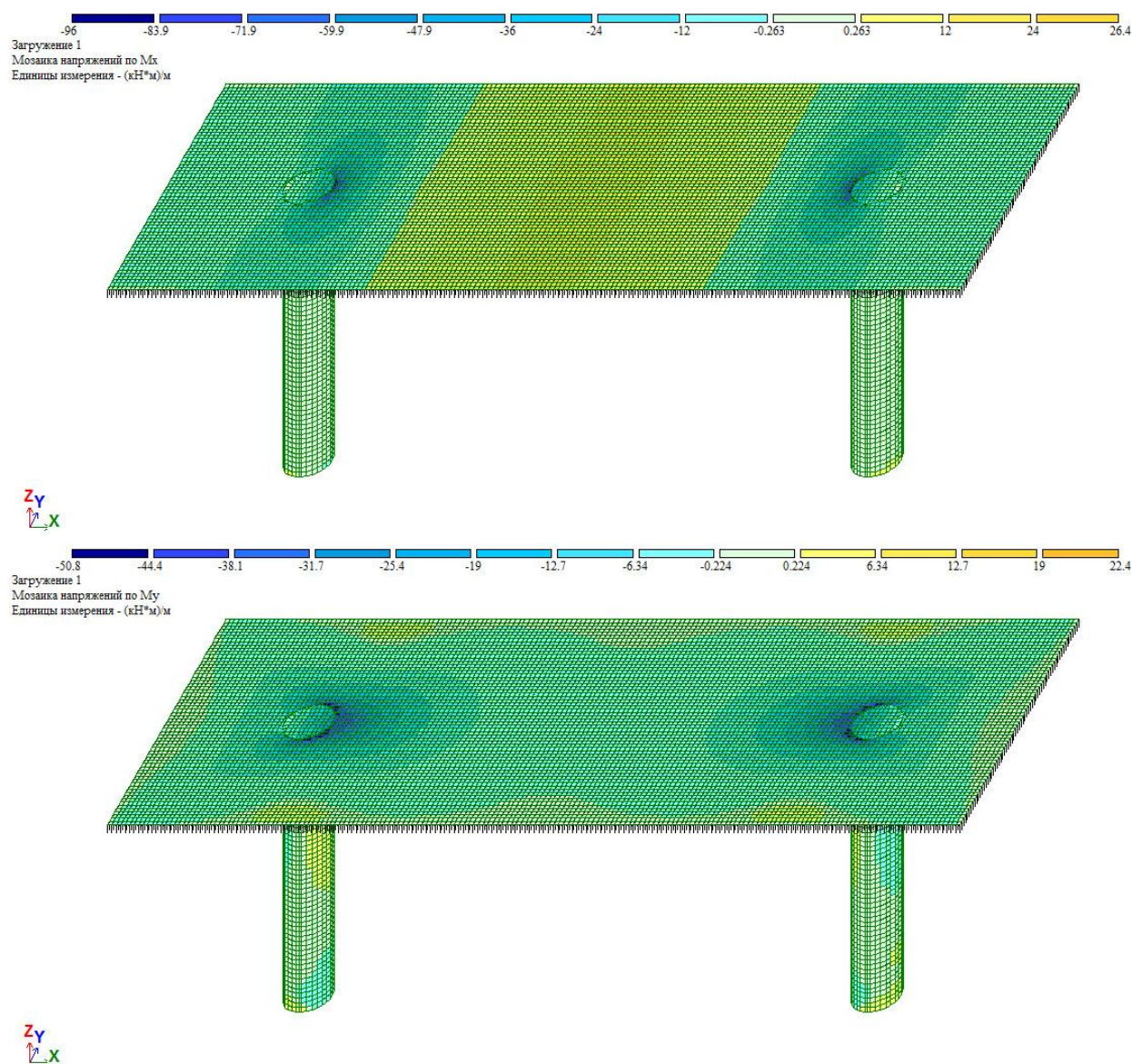


Рисунок 3 – Распределение напряжений в железобетонной плите

Конструктивное исполнение перекрытия предполагается исходя из соответствия усилий и перемещений в аналогичных перекрытиях в составе многопролетные многоэтажные рам. Научная и практическая значимость

исследований заключается в получении новых закономерностей поведения монолитных изгибаемых железобетонных конструкций при стандартном огневом воздействии длительностью 150 минут.

При проведении экспериментальных исследований важной задачей является оценка деформаций и перемещений контрольных точек железобетонного перекрытия, удовлетворяющего критериям приемлемой точности. При стандартных огневых испытаниях деформации и перемещения контрольных точек допустимо оценивать при помощи способов, описанных в [7, 8]. Для контроля температуры в поперечном сечении будут применяться термоэлектрические преобразователи.

### **Заключение**

Температурное расширение оказывает большое влияние на поведение конструкции, вызывая температурные напряжения по всему сечению элемента. Распределение общих деформаций по сечению можно описать кривизной и деформациями в любой точке поперечного сечения. Общие деформации в любой точке поперечного сечения можно разделить на температурные и механические. Температурные деформации не зависят от уровня нагрузки, а зависят исключительно от повышения температуры и коэффициентов теплового расширения, который, в свою очередь, зависит от свойств материалов. Поэтому, когда известно распределение температуры по сечению конструкции, можно определить значения температурных деформаций.

В соответствии с целями и задачами эксперимента принято решение о возведении фрагмента каркаса железобетонного здания, состоящего из фундамента, двух центрифугированных железобетонных колонн и железобетонного перекрытия. По результатам проведения предварительных расчетов несущей системы предложен расчетный пролет колонн 6 м. Размеры перекрытия в плане приняты 3×9 м, толщина плиты – 200 мм, высота этажа в свету – 2,8 м, ориентировочная плотность распределения нагрузки – 1,0 т/м<sup>2</sup>. Определены изгибающие моменты в железобетонном перекрытии в линейно-упругой постановке.

### **Литература**

1. Технический регламент Республики Беларусь «Здания и сооружения, строительные материалы и изделия. Безопасность. ТР 2009/013/ВУ/» // Полнотекстовая информационно-поисковая система «СтройДОКУМЕНТ» [Электронный ресурс]. – Электрон. текстовые дан. и прогр. (700 Мб). – Минск, НПП РУП «Стройтехнорм», 2007. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM).

