

ЧРЕЗВЫЧАЙНЫЕ СИТУАЦИИ: ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ И ЛИКВИДАЦИЯ

№ 1(55) – 2024

**НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ
ЖУРНАЛ**

Основан в 1995 году

Учредитель — учреждение «Научно-исследовательский институт пожарной безопасности и проблем чрезвычайных ситуаций» МЧС Республики Беларусь

Авторы опубликованных материалов несут ответственность за подбор и точность приведенных фактов, экономических, статистических и других данных, а также за использование сведений, не подлежащих открытой публикации. Редакция может публиковать статьи в порядке обсуждения, не разделяя точку зрения автора.

Статьи, поступающие для публикации в журнале, рецензируются.

При перепечатке материалов ссылка на журнал «Чрезвычайные ситуации: предупреждение и ликвидация» обязательна.

Журнал зарегистрирован в Министерстве информации Республики Беларусь по печати.

Регистрационное свидетельство
№ 1081

Журнал включен в список научных изданий для опубликования результатов диссертационных исследований, утвержденный приказом ВАК Республики Беларусь от 4 июля 2005 г. № 101

Подписной индекс в каталоге РУП «Белпочта» — 007922

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

доктор технических наук, профессор
Болодьян И.А.

кандидат психологических наук, доцент
Герасимчик А.П.

кандидат технических наук
Иванов Ю.С. (заместитель
главного редактора)

кандидат физико-математических наук
Кицак А.И.

доктор физико-математических наук
Ксенофонтов М.А.

ответственный редактор

Шумай С.М.

доктор физико-математических наук,
профессор

Лешенюк Н.С.

кандидат биологических наук
Лупей А.Ю.

кандидат физико-математических наук
Сагайдак Д.И.

доктор технических наук
Саечников В.А.

доктор технических наук
Тычино Н.А. (главный редактор)

доктор технических наук
Хасанов И.Р.

кандидат технических наук
Навроцкий О.Д.

ответственный секретарь
Куделевич Ю.А.



EMERGENCY SITUATIONS: PREVENTION AND ELIMINATION

№ 1(55) – 2024

SCIENTIFIC AND TECHNICAL JOURNAL

Founded in 1995

Founder - The Establishment "Research Institute of Fire Safety and Emergencies" of the Ministry for Emergency Situations of the Republic of Belarus

The authors of published materials are responsible for the selection and accuracy of the facts; economic, statistical and other data, and for the using of information not subject to open publication. The editors can publish articles in discussion order, without sharing the author's point of view.

Articles submitted for publication in the journal are reviewed.

A link to the journal "Emergency Situations: Prevention and Elimination" is required, when you are reprinting material.

The journal is registered by the Ministry of Information of the Republic of Belarus for Press.

Registration Certificate No. 1081

The journal is included in the list of scientific publications for publishing the results of dissertation research, approved by order of the Higher Attestation Commission of the Republic of Belarus of July 4, 2005 No. 101

Subscription index in the catalog of RUE "Belpochta" – 007922

EDITORIAL TEAM:

Grand Ph.D. of Technical Sciences, Professor
Bolodyan I.A.

Ph.D. of Psychological Sciences, associate professor
Gerasimchik A.P.

Ph.D. of Technical Sciences
Ivanov Yu.S. (Deputy Chief Editor)

Ph.D. of Physical and Mathematical Sciences
Kitsak A.I.

Grand Ph.D. of Physical and Mathematical Sciences
Ksenofontov M.A.

Responsible Editor
Shumai S.M.

Grand Ph.D. of Physical and Mathematical Sciences, Professor
Leshenyuk N.S.

Ph.D. of Biological Sciences
Lupey A.Yu.

Ph.D. of Physical and Mathematical Sciences
Sagaidak D.I.

Grand Ph.D. of Technical Sciences
Sayechnikov V.A.

Grand Ph.D. of Technical Sciences
Tychino N.A. (Chief Editor)

Grand Ph.D. of Technical Sciences
Khasanov I.R.

Ph.D. of Technical Sciences
Navrotsky O.D.

Responsible Secretary
Kudelevich Yu.A.



Журнал рекомендован к изданию решением Редакционно-издательского совета учреждения «Научно-исследовательский институт пожарной безопасности и проблем чрезвычайных ситуаций» МЧС Республики Беларусь.

Адрес редакции:

220046, г. Минск, ул. Солтыса, 183а.

Телефоны:

(017) 388-97-00

(017) 388-97-39

(017) 388-97-40

Факс: (017) 388-97-01

E-mail: niipb@mchs.gov.by

Ответственный за выпуск — *Куделевич Ю.А.*

Подписано к печати 24.06.2024. Формат 60×84/8. Бумага офсетная.
Печать цифровая. Усл. печ. л. 12,09. Тираж 35 экз. Заказ 044-2024.

Издатель и полиграфическое исполнение:

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

Свидетельство о государственной регистрации издателя,
изготовителя, распространителя печатных изданий
№ 1/259 от 14.10.2016.

ул. Машиностроителей, 25, 220118, г. Минск

© *Учреждение «Научно-исследовательский институт пожарной безопасности и проблем чрезвычайных ситуаций» МЧС Республики Беларусь, 2024*

The journal is recommended for publication by the decision of the Editorial and Publishing Council of the Research Institute of Fire Safety and Emergencies of the Ministry for Emergency Situations of the Republic of Belarus.

Editorial address:

220046, Minsk, Soltysa st., 183a

Phones:

(017) 388-97-00

(017) 388-97-39

(017) 388-97-40

Fax: (017) 388-97-01

E-mail: niipb@mchs.gov.by

Responsible for the issue — *Kudelevich Yu.A.*

Signed for print 20.12.2023. Format 60 × 84/8. Offset paper.

Digital printing. Print Conv. p.18,37. Circulation 35 copies. Order 044-2024.

Publisher and printing:

The state educational establishment «University of civil protection of the Ministry for emergency situations of the Republic of Belarus»

Certificate of state registration of the publisher, manufacturer, distributor of printed publications No. 1/259 dated 14.10.2016.