2. European standard. Eurocode 2. Design of concrete structures. Part 1-2. General rules. Structural fire design : EN 1992-1-2:2004(E). – Implemented 8 July 2004. – Brussels: CEN, 2004. – 97 p.
3. N°46. Fire design of concrete structures - structural behaviour and assessment. State-of-art report (214 pages, ISBN 978-2-88394-086-4, July 2008).
4. Fellinger, J.H.H.: «Shear and Anchorage Behaviour of Fire Exposed Hollow Core Slabs», PhD Thesis, DUP Science, Delft Universe Press, ISBN 90-407-2482-2, Delft, The Netherlands, 2004, 261 pp.
5. Haksever, A. and Walger, R. «Dehnbehinderte Stahlbeton Plattenstreifen und TT-platten im Brandfall». Sonderforschungsbereich 148, Teil 1 Arbeitsbericht 1978-1981. TU Braunschweig, 1980.
6. Нехань, Д.С. О методике проведения натурных огневых испытаний центрифугированных железобетонных колонн и теоретическом расчете избыточного давления смеси газов в полости указанных конструкций / Д.С. Нехань // Чрезвычайные ситуации: предупреждение и ликвидация. – 2019. – № 1(45). – С. 62–72.
7. Кураченко, И.Ю. Способы определения деформаций в поперечном сечении изгибаемых железобетонных конструкций при стандартных огневых испытаниях / И.Ю. Кураченко, В.А. Кудряшов // Современные пожаробезопасные материалы и технологии : сб. материалов междунар. науч.-практ. конф., посвященной Году гражданской обороны. – Иваново : ИПСА ГПС, 2017.
8. Кураченко, И.Ю. Оценка напряженно-деформированного состояния изгибаемых железобетонных конструкций при высокотемпературном воздействии / И.Ю. Кураченко, В.А. Кудряшов // Пожарная безопасность объектов хозяйствования: сб. материалов VII междунар. науч. семинара: – Кокшетау: КТИ КЧС МВД РК, 2018. – С. 39.





**УДК 614.841.45**

**канд. техн. наук, с. н. с. Нижник В.В.,**

**д-р техн. наук, проф. Поздеев С.В.,**

**канд. техн. наук Фещук Ю.Л.,**

**Голикова С.Ю.,**

**канд. техн. наук Балло Я.В.**

*Учреждение «Украинский научно-исследовательский институт  
гражданской защиты», г. Киев*

## **РАСЧЕТНО-ТАБЛИЧНЫЙ МЕТОД ОЦЕНКИ ПРОТИВОПОЖАРНЫХ РАССТОЯНИЙ МЕЖДУ СМЕЖНЫМИ СТРОИТЕЛЬНЫМИ ОБЪЕКТАМИ**

Установлено, что в настоящее время оценка противопожарных расстояний основывается на двух критериях: тепловой поток и температура. Предложено использовать критерий «температура воспламенения материалов» как основной при определении противопожарных расстояний между смежными строительными объектами. На основе результатов, полученных в ходе проведения полного факторного эксперимента, построена математическая модель, описывающая закономерность изменения противопожарных расстояний от теплообразующей способности пожарной нагрузки ( $Q$ ), коэффициента проемов в наружных ограждающих конструкциях ( $k$ ) и продолжительности облучения ( $t$ ), а также подтверждено ее адекватность. На основе регрессионной линейной зависимости обоснован расчетно-табличный метод определения противопожарных расстояний для объекта, который облучается и выполнен из горючего и негорючего фасада, а также объекта, в котором вращаются горючие жидкости.

*Ключевые слова:* противопожарное расстояние, температура, пожарная нагрузка, коэффициент проемов, продолжительность облучения

**Ph.D. (Tech.), Senior Staff Scientist V.V. Nizhnyk**

**Doc. of Techn. Scien., Professor S.V. Pozdieiev**

**Ph.D. (Tech.) Y.L. Feshchuk**

**S.Y. Holikova**

**Ph.D. (Tech.) Y.V. Ballo**

*The Establishment «The Ukrainian Civil Protection Research Institute», Kyiv*

## **CALCULATION-TABULAR METHOD FOR ESTIMATING FIRE DISTANCES BETWEEN ADJACENT CONSTRUCTION OBJECTS**

It has been established that currently the assessment of fire distances is based on two criteria: heat flux and temperature. It is proposed to use the criterion “ignition temperature of materials” as the main one when determining fire

distances between adjacent construction objects. Based on the results obtained during the full factorial experiment, a mathematical model is constructed that describes the pattern of changes in fire distances from the heat-generating ability of the fire load ( $Q$ ), the coefficient of openings in the external building envelope ( $k$ ) and the duration of irradiation ( $t$ ), and it is also confirmed adequacy. Based on the regression linear relationship, the calculation-tabular method for determining fire distances for an object that is irradiated and made of a combustible and non-combustible facade, as well as an object in which liquid petroleum products rotate, is substantiated.

*Key words:* fire distance, temperature, fire load, slit factor, duration of exposure.

В Украине на сегодняшний день определение противопожарных расстояний между зданиями и сооружениями реализуется с помощью распорядительного метода нормирования [1], который предусматривает использование четких табличных значений без возможных альтернатив. Такой метод учитывает только такие показатели, как функциональное назначение зданий и их степень огнестойкости, а это не охватывает все параметры, влияющие на процесс горения и облучения от пожара смежных объектов. В частности, не учитываются величина пожарной нагрузки, вид и свойства материалов и веществ, которые могут гореть и облучаться от пожара, наличие проемов в наружных строительных конструкциях, условия расположения зданий и сооружений друг друга, оснащенность дома автоматическими системами пожаротушения, наличие между домами препятствий для распространения пожара и т.п. Следует отметить, что в государственных строительных нормах [1] определены случаи, когда противопожарные расстояния возможно снижать. При этом отсутствуют методы, которые позволяют количественно оценить снижение риска распространения огня на соседние дома при использовании одного или другого решения.