Mashinostroiteley st., 25, 220118, Minsk

© *The Establishment «Research Institute of Fire Safety and Emergencies» of the Ministry for Emergency Situations of the Republic of Belarus, 2024*

СОДЕРЖАНИЕ

ОБЩИЕ ВОПРОСЫ.....9

Лупей А.Ю., Бокуть Л.В., Деев Н.А., Мильман В.А.
**ВАЖНЕЙШИЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ПОДПРОГРАММЫ «БЕЗОПАСНОСТЬ ЧЕЛОВЕКА,
 ОБЩЕСТВА И ГОСУДАРСТВА» ЗА 2023 ГОД.....9**

Секотская О.В.
**ОБ ОСНОВНЫХ РЕЗУЛЬТАТАХ РЕАЛИЗАЦИИ В 2023 ГОДУ ГОСУДАРСТВЕННОЙ
 НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ ПРОГРАММЫ «СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ
 ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ И ЛИКВИДАЦИИ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ», 2021 – 2025
 ГОДЫ19**

Ходин М.В., Мельникова О.Е., Оляха Н.М.
**ОБСТАНОВКА С ЧРЕЗВЫЧАЙНЫМИ СИТУАЦИЯМИ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ
 В 2023 ГОДУ24**

ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ, ПОЖАРОВ И АВАРИЙ31

Сизиков А.С., Беляев Ю.В., Литвинович Г.С., Цикман И.М., Попков А.П.
**КОМПЛЕКС ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СПЕКТРАЛЬНО-ПОЛЯРИЗАЦИОННЫХ
 ПАРАМЕТРОВ АППАРАТУРЫ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ
 (ДЗЗ) В ИК-ДИАПАЗОНЕ31**

Кицак А.И., Лобач Д.С., Надточий Д.Н., Ивлев Ю.П.
**РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ
 ТУШЕНИЯ ПОЖАРА ПОДКЛАССА В1 ОГНЕТУШАЩИМ ПОРОШКОМ ОБЩЕГО
 НАЗНАЧЕНИЯ ПРИ КРАТКОВРЕМЕННОМ ВОЗДЕЙСТВИИ НА ОЧАГ ПОЖАРА
 В СХЕМЕ ТУШЕНИЯ ПО ОБЪЕМУ40**

ПОЖАРНАЯ ТЕХНИКА И СРЕДСТВА ЗАЩИТЫ57

Ехилевский С.Г., Голубева О.В., Потапенко Е.П.
**ПОВЫШЕНИЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЗАЩИТНОГО РЕСУРСА
 ИЗОЛИРУЮЩЕГО ПРОТИВОГАЗА В РЕЗУЛЬТАТЕ РЕВЕРСА ПОТОКА
 РЕГЕНЕРИРУЕМОГО ВОЗДУХА.....57**

Василевич Т.И., Шеремет Т.В., Величко К.В.
**РАЗРАБОТКА ТРЕБОВАНИЙ К ОДЕЖДЕ СПЕЦИАЛЬНОЙ ЗАЩИТНОЙ
 ПОЖАРНОГО ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ СОБЛЮДЕНИЙ ТР ЕАЭС 043/2017
 «О ТРЕБОВАНИЯХ К СРЕДСТВАМ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОЖАРНОЙ
 БЕЗОПАСНОСТИ И ПОЖАРОТУШЕНИЯ»67**

Шеремет Т.В., Шатилов Ю.С., Старовойтов А.А., Аниськов В.И., Романенко Я.А.
**ОПЫТНЫЕ ОБРАЗЦЫ РАЗРАБАТЫВАЕМОЙ СПЕЦИАЛЬНОЙ
 ЗАЩИТНОЙ ОДЕЖДЫ71**

Шатилов Ю.С., Лукьянов А.С.

ИССЛЕДОВАНИЕ БОЕВОЙ ОДЕЖДЫ ПОЖАРНОГО В УСЛОВИЯХ
СВЕРХНОРМАТИВНЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ.....75

Шавель Ю.И., Гончаров И.Н., Казябо В.А.

АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ АВТОЛЕСТНИЦ
С ВЫСОТОЙ ПОДЪЕМА 50 И БОЛЕЕ МЕТРОВ, С УЧЕТОМ
ДЕЙСТВУЮЩИХ ТНПА78

ТЕХНОЛОГИИ ЛИКВИДАЦИИ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ89

Бунто И.А., Кицак А.И., Никиточкин Е.Л., Надточий Д.Н., Хотеловский П.В.

ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ОРОШЕНИЯ ОРОСИТЕЛЯ ВОДЯНОГО
ОБЩЕГО НАЗНАЧЕНИЯ ДЛЯ УСЛОВИЙ ПРИМЕНЕНИЯ ПРИ
ПРОТИВОПОЖАРНОЙ ЗАЩИТЕ ВЫСОТНЫХ ПОМЕЩЕНИЙ И СКЛАДОВ89

СПРАВОЧНАЯ ИНФОРМАЦИЯ99

CONTENTS

GENERAL ISSUES.....9

A.Y. Lupei, L.V. Bokut, N.A. Deev, V.A. Milman
 THE MAJOR RESULTS OF THE SUBPROGRAM «SCIENTIFIC SAFETY OF THE PERSON, SOCIETY AND THE STATE» FOR 20239

O.V. Sekotskaya
 THE MAIN RESULTS OF THE IMPLEMENTATION IN 2023 OF THE STATE SCIENTIFIC AND TECHNICAL PROGRAM «MODERN TECHNOLOGIES FOR THE PREVENTION AND ELIMINATION OF EMERGENCY SITUATIONS», 2021 - 2025**Ошибка! Залка не определена.19**

M.V. Hodin, O.E. Melnikova, N.M. Olha
 ANALYSIS OF THE EMERGENCY SITUATIONS IN THE REPUBLIC OF BELARUS IN 2023.....24

PREVENTION EMERGENCY SITUATIONS, FIRES AND ACCIDENTS31

A.S. Sizikov, Y.V. Beliaev, H.S. Litvinovich , I.M. Tsykman, A.P. Popkov
 THE COMPLEX FOR DETERMINATION SPECTRAL-POLARIZATION PARAMETERS OF REMOTE SENSING EQUIPMENT IN THE IR-RANGE31

A.I. Kitsak, D.S. Lobach, D.N. Nadtochii, Y.P. Ivlev
 THE RESULTS OF AN EXPERIMENTAL STUDY OF THE EFFECTIVENESS OF EXTINGUISHING A FIRE OF SUBCLASS B1 WITH A GENERAL-PURPOSE FIRE EXTINGUISHING POWDER WITH SHORT-TERM EXPOSURE TO A FIRE SOURCE IN A VOLUME EXTINGUISHING SCHEME.....40

FIRE EQUIPMENT AND PROTECTIVE EQUIPMENT.....57

S.G. Ekhilevskiy, O.V. Golubeva, E.P. Potapenko
 INCREASING THE USE OF THE PROTECTIVE RESOURCE OF THE INSULATING GAS MASK AS A RESULT OF THE REVERSE FLOW OF REGENERATED AIR57

T.I. Vasilevich, T.V. Sheremet, K.V. Velichko
 DEVELOPMENT OF REQUIREMENTS FOR SPECIAL PROTECTIVE CLOTHING FOR FIREFIGHTERS TO ENSURE COMPLIANCE WITH EAEU TR 043/2017 «REQUIREMENTS FOR FIRE SAFETY AND FIREFIGHTING EQUIPMENT».....67

T.V. Sheremet, Y.S. Shatilov, A.A. Starovoytov, V.I. Aniskov, Ya.A. Romanenko
 EXPERIMENTAL SAMPLES OF SPECIAL PROTECTIVE CLOTHING IN DEVELOPMENT.....71

Y.S. Shatilov, A.S. Lukyanov
 RESEARCH OF FIREFIGHTER UNIFORM IN CONDITIONS OF EXTREME IMPACTS.....75

Y.I. Shavel, I.N. Goncharov, V.A. Kaziabo

ANALYTICAL REVIEW OF THE MAIN PARAMETERS OF AERIAL LADDERS WITH A LIFTING HEIGHT OF 50 METERS OR MORE, TAKING INTO ACCOUNT EXISTING TECHNICAL NORMS AND REGULATIONS78

EMERGENCY RELIEF TECHNOLOGIES.....89

I.A. Bunto, A.I. Kitsak, E.L. Nikitochkin, D.N. Nadtochii, P.V. Hotelovski

STUDY OF THE IRRIGATION CHARACTERISTICS OF A GENERAL-PURPOSE WATER SPRINKLER FOR USE IN FIRE PROTECTIONHIGH-RISE BUILDINGS AND WAREHOUSES.....89

REFERENCE INFORMATION.....99

ОБЩИЕ ВОПРОСЫ

DOI: <https://doi.org/10.54422/1994-439X.2024.1-55.9-18>

УДК 614.256

канд. биол. наук Лупей А.Ю., канд. техн. наук Бокуть Л.В.*, Деев Н.А.*,
канд. физ.-мат. наук Мильман В.А.**

ВАЖНЕЙШИЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ПОДПРОГРАММЫ «БЕЗОПАСНОСТЬ ЧЕЛОВЕКА, ОБЩЕСТВА И ГОСУДАРСТВА» ЗА 2023 ГОД

Главное управление научной, научно-технической и инновационно-производственной деятельности аппарата НАН Беларуси, г.Минск,

**Белорусский национальный технический университет, г.Минск,*

***Объединенный институт проблем информатики НАН Беларуси, г.Минск*

Сформулированы важнейшие результаты работ по подпрограмме научных исследований «Безопасность человека, общества и государства» за 2023 год. Показана их научная и практическая значимость.

Ключевые слова: чрезвычайная ситуация, защита, безопасность.

**Ph.D. in Biology Lupei A.Y., Ph.D. in Engineering Bokut L.V.*, Deev N.A.*,
Ph.D. in Physics and Mathematics Milman V.A.****

THE MAJOR RESULTS OF THE SUBPROGRAM «SCIENTIFIC SAFETY OF THE PERSON, SOCIETY AND THE STATE» FOR 2023

Main Department of Scientific, Innovative-Industrial and Scientific-Technical Activities of the NAS of Belarus, Minsk

**Belarusian National Technical University, Minsk*

***The United Institute of Informatics Problems of NAS Belarus, Minsk*

The major results of works under the subprogram «Scientific safety of the person, society and the state» for 2023 are formulated. Their scientific and practical importance is shown.

Keywords: emergency situations, protection, safety.

Введение

На основании постановления Совета Министров Республики Беларусь от 27.07.2020 № 438 «Об утверждении перечня государственных программ научных исследований на 2021 – 2025 годы» в рамках государственной программы научных исследований «Цифровые и космические технологии, безопасность человека, общества и государства» выполняется подпрограмма «Безопасность человека, общества и государства» (далее – подпрограмма).

Научно-исследовательские работы, связанные с научным обеспечением безопасности в чрезвычайных ситуациях, выполнялись по следующим направлениям:

- обеспечение пожарной безопасности;
- разработка защитной одежды пожарных и спасателей;
- прогнозирование, моделирование и мониторинг чрезвычайных ситуаций;
- разработка автоматизированных систем для подготовки пожарных и спасателей;
- разработка методов судебно-экспертного исследования.

В статье приведены важнейшие результаты научных исследований по указанным выше направлениям.

О научно-практических результатах по подпрограмме

В выполнении заданий Подпрограммы «Безопасность человека, общества и государства» в 2023 году принимали участие 8 организаций, в том числе два учреждения Министерства по чрезвычайным ситуациям, пять учреждений Министерства образования, государственное учреждение «Научно-практический центр Государственного комитета судебных экспертиз Республики Беларусь».

В ходе выполнения заданий программы получены научно-практические результаты прикладного характера, ориентированные на использование в республике. По 11 заданиям подпрограммы в 2023 году создано две новых методики исследований, восемь экспериментальных образцов. Получено два патента на изобретения, подана заявка на патент.

При этом часть результатов уже нашла практическое применение в виде внедренных разработок. Выполнялись 25 новых договоров на создание научно-технической продукции.

По результатам исследований опубликованы одна монография, два учебника и учебных пособия, сборник научных трудов, 60 статей и докладов на конференциях. Исполнители принимали участие в 26 научно-технических мероприятиях, проводимых в Республике Беларусь и за ее пределами.

Обеспечение пожарной безопасности

В Белорусском государственном университете информатики и радиоэлектроники (БГУИР) выполнена работа по систематизации, обработке, анализу и рациональному компьютерному представлению информации о пожарах. Произведена инвентаризация и структурирование статистической и аналитической отчетности (регулярной и по требованию), выполняемой НИИ ПБ МЧС по данным о техногенных пожарах из штатной информационной системы. Оценена трудоемкость подготовки отчетности и уровень когнитивного представления данных, проведен анализ методов и алгоритмов представления данных, и обоснован выбор отечественной информационной системы «РОСТ-Универсальные отчеты» в качестве дополнительной платформы для реализации целей НИР.

В БГУИР также разработаны алгоритмы решения задач поиска скрытых зависимостей и закономерностей в имеющихся базах данных НИИ ПБиЧС МЧС Беларуси. В частности, применены корреляционный, дискриминантный,

кластерный, регрессионный анализ и анализ временных рядов для предварительного исследования данных. Выявлены тренды пожаров и гибели людей в зависимости от времени года, отопительного периода, вида местности (город, село) [1]. Данная разработка позволит сократить трудозатраты на подготовку и обработку данных, а также представить информацию в удобной наглядной форме.

В Белорусском государственном университете (БГУ) выполнена работа по оценке опасности продуктов горения при пожарах в помещениях с отделкой потолков. Проведена классификация вариантов отделки потолков с рассмотрением типов используемых материалов. Всего было отобрано 108 различных материалов, которые использовались в 7 группах отделки («покрытие декоративными штукатурками», «покраска», «подвесные потолки», «кассетные потолки», «натяжные потолки», «потолочные плитки», «панельные потолки»).