Поэтому возникла необходимость в создании методической базы для расчетного обоснования противопожарных расстояний между смежными объектами, которая позволит комплексно учесть наиболее значимые факторы, которые могут повлиять на теплообмен между пожаром и смежными объектами.

Цель работы – разработать расчетно-табличный метод оценки противопожарных расстояний. Для достижения поставленной цели необходимо разработать таблицы для определения противопожарных расстояний для объекта, который облучается и выполнен из горючего, не горючего фасада; для технологического объекта, в котором вращаются горючие жидкости.

Прежде всего необходимо определить перечень факторов, которые могут повлиять на теплообмен между пожаром и смежными объектами строительства и критерий оценки опасности распространения пожара на смежные объекты.

По результатам анализа литературных источников [2–5] установлено, что на сегодня оценивание противопожарных расстояний основывается на двух критериях, которые образуют условие безопасности: тепловой поток и температура. Вместе с этим подход, основанный на использовании критерия теплового потока, имеет недостаток, поскольку на сегодняшний день отсутствует достаточная статистическая база критических значений по тепловому потоку для различных веществ и материалов. Кроме того, тепловой поток не является прямой величиной, которая может быть ассоциирована с причинами распространения и охвата пожаром смежных зданий. Это ограничивает возможности использования указанного критерия, поэтому для оценки противопожарных расстояний предложено использовать критерий, который обеспечивает условие прямой фиксации возможности образования пожара на смежном доме, учитывая природу его материалов, а именно температуру воспламенения материалов.

Обоснование расчетно-табличного метода осуществлялось на основании обработки данных температуры на элементах смежных объектов от теплового воздействия очага пожара, которые получены в ходе расчета за компьютерными моделями, адекватность которых проверена с экспериментальными данными [6–7] как полнофакторного эксперимента. Создание таблиц по определению противопожарных расстояний предложено осуществлять по методике, которая подразумевает выполнение следующих процедур:

1. Осуществляется выбор наиболее значимых параметров объектов, влияющих на процессы теплопередачи от объекта, который горит на элементы смежных объектов.
2. Строится универсальная аппроксимационная модель для расчета противопожарной расстояния с переменными параметрами, которые значимы по влиянию на процессы теплопередачи.
3. Создается математическая модель на основе принятой регрессионной зависимости.
4. Составляется план полного факторного вычислительного эксперимента.
5. Проводится полный факторный вычислительный эксперимент с использованием созданных плана эксперимента и аппроксимационных моделей с переменными параметрами.

6. Определяются константы числовой регрессионной зависимости и строится математическая модель зависимости противопожарных расстояний от выбранных параметров.

7. На основе построенной математической модели создается соответствующая таблица по минимальным противопожарным расстояниям между зданиями для обеспечения нераспространения пожара от одного дома на другой.

Для построения плана полного факторного эксперимента взят, предварительно обоснован перечень параметров, которые имеют наибольшие значения при определении противопожарных расстояний, а именно: теплообразующая способность пожарной нагрузки ( $Q$ ), коэффициент проемов в наружных ограждающих конструкциях ( $k$ ), продолжительность облучения ( $t$ ). В таблице 1 указаны интервалы параметров в эксперименте, выбранные в качестве факторов.

Таблица 1 – Интервалы параметров в эксперименте, выбранные в качестве факторов

Пожарная нагрузка, МДж/м <sup>2</sup>			Коэффициент проемов, %			Продолжительность облучения, мин		
Наименьшее значение, $Q_-$	Среднее значение, $Q_0$	Наибольшее значение, $Q_+$	Наименьшее значение, $k_-$	Среднее значение, $k_0$	Наибольшее значение, $k_+$	Наименьшее значение, $t_-$	Среднее значение, $t_0$	Наибольшее значение $t_+$
20	910	1800	10	57.5	95	10	80	150

В качестве критерия наступления условия распространения пожара от очага теплового облучения на элементы конструкций смежного объекта рассматривается температура воспламенения материалов, из которых выполнены такие элементы.

Математическая модель по сделанным нами предположениям соответствует линейной зависимости противопожарных расстояний и факторов, которая выглядит как уравнение (1) [8, 9]:

$$y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_4x_1x_2 + b_5x_1x_3 + b_6x_2x_3 + b_7x_1x_2x_3, \quad (1)$$

где  $x_1, x_2, x_3$  – параметры, учитывающие выбранные факторы, указанные в таблице 1;

$b_0, b_1, b_2, b_3, b_4, b_5, b_6, b_7$  – константы уравнения числовой регрессии.

Для определения констант уравнения числовой регрессии по формуле (1) необходимо провести 8 численных экспериментов [8, 9] по составленной для этого матрице планирования (таблица 2).

Таблица 2 – Типичная матрица планирования полного факторного эксперимента для построения математической модели

Номер эксперимента	x <sub>1</sub>	x <sub>2</sub>	x <sub>3</sub>	x <sub>1</sub> , x <sub>2</sub> ,	x <sub>1</sub> , x <sub>3</sub>	x <sub>2</sub> , x <sub>3</sub>	x <sub>1</sub> , x <sub>2</sub> , x <sub>3</sub>
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>
1	+	+	+	+	+	+	+
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>
2	-	+	+	-	-	+	-
3	+	-	+	-	+	-	-
4	-	-	+	+	-	-	+
5	+	+	-	+	-	-	-
6	-	+	-	-	+	-	+
7	+	-	-	-	-	+	+
8	-	-	-	+	+	+	-

Для проведения полного факторного эксперимента с помощью полевой модели рассчитаны значения температуры верхнего слоя конструктивных элементов смежного объекта с источником теплового излучения для всех вариаций значимых параметров, которые определены в таблице 1. Результаты расчета приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Рассчитанные значения температуры верхнего слоя конструктивных элементов смежного объекта с источником теплового излучения для всех вариаций значимых параметров

Расстояние от центра теплового излучения, м	Расчетное значение температуры для соответствующего номера эксперимента по таблице 2							
	1	2	3	4	5	6	7	8
4	54	26	46	27	31	25	30	25
6	103	45	75	33	45	25	37	25
8	226	75	163	66	90	27	69	28
10	314	124	239	110	132	29	107	34
15	427	190	334	184	201	34	166	50
18	625	331	477	326	339	53	274	97

Варьируя параметрами по таблицам 1–2 и проводя расчеты по формуле (1), получены противопожарные расстояния между зданиями во время пожара с учетом значимых факторов влияния. Полученные данные для различных конструктивных характеристик объектов, которые облучаются, приведены в таблицах 4–6.

Таблица 4 – Противопожарные расстояния, полученные в условиях полного факторного эксперимента по принятой матрице планирования для объекта, который облучается и в конструктивных элементах фасада которого используются горючие материалы

Номер эксперимента	1	2	3	4	5	6	7	8
Противопожарные расстояния, м	9,1	5,5	7,1	5,0	5,2	2,5	4,4	2,0

Таблица 5 – Противопожарные расстояния, полученные в условиях полного факторного эксперимента по принятой матрице планирования для объекта, который облучается и в конструктивных элементах фасада которого используются не горючие материалы

Номер эксперимента	1	2	3	4	5	6	7	8
Противопожарные расстояния, м	8,3	4,4	6,7	4,3	4,5	2,0	2,0	2,0

Таблица 6 – Противопожарные расстояния, полученные в условиях полного факторного эксперимента по принятой матрице планирования для технологического объекта, который облучается и в котором вращаются горючие жидкости

Номер эксперимента	1	2	3	4	5	6	7	8
Противопожарные расстояния, м	13,1	7,3	10,8	7,0	7,5	4,0	6,6	2,0

Используя данные таблиц 4–6, определены константы уравнения числовой регрессионной зависимости (1) по формулам (2) [8, 9]:

$$\begin{aligned}
 b_0 &= \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N y_i; \quad b_1 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_1 y_i; \quad b_2 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_2 y_i; \\
 b_3 &= \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_3 y_i; \quad b_4 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_1 x_2 y_i; \\
 b_5 &= \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_1 x_3 y_i; \quad b_6 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_2 x_3 y_i; \quad b_7 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_1 x_2 x_3 y_i,
 \end{aligned} \tag{2}$$

где  $N = 8$  – количество экспериментальных ситуаций согласно плану эксперимента;

$x_i$  – значение параметра по матрице планирования (см. таблицу 2);

$y_i$  – значение противопожарного расстояния по таблицам 4–6.

Константы уравнения числовой регрессии приведены в таблицах 7–9.

Таблица 7 – Константы уравнения числовой регрессии для случая горючего фасада

Коэффициент	$b_0$ ,	$b_1$ ,	$b_2$ ,	$b_3$ ,	$b_4$ ,	$b_5$ ,	$b_6$ ,	$b_7$
Значение	5,09	1,34	0,475	1,573	0,225	0,073	0,134	0,134

Таблица 8 – Константы уравнения числовой регрессии для случая не горючего фасада

Коэффициент	$b_0$ ,	$b_1$ ,	$b_2$ ,	$b_3$ ,	$b_4$ ,	$b_5$ ,	$b_6$ ,	$b_7$
Значение	4,275	1,1	0,525	1,65	0,5	0,475	-0,1	-0,125

Таблица 9 – Константы уравнения числовой регрессии для случая технологического объекта, в котором вращаются жидкие нефтепродукты

Коэффициент	$b_0$ ,	$b_1$ ,	$b_2$ ,	$b_3$ ,	$b_4$ ,	$b_5$ ,	$b_6$ ,	$b_7$
Значение	7,247	2,215	0,698	2,243	0,125	0,21	-0,037	0,39

Используя полученную регрессионную зависимость, построены соответствующие поверхности зависимости противопожарных расстояний от выбранных наиболее значимых параметров, которые показаны на рисунке 1.

На построенных поверхностях показаны уровни, соответствующие разным значениям противопожарных расстояний.

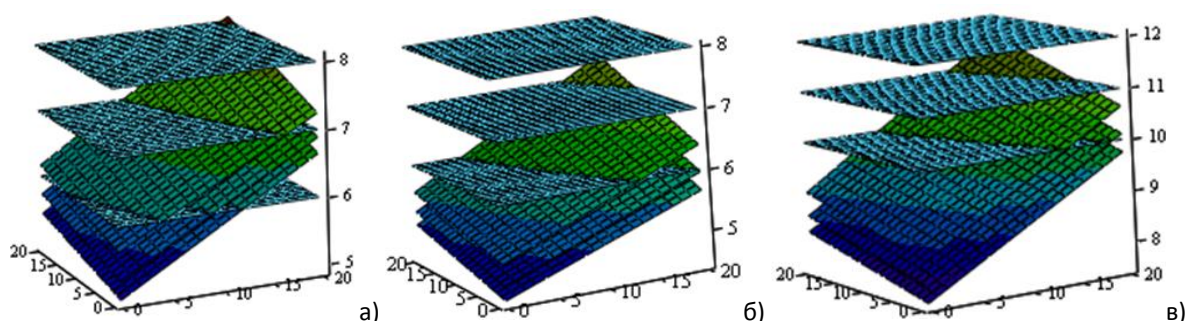


Рисунок 1 – Поверхности зависимости противопожарных расстояний от наиболее значимых параметров: а) для случая горючего фасада, б) для случая не горючего фасада, в) для случая технологического объекта, в котором вращаются жидкие нефтепродукты

Полученные данные позволяют провести определение минимальных значений противопожарных расстояний для обеспечения условия нераспространения пожара от одного объекта на другой.

Проверка результатов расчета по регрессионной зависимости проведена по абсолютным, относительным, среднеквадратическим отклонениям и критерию Фишера. Установлено, что относительное отклонение составляет около 10 %, что подтверждает адекватность разработанной модели.

Используя построенные регрессионные зависимости, созданы таблицы 10–12 для определения минимальных противопожарных расстояний в зависимости от соответствующих параметров факторов, влияющих на процессы теплопередачи от объекта, который горит на элементы конструкций смежного объекта.