Впервые для каждого из материалов в указанных группах определены показатели токсичности, состав продуктов горения материалов отделки и оценены удельные выходы основных токсичных газов в образующейся при горении газовой смеси. Показано, что токсическая опасность продуктов горения материалов в указанных вариантах потолочной отделки увеличивается в ряду: «покрытие декоративными штукатурками» – «покраска» – «подвесные потолки» – «кассетные потолки» – «натяжные потолки» – «потолочные плитки» – «панельные потолки» [2].

Установлено, что токсическая опасность продуктов горения материалов одной группы потолочной отделки зависит, в первую очередь, от их базового состава, а при одинаковом базовом составе – от технологии изготовления готового изделия. Разработан алгоритм, позволяющий установить взаимосвязь между основными параметрами, определяющими токсичность образующихся продуктов горения, и оценить расход материала, превышение которого в помещении фиксированного объема связано с увеличением смертельной опасности при пожаре. Полученные результаты могут быть использованы при выборе вариантов отделки потолков и используемых для этого материалов.

Данные могут быть использованы в интересах МЧС Беларуси, Министерства архитектуры и строительства, Государственного комитета по стандартизации и др. для решения задач, направленных на снижение рисков при чрезвычайных ситуациях, сопровождающихся возгоранием в помещении.

Разработка защитной одежды пожарных и спасателей

В Научно-исследовательском институте пожарной безопасности и проблем чрезвычайных ситуаций (НИИ ПБ и ЧС) МЧС Беларуси выполнены работы по исследованию материалов для защитной одежды спасателей. Обоснован выбор несущей основы, компонентов полимерного покрытия и их оптимального соотношения для производства материала верха костюма химической защиты (костюм изолирующий химический - КИХ), и разработан технологический процесс производства материала верха КИХ. Разработана программа и методика проведения экспериментальных исследований физико-

механических и теплофизических показателей материала верха КИХ, а также его устойчивости к воздействию агрессивных сред.

Проведены экспериментальные исследования физико-механических и теплофизических показателей материала верха КИХ, а также его устойчивости к воздействию агрессивных сред. Осуществлена оптимизация технологического процесса нанесения полимерного покрытия на несущую основу. Проведена промышленная апробация и выпуск материала верха КИХ.

Полученные результаты лягут в основу дальнейших исследований по разработке метода получения функциональных текстильных материалов для защитной одежды, обладающих стойкостью к термическим воздействиям и агрессивным средам.

Прогнозирование, моделирование и мониторинг чрезвычайных ситуаций

В **Брестском государственном техническом университете (БрГТУ)** выполнены работы по прогнозированию и визуализации затопления и связанных социально-экономических рисков при дождевых паводках на урбанизированных территориях. Скорректирована архитектура системы моделирования затопления урбанизированной территории с учётом комплекса показателей от множественных источников. Доработаны блоки прогнозирования системы моделирования и блок оценки качества прогноза. Предусмотрена возможность ретроспективного сравнения снимков с изображениями, полученными с помощью дистанционного зондирования Земли с возможностью внесения корректирующих коэффициентов в блоке прогноза [3].

Разработана архитектура для запуска элементов программного комплекса в рамках платформы контейнерной виртуализации Kubernetes для параллельной работы программных модулей по извлечению гидрометеоданных из сетевых источников и параллельному запуску расчёта затопления территории на участках поймы реки. Архитектура включает хранение данных гидрометеорологических измерений в кластере на базе СУБД PostgreSQL, а также хранение результатов расчёта и селитебной информации в той же СУБД с использованием модуля расширения PostGIS. Применение оркестратора контейнеров Kubernetes позволило осуществить автоматическое распараллеливание вычислений для одновременной работы с заданным количеством сегментов контролируемой территории, а также обеспечило автоматическое горизонтальное масштабирование системы.

Разработка не имеет аналогов в Беларуси; подсистема адаптивной корректировки прогнозов находится на уровне мировых аналогов, являясь при этом, благодаря интеграции данных от гетерогенных источников, адаптируемой к доступности гидрометеорологической информации. После доработки экспериментальные программные средства, реализующие предложенную архитектуру, могут использоваться в рамках МЧС для мониторинга и оперативного уточнения неблагоприятных гидрологических явлений.

В **Белорусском национальном техническом университете (БНТУ)** выполнены работы по оценке воздействия речных паводков на берега рек и при-

брежные территории. На основе расчетной гидродинамической схемы речного потока разработаны формулы для определения расходов воды в русле и на пойменной части реки. В формулах учитывается кинематический эффект взаимодействия руслового и пойменного потока в активной зоне их взаимного влияния, а также особенности определения коэффициента шероховатости с учетом неоднородности поверхности поймы.

Предложена практическая методика определения площади затопления пойменных территорий на основе морфометрических характеристик речной долины, связывающих площади и объемы затопления речной долины с отметками уровней воды на пойме [4]. По отметке уровня воды на пойме можно определить соответствующие ей площадь и объем затопления.

Для оценки подтопления территории в прибрежной зоне водоемов проведены съемки на тестовых водохранилищах с помощью БПЛА. Исследования показали, что ширина зоны подтопления колеблется от 50 м (водохранилища Криницы, Птичь, Дубровское) до 500 м (водохранилища Петровичи, Заславское) и может достигать 1300 м для больших водохранилищ (водохранилище Витебской ГЭС, правый берег). Общая площадь подтопления прибрежных территорий может составлять в условиях Беларуси – до 15% площади водохранилища. Подпор составляет в среднем 0,5 – 1,5 м.

Разработаны рекомендации по созданию инженерной защиты территории от затопления и подтопления поверхностными водными объектами, которые могут быть использованы для проектирования защитных сооружений и принятия эффективных решений службами МЧС.

В **Белорусском государственном университете (БГУ)** проведены исследования существующих методик и подходов к анализу динамических объектов на основе данных дистанционного зондирования. В ходе исследования обнаружено, что методы глубокого обучения играют существенную роль в семантическом анализе и интерпретации данных. Была предложена и разработана архитектура адаптивной методики детектирования, семантического анализа и интерпретации объектов на основе машинного обучения для задач дистанционного зондирования с использованием аэрокосмических аппаратов [5]. Новаторство предложенной методики заключается в ее способности выявлять долгосрочные взаимосвязи между семантическими признаками во временных рядах. Проведены первичные тесты разработанной методики на основе данных аэрофотосъемки, подтверждающие ее эффективность и безопасность в применении.

Предложенная адаптивная методика детектирования, семантического анализа и интерпретации объектов способствует улучшению классификации объектов на основе семантических признаков и вносит значительный вклад в исследование и развитие области «explainable AI». Результаты исследования представляют потенциальный интерес для организаций, занимающихся геоинформационными системами, мультиспектральными аэрокосмическими системами, а также для организаций, обрабатывающих большие объемы данных, а также для МЧС и организаций, занимающихся сельскохозяйственным, лесным и транспортным мониторингом.

В Научно-исследовательском институте прикладных физических проблем имени А.Н. Севченко БГУ (НИИПФП) выполнено исследование закономерностей извлечения и концентрирования микрокомпонентов металлов из водных сред пенополиуретановым сорбентом. Этот вид сорбентов широко используется для очистки жидких отходов в целом ряде промышленных производств, что позволяет снизить риски чрезвычайных ситуаций, связанных с загрязнением окружающей среды.

Рассчитаны структурные фрагменты и промоделированы возможные варианты сорбции атомов и ионов тяжёлых металлов пенополиуретаном из водных растворов. Построены модели комплексов (**А, В, С, Д и Е**) при рассмотрении различных способов координации атомов кислорода эфирной, карбонильной гидроксильной и мочевиной групп к иону никеля Ni^{2+} при взаимодействии с рассчитанными ранее модельными фрагментами структуры пенополиуретана. Анализ рассчитанных структурных параметров (межатомные расстояния, порядки связей, заряды на атомах) позволяет предположить, что при сорбции из водного раствора в процессе взаимодействия полиуретанового полимера с ионами металла возможно образование координационных связей с различными функциональными группами полимера [6].

Для моделей **А, В, С, Д и Е** с оптимизированными структурными параметрами в гармоническом приближении рассчитаны колебательные спектры. Анализ рассчитанных структурных моделей и экспериментальных колебательных ИК спектров позволяет предположить возможность комплексообразования функциональных групп пенополиуретана с катионом никеля Ni^{2+} . Установлено, что образование координационных связей осуществляется преимущественно с карбонилами уретановой и мочевиной групп, а также с атомами кислорода концевых гидроксильных групп. Определены спектральные критерии, позволяющие делать выводы о том, что преимущественное комплексообразование соответствует моделям комплексов типа **Д** и **Е**. Показано, что использование сравнительно простых моделей фрагментов полиуретана при проведении квантово-химических расчетов дает возможность выявить основные закономерности комплексообразования. Предложены структурные модели и выполнены квантово-химические расчеты с использованием пакета программ GAMESS-US.

В государственном учреждении образования Университет гражданской защиты МЧС Республики Беларусь (УГЗ МЧС) проведен анализ методов решения многокритериальных задач гражданской обороны, обоснован метод решения задачи по определению оптимального соотношения количества сил и средств к времени реализации мероприятий, но с учетом возникновения возможных рисков.

Разработанный вариант структуры инженерно-технических мероприятий гражданской обороны позволит разработать методику оценки эффективности инженерно-технических мероприятий гражданской обороны при функционировании химически опасных объектов с дальнейшим проведением оценки достоверности методики путем сопоставления результатов расчета и экспертных оценок.

Разработка автоматизированных систем для подготовки пожарных и спасателей

В государственном учреждении образования Университет гражданской защиты МЧС Республики Беларусь (УГЗ МЧС) проведен расчет гидродинамических параметров дополнительных съемных насадок к стволу пожарному ручному СПРУ-50/0,7 для формирования сплошной струи огнетушащего вещества. Разработан и изготовлен испытательный стенд для определения основных параметров насадок для формирования сплошной струи в составе ствола пожарного ручного СПРУ-50/0,7. Полученные результаты использованы при разработке конструкции дополнительных съемных насадок к стволу пожарному ручному СПРУ-50/0,7 для формирования сплошной струи огнетушащего вещества [7].

Изготовлены экспериментальные образцы насадок, проведены их испытания в составе ствола пожарного ручного СПРУ-50/0,7 в соответствии с СТБ 11.13.14, проведены их эксплуатационные испытания в подразделениях по чрезвычайным ситуациям. По результатам испытаний проведена доработка конструкции насадок для формирования сплошной струи огнетушащего вещества.

Методы судебно-экспертного исследования

В Научно-практическом центре Государственного комитета судебных экспертиз (НПЦ ГКСЭ) Республики Беларусь разработаны научные основы экспертной оценки холодного оружия ударно-раздробляющего действия (ХОУРД). Предложены основные признаки ХОУРД, алгоритм и экспериментальное программное обеспечение (ПО), необходимые для экспертного решения вопросов отнесения изделий к ХОУРД.

Компьютерное моделирование не может полностью заменить эксперимент, поэтому проведены исследования ХОУРД на основе испытаний с падающим грузом. Изготовлена экспериментальная установка (испытательная машина ударного типа), разработана схема крепления испытуемых объектов и стандартных образцов, а также ударного элемента с использованием специального приспособления. Разработана техническая документация на предложенное устройство.

В НПЦ ГКСЭ Республики Беларусь разработаны методы автоматизированного исследования сложных по макрорельефу поверхностей твердотельных объектов криминалистической и медико-криминалистической экспертизы. Проведена апробация метода текстурного анализа 2D изображений костных препаратов. Даны рекомендации по фотосъемке повреждений костей свода черепа. На полученных изображениях средствами разработанного экспериментального ПО выделены для обработки маски, непосредственно содержащие области с переломом. Снимки обработаны с помощью экспериментального ПО, реализующего метод анализа 2D изображений костных препаратов с опцией вычисления текстурных характеристик и выполнения классификации. Предложено исследуемые объекты разделить на шесть классов повреждений [8].

Проведена апробация метода автоматизированного фрактографического анализа цифровых 3D изображений поверхностей металлических деталей. Проведены исследования по топографии поверхности излома стального стержня шатуна с помощью оптического фокус-вариационного измерения параметров поверхности. Метод фокус-вариационной микроскопии позволяет получить топографическую и цветовую информацию о поверхности излома с высоким разрешением.

Исследования показали, что участки поверхности, связанные с основными стадиями усталостного разрушения (т.е. зарождение трещины, распространение трещины и долом), имеют значительные различия в шероховатости, которые можно объяснить различными условиями нагружения. В целом, поверхности усталостного разрушения имеют наименьшую шероховатость на стадии зарождения трещины и постепенное увеличение на этапе роста усталостной трещины.

Комплексный подход, объединяющий методы количественной фрактографии и оценку изломов металлов с помощью оптического фокус-вариационного измерения параметров поверхности, позволяет реконструировать события разрушений с возможностью интерпретации их топографических особенностей в реальном времени.

Заключение

Большинство описанных исследований будут продолжены в 2024 году в рамках государственной программы научных исследований «Цифровые и космические технологии, безопасность человека, общества и государства».

Полученные результаты найдут применение в практической работе подразделений Министерства по чрезвычайным ситуациям, Государственного комитета судебных экспертиз Республики Беларусь, что позволит повысить эффективность мероприятий по предупреждению, мониторингу и ликвидации чрезвычайных ситуаций, а также при проведении криминалистической и медико-криминалистической экспертиз.