Таблица 10 – Определение противопожарных расстояний для объекта, который облучается и выполнен из горючего фасада

Величина пожарной нагрузки, Мдж/м <sup>2</sup>	Коэффициент проемов в наружных ограждающих конструкциях, %, с учетом продолжительности облучения, мин											
	до 25 %			от 25 до 50 %			от 50 до 90 %			от 90 %		
	<10	10÷60	>60	<10	10÷60	>60	<10	10÷60	>60	<10	10÷60	>60
До 100	5,0	6,0	7,0	5,0	6,0	7,0	5,5	6,5	7,5	6,0	6,5	7,5
От 100 до 400	5,5	6,5	7,5	5,5	6,5	7,5	6,0	7,0	8,0	6,5	7,0	8,0
От 400 до 1500	6,0	7,0	8,0	6,0	7,0	8,0	6,5	7,5	8,5	7,0	7,5	9,0
От 1500	6,5	7,5	8,5	6,5	7,5	8,5	7,0	8,0	9,0	7,5	8,0	9,5

Таблица 11 – Определение противопожарных расстояний для объекта, который облучается и выполнен из не горючего фасада

Величина пожарной нагрузки, Мдж/м <sup>2</sup>	Коэффициент проемов в наружных ограждающих конструкциях, %, с учетом продолжительности облучения, мин											
	до 25 %			от 25 до 50 %			от 50 до 90 %			от 90 %		
	<10	10÷60	>60	<10	10÷60	>60	<10	10÷60	>60	<10	10÷60	>60
До 100	4,5	5,0	6,0	4,5	5,0	6,0	4,5	5	6,0	5,0	5,5	6,5
От 100 до 400	5,0	5,5	6,5	5,0	5,5	6,5	5,0	5,5	6,5	5,5	6,0	7,0
От 400 до 1500	5,5	6,0	7,5	5,5	6,0	7,5	6,0	6,0	8,0	6,0	7,0	8,0
От 1500	6,0	6,5	8,0	6,0	6,5	8,0	6,5	7,0	8,5	6,5	7,5	8,5



Таблица 12 – Определение противопожарных расстояний для технологического объекта, в котором вращаются горючие жидкости

Величина пожарной нагрузки, Мдж/м <sup>2</sup>	Коэффициент проемов в наружных ограждающих конструкциях, % с учетом продолжительности облучения, мин											
	до 25 %			от 25 до 50 %			от 50 до 90 %			от 90 %		
	<10	10÷60	>60	<10	10÷60	>60	<10	10÷60	>60	<10	10÷60	>60
До 100	7,5	8,5	10,0	8,0	8,5	10,0	8,0	9,0	10,0	8,5	9,0	10,5
От 100 до 400	8,0	9,0	10,5	8,5	9,0	10,5	8,5	9,5	10,5	9,0	9,5	11,0
От 400 до 1500	9,5	10,5	12,0	9,5	10,5	12,0	10,0	10,5	12,5	10,0	11,0	13,0
От 1500	10,0	11,0	12,5	10,0	11,0	12,5	10,5	11,5	13,0	10,5	11,5	14,0

Чтобы воспользоваться таблицами 10–12, предварительно необходимо рассчитать такие параметры, как величина пожарной нагрузки, коэффициент учета площади проемов в наружных ограждающих конструкциях и продолжительность теплового облучения.

*Величину пожарной нагрузки* для пожарного отсека или помещения, выделенного противопожарными преградами, определяют расчетным методом в соответствии с СТ СЭВ 446 или можно принять среднее значение по функциональному назначению здания.

*Коэффициент учета площади проемов* в наружных ограждающих конструкциях определяют по формуле (3):

$$O = A_{v1} \sqrt{h_{eq}} / A_{t1} \quad (3)$$

где  $A_{v1}$  – общая площадь проемов в наружной стене, противоположной смежному зданию, которое воспринимает тепло от здания, где возник пожар, м<sup>2</sup>;

$A_{t1}$  – общая площадь внешней ограждающей конструкции (включая проемы), противоположной смежному зданию, которое воспринимает тепло от здания, где возник пожар, м<sup>2</sup>;

$h_{eq}$  – среднее значение высоты проемов в наружной стене, противоположной смежному зданию, которое воспринимает тепло от здания, где возник пожар, м.

*Продолжительность теплового облучения* определяют по формуле (4):

$$t = t_{пв} + t_{зб} + t_{сл} + t_{ор} \quad (4)$$

где  $t_{пв}$  – время от начала пожара до сообщения о пожаре в подразделение пожарной охраны, мин;

$t_{зб}$  – время сбора личного состава подразделения пожарной охраны по тревоге, мин;

$t_{сл}$  – время следования подразделения пожарной охраны на пожар, мин. (принимают по ДСТУ 8767);

$t_{ор}$  – время оперативного развертывания подразделения пожарной охраны на пожар, мин, определяется по формуле (5):

$$t_{ор} = L/v_{пр} \quad (5)$$

где  $L$  – расстояние от пожарного автомобиля к месту дислокации (позиции) пожарного-ствольщика, м;

$v_{пр}$  – средняя скорость движения пожарного подразделения при проведении оперативного развертывания, м/мин.

### Выводы

1. Для оценки противопожарных расстояний между смежными строительными объектами предложено использовать критерий «температура воспламенения материалов».

2. На основе результатов, полученных в ходе проведения полного факторного эксперимента, построена математическая модель, описывающая закономерность изменения противопожарных расстояний от теплообразующей способности пожарной нагрузки ( $Q$ ), коэффициента проемов в наружных ограждающих конструкциях ( $k$ ) и продолжительности облучения ( $t$ ), а также подтверждена ее адекватность.

3. На основе регрессионной линейной зависимости обоснован расчетно-табличный метод определения противопожарных расстояний для объекта, который облучается и выполнен из горючего, негорючего фасада, а также объекта, в котором вращаются жидкие нефтепродукты.

### Литература

1. ДБН Б.2.2-12:2018 Планировка и застройка территорий. – [Дата введения 2018-09-01]. – К.: Минрегион Украины, 2018. – 179 с.

2. Ройтман, М.Я. Основы противопожарного нормирования в строительстве // Проблемы безопасности при чрезвычайных ситуациях. – М.: ВНИИТИ. – 1969. – Вып. 4. – С. 297–298.

3. Jönsson R., Frantzich H., Karlsson B., Magnusson S.E., Ondrus J., Pettersson O., Bengtsson S., Osterling T., Thor J., Brandskydd – Teori och Praktik, Brandskyddslaget, LTH-Brandteknik, Stockholm, 1994, In Swedish..