ЛИТЕРАТУРА

1. Tatur, M., Paramonov, A. Open Semantic Technology as the Foundation for New Generation Intelligent System / M.Tatur, A.Paramonov // Сб. научн. трудов Международной науч.-техн. конф. «Открытые семантические технологии проектирования интеллектуальных систем- OSTIS». – Минск, 2023. – Т7.– С. 61–66.

2. Свирщевский, С.Ф Лейнова, С.Л., Соколик, Г.А., Рубинчик, С.Я. Токсичность продуктов горения материалов, используемых для внутренней теплоизоляции помещений / С.Ф. Свирщевский, С.Л. Лейнова, Г.А. Соколик, С.Я. Рубинчик // Материалы X Всероссийской науч.-практ. конф. «Актуальные вопросы совершенствования инженерных систем обеспечения пожарной безопасности объектов». – Иваново, 2023. – С. 443 – 448.

3. Волчек, А.А., Лопух, П.С. Бассейновый подход к гидрологическому районированию Беларуси как фактор оптимального управления водными ре-

сурсами / А.А. Волчек, П.С. Лопух // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. – 2023. – № 4. – С. 48–81.

4. Левкевич, В.Е., Новиков, А.А., Бузук, А.В. Методические рекомендации по расчету устойчивости креплений верховых откосов дамб, плотин и берегов водохранилищ Беларуси / В.Е. Левкевич, А.А. Новиков, А.В. Бузук // Минск: Право и экономика. – 2023. – 45 с.

5. Saetchnikov, I., Skakun, V., Tcherniavskaia, E. Deep Neural Network-Based Dynamical Object Recognition and Robust Multiobject Tracking Technique for Onboard Unmanned Aerial Vehicle's Computer Vision-Based Systems / I. Saetchnikov, V. Skakun, E. Tcherniavskaia // IEEE Journal on Miniaturization for Air and Space Systems. – 2023. – V.4. – № 3. – С. 250–256.

6. Бобкова, Е.Ю., Василевская, Л.Н., Гавриленко, О.О., Ксенофонтов, М.А., Шкредова, Н.А. Спектральные методики определения концентрации катионов тяжелых металлов и фенолкарбоновых кислот / Е.Ю. Бобкова, Л.Н. Василевская, О.О. Гавриленко, М.А. Ксенофонтов, Н.А. Шкредова // Материалы XVI Международной науч.-техн. конф. «Приборостроение». – Минск, 2023. – С. 108 – 109.

7. Рябцев, В.Н., Навроцкий, О.Д., Морозов, А.А., Камлюк, А.Н., Ильюшонок, А.В., Гончаренко, И.А., Шкиндер, О.В. Оптимизация геометрии проточного тракта насадков к стволу пожарному ручному СПРУ-50/0,7 для формирования компактной струи огнетушащего вещества / В.Н. Рябцев, А.О. Лихоманов., О.Д. Навроцкий, А.А. Морозов, А.Н. Камлюк, А.В. Ильюшонок, И.А. Гончаренко, О.В. Шкиндер // Вестник Университета гражданской защиты МЧС Беларуси. – 2023. – Т. 7. – № 4. – С. 370–387.

8. Босяков, С.М., Пронкевич, С.А., Мороз, И.А., Залужный, Г.И. Биомеханическое моделирование напряженного состояния черепа человека при ударе предметом цилиндрической формы / С.М. Босяков, С.А. Пронкевич, И.А. Мороз, Г.И. Залужный // Механика машин, механизмов и материалов. – 2023. – № 1. – С. 88–94.

REFERENCES

1. Tatur, M., Paramonov, A. Open Semantic Technology as the Foundation for New Generation Intelligent System / M.Tatur, A.Paramonov // Сб. научн. трудов Mezhdunarodnoj nauch.-tekhn. konf. «Otkrytye semanticheskie tekhnologii proektirovaniya intellektual'nyh sistem- OSTIS». – Minsk, 2023. – Т.7. – С. 61–66.

2. Svirshchevskij, S.F. Lejnova, S.L., Sokolik, G.A., Rubinchik, S.Ya. Toksichnost' produktov goreniya materialov, ispol'zuemyh dlya vnutrennej teploizolyacii pomeshchenij / S.F. Svirshchevskij, S.L. Lejnova, G.A. Sokolik, S.Ya. Rubinchik // Materialy X Vserossijskoj nauch.-prakt. konf. «Aktual'nye voprosy sovershenstvovaniya inzhenernyh sistem obespecheniya požarnoj bezopasnosti ob"ektov». – Ivanovo, 2023. – С. 443 – 448.

3. Volchek, A.A., Lopuh, P.S. Bassejnovyj podhod k gidrologicheskomu rajonirovaniyu Belarusi kak faktor optimal'nogo upravleniya vodnymi resursami / A.A. Volchek, P.S. Lopuh // Vodnoe hozyajstvo Rossii: problemy, tekhnologii, upravlenie. – 2023. – № 4. – С. 48–81.

4. Levkevich, V.E., Novikov, A.A., Buzuk, A.V. Metodicheskie rekomendacii po raschetu ustojchivosti kreplenij verhovyh otkosov damb, plotin i beregov vodohranilishch Belarusi / V.E. Levkevich, A.A. Novikov, A.V. Buzuk // Minsk: Pravo i ekonomika. – 2023. – 45 s.

5. Saetchnikov, I., Skakun, V., Tcherniavskaia, E. Deep Neural Network-Based Dynamical Object Recognition and Robust Multiobject Tracking Technique for Onboard Unmanned Aerial Vehicle's Computer Vision-Based Systems / I. Saetchnikov, V. Skakun, E. Tcherniavskaia // IEEE Journal on Miniaturization for Air and Space Systems. – 2023. – V.4. – № 3. – S. 250–256.

6. Bobkova, E.Yu., Vasilevskaya, L.N., Gavrilenko, O.O., Ksenofontov, M.A., Shkredova, N.A. Spektral'nye metodiki opredeleniya koncentracii kationov tyazhelyh metallov i fenolkarbonovyh kislot / E.Yu. Bobkova, L.N. Vasilevskaya, O.O. Gavrilenko, M.A. Ksenofontov, N.A. Shkredova // Materialy XVI Mezhdunarodnoj nauch.-tekhn. konf. «Priborostroenie». – Minsk, 2023. – S. 108 – 109.

7. Ryabcev, V.N., Navrockij, O.D., Morozov, A.A., Kamlyuk, A.N., Il'yushonok, A.V., Goncharenko, I.A., Shkinder, O.V. Optimizaciya geometrii protochnogo trakta nasadkov k stvolu pozharnomu ruchnomu SPRU-50/0,7 dlya formirovaniya kompaktnoj strui ognjetushashchego veshchestva / V.N. Ryabcev, A.O. Lihomanov., O.D. Navrockij, A.A. Morozov, A.N. Kamlyuk, A.V. Il'yushonok, I.A. Goncharenko, O.V. Shkinder // Vestnik Universiteta grazhdanskoj zashchity MChS Belarusi. – 2023. – T. 7. – № 4. – S. 370–387.

8. Bosyakov, S.M., Pronkevich, S.A., Moroz, I.A., Zaluzhnyj, G.I. Biomekhanicheskoe modelirovanie napryazhennogo sostoyaniya cherepa cheloveka pri udare predmetom cilindricheskoj formy / S.M. Bosyakov, S.A. Pronkevich, I.A. Moroz, G.I. Zaluzhnyj // Mekhanika mashin, mekhanizmov i materialov. – 2023. – № 1. – S. 88–94.



канд. экон. наук Секотская О.В.

ОБ ОСНОВНЫХ РЕЗУЛЬТАТАХ РЕАЛИЗАЦИИ В 2023 ГОДУ ГОСУДАРСТВЕННОЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ ПРОГРАММЫ «СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ И ЛИКВИДАЦИИ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ», 2021 – 2025 ГОДЫ

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

Приведены основные результаты выполнения в 2023 году государственной научно-технической программы «Современные технологии предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций», 2021 – 2025 годы, направленные на решение основных задач Государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций.

Ключевые слова: предупреждение, ликвидация чрезвычайных ситуаций, современные технологии, безопасность жизнедеятельности, научно-технические разработки.

Ph.D. in Economics Sekotskaya O.V.

THE MAIN RESULTS OF THE IMPLEMENTATION IN 2023 OF THE STATE SCIENTIFIC AND TECHNICAL PROGRAM «MODERN TECHNOLOGIES FOR THE PREVENTION AND ELIMINATION OF EMERGENCY SITUATIONS», 2021 - 2025

Institution “Scientific and Research Institute of Fire Safety and Emergency Situations” of the Ministry for Emergency Situations of the Republic of Belarus, Minsk

The main results of the implementation in 2023 of the state scientific and technical program «Modern technologies for the prevention and elimination of emergency situations», 2021 - 2025, aimed at solving the main tasks of the State system for the prevention and elimination of emergency situations, are given.

Keywords: prevention, elimination of emergency situations, modern technologies, life safety, scientific and technical developments.

Введение

Государственная научно-техническая программа «Современные технологии предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций», 2021 – 2025 годы (далее – ГНТП) включена в перечень государственных и региональных научно-технических программ на 2021 – 2025 годы на основании постановления Совета Министров Республики Беларусь от 26.03.2021 № 173 и утверждена приказом Государственного комитета по науке и технологиям Республики Беларусь от 14.06.2021 № 139.

Основная часть

В период с 2021 по 2023 годы выполнялось 11 заданий ГНТП, 6 из которых завершены в части НИОКР (2 задания завершены в 2023 году), 2 задания включены в ГНТП в 2023 году. В выполнении заданий ГНТП принимали участие 8 организаций: учреждение «Научно-исследовательский институт пожарной безопасности и проблем чрезвычайных ситуаций» Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь, государственное учреждение образования «Университет гражданской защиты Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь», научно-производственное республиканское унитарное предприятие «Научно-исследовательский институт технической защиты информации», Государственное научно-производственное объединение порошковой металлургии, общество с ограниченной ответственностью «Вайсвеб», учреждение образования «Гродненский государственный университет имени Янки Купалы», государственное научное учреждение «Объединенный институт проблем информатики НАН Беларуси», общество с ограниченной ответственностью «ИнКата Продакт Девелопмент». Все научно-технические разработки, выполняемые по ГНТП, относятся к V - VI технологическим укладам.

Основные результаты ГНТП по завершенным в 2023 году заданиям приведены ниже.

Дополнительный функционал программного комплекса «Учет ЧС» (рисунок 1). V технологический уклад. Организации-исполнители – учреждение «Научно-исследовательский институт пожарной безопасности и проблем чрезвычайных ситуаций» Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь, общество с ограниченной ответственностью «Вайсвеб». В результате выполнения НИР расширены функциональные возможности программного комплекса (далее - ПК) «Учет ЧС», разработаны программное обеспечение и программная документация на модернизированный программный комплекс. Дополнительный функционал ПК «Учет ЧС» включает:

модуль «Карты», отражающий за определенный отрезок времени сравнительную обстановку с пожарами, чрезвычайными ситуациями, загораниями, гибелью людей в разрезе районов;

усовершенствованный модуль «Отчеты» с формированием ведомственной и государственной статистической отчетности, предоставляющий отчетные данные для информирования органов власти, органов и подразделений Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь; отчетную форму «Оперативная сводка», интегрированную с программными средствами оперативно-тактического блока;

актуализированный в соответствии с изменениями законодательства модуль «Карточка учета пожара» и модуль «Карточка учета ЧС» с созданием новых разделов;

актуализированные модули «Справочники» и «Безопасность» с внесением изменений в классификаторы, обновлением списка прав для ролей;

актуализированную программную платформу для продления срока эксплуатации ПК «Учет ЧС».

Таким образом, созданный модуль «Карты» обеспечивает визуализацию данных программного комплекса, новый алгоритм обработки статистических данных позволяет более оперативно анализировать данные. Разработанные новые отчетные формы ведомственной и государственной статистической отчетности в модуле «Отчеты», позволяют усовершенствовать учет, повысить точность предоставляемых данных и уменьшить время, затрачиваемое на подготовку отчетов. Кроме того, проведено обновление системного ПО и среды разработки для повышения устойчивости работы программного комплекса. Модернизированный программный комплекс «Учет ЧС» позволит повысить эффективность управления деятельностью органов и подразделений Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь [1].

ПК «Учет ЧС» внедрен в деятельность учреждения «Научно-исследовательский институт пожарной безопасности и проблем чрезвычайных ситуаций» Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь для обеспечения автоматизации сбора и обработки информации в целях обеспечения государственного и ведомственного учета чрезвычайных ситуаций и их последствий.