4. Басманов, А.Е. Теоретические основы предупреждения каскадного распространения пожара в резервуарных парках с нефтепродуктами и повышение эффективности его ликвидации: Дис. ... доктора тех.наук: 21.06.02.

5. Пожарная профилактика в строительстве / Б.В. Грушевский [и др.]; под ред. В.Ф. Кураленкина. – М.: ВИПТШ, 1985. – 451 с.

6. Исследования теплового влияния факела модельного очага пожара класса В на элементы смежных объектов/ В.В. Нижник [и др.] // Вестник Кокшетауского технического института КЧС МВД Республики Казахстан. – 2019. – № 2 (34). — С. 62–71.

7. Нижник, В.В. Исследование теплового влияния очага пожара через оконные проемы здания на элементы смежных объектов / В.В. Нижник // Науковий вісник: Цивільний захист та пожежна безпека. – 2019. – № 1 (7). – С. 26–32.

8. Крамер, Г. Математические методы статистики / Г. Крамер. – М.: Мир, 1975. – 648 с.

9. Шведов, А.С. Теория вероятности и математическая статистика / А.С. Шведов. – М.: Издательский дом ГУ ВШЭ, 2005. – 63 с.



**УДК.614.849**

**Гузарик А.В.**

*Учреждение «Научно-исследовательский институт пожарной безопасности и проблем чрезвычайных ситуаций» Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь, г. Минск*

### **СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНИЧЕСКИХ НОРМАТИВНЫХ ПРАВОВЫХ АКТОВ И НОРМАТИВНЫХ ПРАВОВЫХ АКТОВ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ В ОБЛАСТИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ В ЖИЛИЩНОМ ФОНДЕ**

Определены перспективные направления совершенствования технических нормативных правовых актов и нормативных правовых актов в области обеспечения пожарной безопасности в жилищном фонде.

*Ключевые слова:* пожарная безопасность, жилищный фонд, правила пожарной безопасности

**A.V. Guzarik**

*The Establishment «Scientific and Research Institute of Fire Safety and Emergencies» of the Ministry for Emergency Situations of the Republic of Belarus, Minsk*

### **IMPROVEMENT OF TECHNICAL NORMATIVE LEGAL ACTS AND NORMATIVE LEGAL ACTS OF THE REPUBLIC OF BELARUS IN THE FIELD OF FIRE SAFETY IN THE HOUSING STOCK**

Promising areas for improving technical regulatory legal acts and regulatory legal acts in the field of ensuring fire safety in the housing stock are identified

*Keywords:* fire safety, housing stock, fire safety regulations.

В целях обеспечения пожарной безопасности граждан в жилищном фонде Республики Беларусь (жилые дома, в том числе общежития, и жилые помещения) на регулярной основе проводится совершенствование технических нормативных правовых актов и нормативных правовых актов, регулирующих вопросы обеспечения пожарной безопасности в указанной области.

Существенные изменения в регулировании вопросов обеспечения пожарной безопасности в жилищном фонде произошли со вступления в силу [1] с 26 февраля 2018 года.

В соответствии с [1] юридические лица и индивидуальные предприниматели (далее – субъекты хозяйствования) в процессе эксплуатации жилищного фонда обязаны соблюдать требования [1]. Иные требования пожарной безопасности к эксплуатации жилищного фонда, содержащиеся в технических нормативных правовых актах, подлежат применению по усмотрению субъектов хозяйствования. Данные требования

могут не соблюдаться при условии обеспечения в процессе деятельности безопасности, исключая причинение вреда государственным или общественным интересам, окружающей среде, жизни, здоровью, правам и законным интересам граждан, если иное не предусмотрено [1] и иными решениями Президента Республики Беларусь.

Таким образом, требования к эксплуатации жилищного фонда, содержащиеся в [2], применяются по усмотрению субъектов хозяйствования. При этом в процессе эксплуатации жилищного фонда субъекты хозяйствования, помимо соблюдения требований [1], обязаны соблюдать [3]. Граждане, эксплуатирующие жилищный фонд, по-прежнему в настоящее время обязаны соблюдать требования [2].

Учитывая необходимость актуализации требований [2] с учетом практики их применения, а также наличия обязательных для соблюдения субъектами хозяйствования требований [1, 3], подготовлено изменение в [4], которым предусматривается компетенция МЧС в части утверждения правил пожарной безопасности в жилищном фонде.

В указанных правилах, в целях исключения пробелов в обеспечении пожарной безопасности в зданиях, сооружениях, помещениях и на территориях, находящихся в собственности и (или) владении и пользовании граждан Республики Беларусь, иностранных граждан и лиц без гражданства, планируется установить требования к эксплуатации многоквартирных жилых домов и их придомовой территории, блокированных жилых домов, многоквартирных жилых домов, жилых помещений, садовых домиков, дач, придомовой их территории и расположенных на ней хозяйственных построек (гаражи, летние кухни, бани, сараи, навесы, беседки и подобные).

С утверждением правил пожарной безопасности в жилищном фонде планируется отмена [2].

### Литература

1. О развитии предпринимательства [Электронный ресурс] : – Режим доступа: <http://pravo.by/document/?guid=12551&p0=Pd1700007&p1=1>. – Дата доступа: 30.09.2019.

2. Правила пожарной безопасности Республики Беларусь. ППБ Беларуси 01-2014 [Электронный ресурс] : постановление М-ва по чрезвычайн. ситуациям Респ. Беларусь от 14 марта 2014 г. № 3 // СПС КонсультантПлюс. Беларусь / ООО «ЮрСпектр», Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. – Минск, 2019.

3. Об утверждении специфических требований [Электронный ресурс] : – Режим доступа: <http://www.government.by/upload/docs/filec193cda80c396d39.PDF>. – Дата доступа: 30.09.2019.

4. О пожарной безопасности [Электронный ресурс]: Закон Респ. Беларусь от 15 июня 1993 г. № 2403-ХП: в ред. от 30 дек. 2015 г. № 334-З // СПС КонсультантПлюс. Беларусь / ООО «ЮрСпектр», Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. – Минск, 2018.



**УДК 614.849**

**Никитин В.И., Зарубицкая Т.И., Михеев Е.А., Ефремова А.С.**

*Учреждение «Научно-исследовательский институт пожарной безопасности и проблем чрезвычайных ситуаций» Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь*

## **ТЕХНИЧЕСКОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ В ОБЛАСТИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ**

Защита от пожаров жизни и здоровья людей, имущества и объектов различного назначения, окружающей среды остается одной из важнейших функций любого государства. Каждый из нас должен быть уверен в безопасности используемой продукции, в том числе в части требований пожарной безопасности.

Учитывая современный уровень развития технологий и интеграционные международные процессы, Республика Беларусь совершенствует требования в области обеспечения пожарной безопасности.

*Ключевые слова:* технический комитет, пожарная безопасность, техническое регулирование

**V. Nikitin, T. Zarubitskaya, Y. Mikheyev, A. Efremova**

*The Establishment «Research Institute of Fire Safety and Emergencies» of the Ministry for Emergency Situations of the Republic of Belarus, Minsk, Belarus*

## **TECHNICAL REGULATION IN THE FIELD OF FIRE SAFETY**

Fire protection of people's life and health, property, objects of various purposes, environment remains one of the most important functions of any state. Each of us in one way or another is obliged to know and fulfill the fire safety requirements.

Given the current level of technology development and international integration processes, the Republic of Belarus is improving fire safety requirements.

*Key words:* technical committee, fire safety, technical regulation

Научно-исследовательский институт пожарной безопасности и проблем чрезвычайных ситуаций Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь (далее – НИИ ПБиЧС) являясь базовой организацией по стандартизации в области пожарной безопасности, осуществляет разработку и совершенствование ТНПА системы противопожарного нормирования и стандартизации.

Основными задачами по техническому регулированию в области пожарной безопасности являются:

создание и совершенствование нормативной базы в области обеспечения пожарной безопасности;

гармонизация отечественного нормативного поля с международными и европейскими стандартами.

В целях всестороннего рассмотрения и обсуждения разрабатываемых проектов ТНПА в области технического нормирования и стандартизации (ГОСТ, СТБ, ТКП и др.), устанавливающими требования пожарной безопасности и методы испытаний, предъявляемые к средствам обеспечения пожарной безопасности и пожаротушения, их монтажу, наладке, обслуживанию и эксплуатации, выполнению работ по повышению огнестойкости строительных конструкций и снижению пожарной опасности веществ и материалов, на базе НИИ ПБиЧС в 2015 году создан и в настоящее время функционирует технический комитет по стандартизации ТК ВУ 35 «Средства обеспечения пожарной безопасности и пожаротушения. Требования в области обеспечения пожарной безопасности» (далее – ТК ВУ 35, технический комитет).

Основная задача ТК ВУ 35 – разработка и совершенствование проектов ТНПА с учетом мнения компетентных специалистов в области обеспечения пожарной безопасности.

В состав технического комитета входят как изготовители продукции, так и органы по сертификации, ряд испытательных лабораторий, учебные заведения, а также республиканские органы госуправления – Минстройархитектуры, Минтранс и Минобразования.

Сегодня состав ТК ВУ 35 насчитывает 51 полноправного члена и 5 членов-наблюдателей.

В качестве наблюдателя выступает в том числе Федеральное государственное бюджетное учреждение «Всероссийский ордена «Знак Почета» научно-исследовательский институт противопожарной обороны» МЧС Российской Федерации.

Следует отметить, что в работе технического комитета отмечается постоянная заинтересованность участия в разработке ТНПА непосредственно изготовителей продукции. Так, только в 2018–2019 гг. к полноправным членам технического комитета присоединились 7 организаций, занимающихся производством средств противопожарной защиты.

С 2016 года в техническом комитете работают подкомитеты, созданные для проведения определенной части работ, которые в зависимости от области применения подразделяются:

ТК ВУ 35/ПК1 «Пожарная автоматика и противодымная защита»;

ТК ВУ 35/ПК2 «Пожарная опасность веществ, материалов, строительных конструкций и изделий»;

ТК ВУ 35/ПК3 «Первичные средства пожаротушения. Огнетушащие вещества»;



ТК ВУ 35/ПК4 «Пожарные машины, оборудование, средства индивидуальной защиты и спасения людей при пожаре»;

ТК ВУ 35/ПК5 «Обеспечение пожарной безопасности объектов нормирования».

Функционирование ТК ВУ 35 позволяет учитывать инновационные разработки и технические возможности изготовителей средств обеспечения пожарной безопасности и пожаротушения в Республике Беларусь, повышать конкурентоспособность белорусской продукции за рубежом, а также принимать субъектам бизнеса (производителям продукции) непосредственное участие в разработке требований к ней.

Для реализации указанных возможностей организован и на постоянной основе осуществляется сбор предложений по оптимизации и совершенствованию требований пожарной безопасности, установленных в ТНПА (в том числе посредством официального сайта МЧС).

Поступившие предложения в части совершенствования ТНПА, устанавливающие требования пожарной безопасности, рассматриваются профильными подкомитетами ТК ВУ 35, а также созданными рабочими группами по конкретным ТНПА с принятием решения о необходимости их учета при разработке (внесении изменений) в соответствующие ТНПА.

Работы в рамках стандартизации осуществляются в соответствии с «Программой межгосударственной стандартизации», «Планом государственной стандартизации» и соответствующей им Программой разработки технических нормативных правовых актов, формируемой ТК ВУ 35.

В области пожарной безопасности в 2018–2019 гг. утверждены 1 ТКП, 3 СТБ, изменения в 6 СТБ, 11 ТКП и отменены 4 ТКП, 2 НПБ (без переработки).

Также в настоящее время проводятся работы по разработке 22 ТНПА.

Следует отметить, что одной из приоритетных задач ТК ВУ 35 на период 2019–2021 гг. является участие в межгосударственной стандартизации в области пожарной безопасности.

Так, в настоящее время выполнены этапы разработки и утверждения технического регламента Евразийского экономического союза «О требованиях к средствам обеспечения пожарной безопасности и пожаротушения» (ТР ЕАЭС 043/2017), который вступает в силу с 1 января 2020 года, устанавливающий обязательные для применения и исполнения на территориях государств – членов ЕАЭС требования к средствам обеспечения пожарной безопасности и пожаротушения, а также требования к маркировке этих средств для обеспечения их свободного перемещения на территориях государств – членов ЕАЭС [1].

В соответствии с Программой по разработке межгосударственных стандартов, необходимых для применения и исполнения требований ТР ЕАЭС 043/2017, утвержденной Решением Коллегии Евразийской экономической комиссии от 21 мая 2019 г. № 81, предусмотрена разработка 104 межгосударственных стандартов.

За Республикой Беларусь закреплена разработка 16 межгосударственных стандартов, за Республикой Казахстан – 4, за Российской Федерацией – 85 межгосударственных стандартов (рисунок) [2].

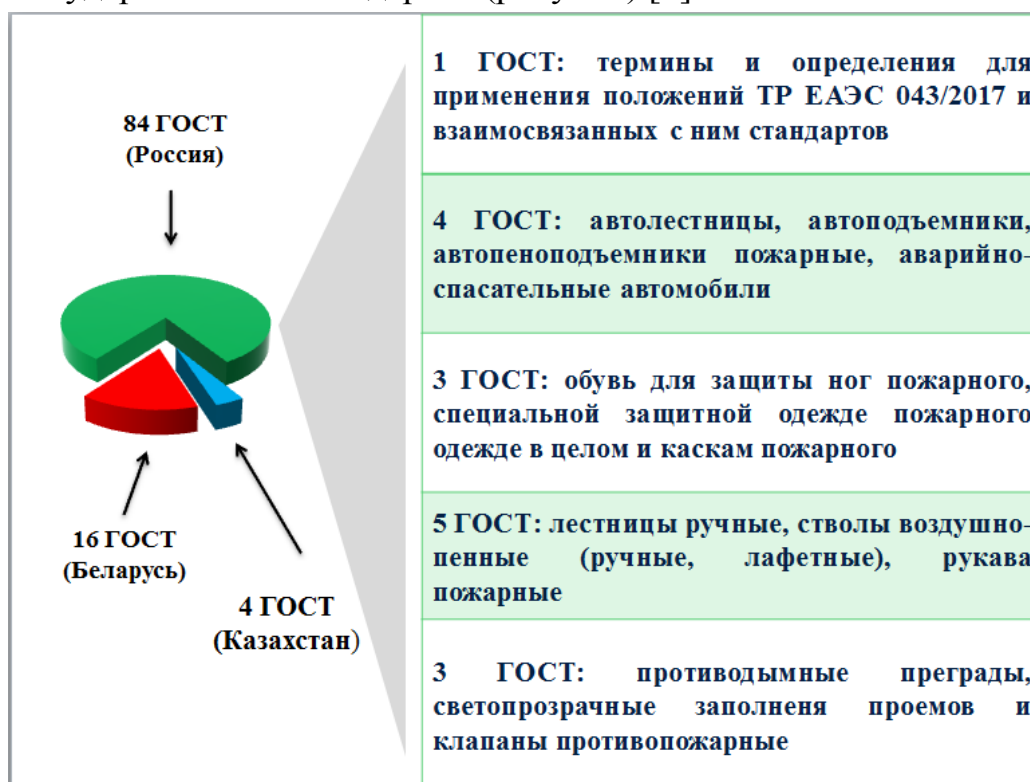


Рисунок – Раскрепление разработки межгосударственных стандартов за странами ЕАЭС и объекты стандартизации, разработка стандартов по которым закреплена за Республикой Беларусь

В настоящее время подготовлены первые редакции 16 межгосударственных стандартов, которые прошли процедуру одобрения в Республике Беларусь в рамках работы ТК ВУ 35 и размещены в автоматизированной интегрированной системе межгосударственного Совета по стандартизации (АИС МГС) с целью дальнейшего рассмотрения национальными органами по стандартизации государств – участников Соглашения о проведении согласованной политики в области стандартизации, метрологии и сертификации от 13 марта 1992 года.

НИИ ПБиЧС в рамках работы технического комитета планируется дальнейшая разработка и совершенствование ТНПА системы противопожарного нормирования и стандартизации для повышения качества

продукции, в том числе предназначенной для использования аварийно-спасательными подразделениями, повышения качества услуг, оказываемых организациями при выполнении монтажных работ, обслуживании пожарной автоматики, ремонте огнетушителей и т.д.

В рамках указанной работы планируется:

продолжить работы над 6 национальными ТНПА;

разработать 16 межгосударственных стандартов, выполнение которых будет обеспечивать соблюдение требований ТР ЕАЭС 043/2017, закрепленных за Республикой Беларусь;

подготовить участие в работе технических комитетов по стандартизации: ТК ИСО 92 «Пожарная безопасность» и ТК ИСО 21 «Оборудование для защиты и тушения пожаров», МТК 274 «Пожарная безопасность», ТК 001 «Производственные услуги», ТКС 03 «Пожарная безопасность».

Реализация намеченного позволит поднять на качественно новый уровень требования по обеспечению пожарной безопасности в нашей республике и странах ЕАЭС.

### Литература

1. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности [Электронный ресурс]: – Решение совета Евразийской экономической комиссии 23 июня 2017 г. № 40 О техническом регламенте Евразийского экономического союза «О требованиях к средствам обеспечения пожарной безопасности и пожаротушения». Доступ из справочной-правовой системы «КонсультантПлюс». – Дата доступа: 04.09.2019.

2. Решение Коллегии ЕЭК № 81 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://docs.eaeunion.org/docs/ru-ru/01421861/clcd\\_24052019\\_81](https://docs.eaeunion.org/docs/ru-ru/01421861/clcd_24052019_81). – Дата доступа: 05.09.2019.



*Научное издание*

**ЧРЕЗВЫЧАЙНЫЕ СИТУАЦИИ:  
ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ И ЛИКВИДАЦИЯ**

Материалы  
VIII Международной научно-практической конференции, посвященной 20-  
летию органов и подразделений  
по чрезвычайным ситуациям  
«Чрезвычайные ситуации: предупреждение и ликвидация»

Редактор С.М. Малашенко