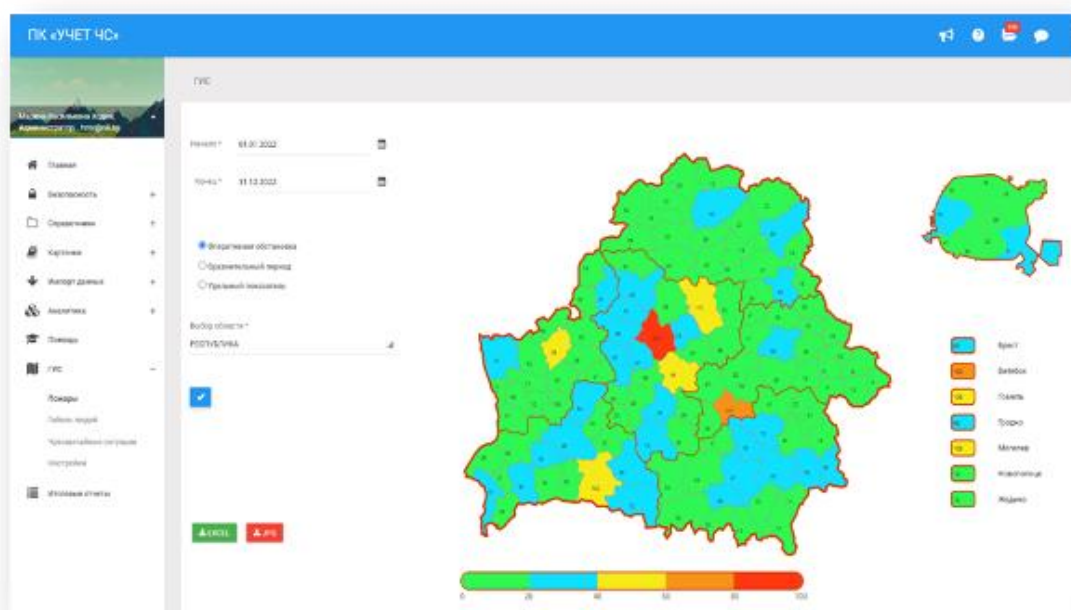


Рисунок 1. - Дополнительный функционал программного комплекса «Учет ЧС» (модуль «Карты»)

Аппаратно-программный комплекс с мобильным клиентом для подразделений, осуществляющих проведение испытаний продукции, веществ и материалов по определению показателей безопасности в чрезвычайных ситуациях (рисунок 2). В технологический уклад. Организации-исполнители – учреждение «Научно-исследовательский институт пожарной безопасности и проблем чрезвычайных ситуаций» Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь, государственное научное учреждение «Объединенный институт проблем информатики НАН Беларуси».

Наиболее значимыми примерами по выпуску продукции в рамках ГНТП «Современные технологии предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций», 2021-2025 годы, превысившими целевые показатели, являются:

блок передачи сообщений с программным обеспечением к нему, серверу и автоматизированному рабочему месту диспетчера системы передачи извещений о чрезвычайных ситуациях - по целевым показателям объем выпуска в 2021 - 2023 г.г. запланирован в количестве 3000 штук, по факту выпущено 3200 штук (в 1,1 раза больше планового показателя);

облегченная пожарная автоцистерна АЦ 8,0-40 (6302) на базе шасси МАЗ с централизованной подкачкой шин - по целевым показателям в 2023 году по плану должно быть выпущено 2 автоцистерны, по факту выпущено 3 автоцистерны (в 1,5 раза больше планового показателя);

программно-аппаратный комплекс «Поведение в толпе» - по целевым показателям в 2023 году по плану должны пройти обучение – 20 000 человек, по факту прошли обучение 59 433 человека (в 2,97 раза больше планового показателя).

Заключение

Таким образом, в 2023 году все задания государственной научно-технической программы «Современные технологии предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций», 2021 – 2025 годы выполнены в установленные сроки и в полном объеме, а достигнутые результаты будут способствовать минимизации социального, экономического и экологического ущерба, наносимого населению, экономике и природной среде от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера.

ЛИТЕРАТУРА

1. Разработать дополнительный функционал программного комплекса «Учет ЧС»: отчет о НИР (заключ.) / ООО «ВайсВеб»; рук. Т.А.Богданович. – Минск, 2023. – 49 с.
2. Разработать аппаратно-программный комплекс с мобильным клиентом для подразделений, осуществляющих проведение испытаний продукции, веществ и материалов по определению показателей безопасности в чрезвычайных ситуациях: отчет о НИР (заключ.) / ОИПИ НАН Беларуси; рук. А.А.Ермоленко. - Минск, 2023. – 30 с.

REFERENCES

1. Razrabotat' dopolnitel'nyy funktsional programmnoy kompleksa «Uchet CHS»: otchet o NIR (zaklyuch.) / OOO «VaysVeb»; ruk. T.A.Bogdanovich. – Minsk, 2023. – 49 s.
2. Razrabotat' apparatno-programmnyy kompleks s mobil'nym kliyentom dlya podrazdeleniy, osushchestvlyayushchikh provedeniye ispytaniy produktsii, veshchestv i materialov po opredeleniyu pokazateley bezopasnosti v chrezvychaynykh situatsiyakh: otchet o NIR (zaklyuch.) / OIPI NAN Belarusi; ruk. A.A.Yermolenko. - Minsk, 2023. – 30 s.



Ходин М.В., Мельникова О.Е., Оляха Н.М.

ОБСТАНОВКА С ЧРЕЗВЫЧАЙНЫМИ СИТУАЦИЯМИ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ В 2023 ГОДУ

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

Проведен анализ статистических данных о чрезвычайных ситуациях, в том числе пожарах в городах и сельских населенных пунктах Республики Беларусь, произошедших в 2023 году, в сравнении с данными 2022 года.

Ключевые слова: чрезвычайная ситуация, пожар, гибель, травмирование, ущерб.

Hodin M.V., Melnikova O.E., Olha N.M.

ANALYSIS OF THE EMERGENCY SITUATIONS IN THE REPUBLIC OF BELARUS IN 2023

Institution “Scientific and Research Institute of Fire Safety and Emergency Situations” of the Ministry for Emergency Situations of the Republic of Belarus, Minsk

The analysis of statistical data on emergency situations (including fires) in the Republic of Belarus in 2023 in comparison with the data in 2022 is carried out.

Keywords: emergency situation, fire, death, injury, damage.

Введение

Данный обзорный материал подготовлен на основе сведений ведомственного учета чрезвычайных ситуаций (далее – ЧС) и их последствий – (включая техногенные пожары по состоянию на 10.02.2024 [1]) и содержит основные показатели обстановки за 2023 год в сравнении с данными 2022 года.

Общие данные

В 2023 году в городах и сельских населенных пунктах республики произошло 5699 чрезвычайных ситуаций, что на 4,2 % меньше по сравнению с 2022 годом (5 949), количество погибших на них людей уменьшилось на 16,6 % (2022 г. – 628, 2023 г. – 524).

В результате ЧС травмировано 534 человека, из них 45 детей; прямой материальный ущерб составил 59256,2 тыс. руб.; уничтожено 1077 строений, 306 единиц техники, 2777 тонн грубых кормов и соломы, погибло 1429 голов скота, 1528175 голов птиц.

Снижение числа ЧС отмечено в г. Минске на 11,7 % (2022 г. – 341, 2023 г. – 301), Брестской – на 8,6 % (907/829), Минской – на 7,4 % (1403/1299), Витебской – на 4,2 % (946/906), Гродненской – на 3,2 % (693/671) и Гомельской – на 2,2 % (923/903) областях.

Рост числа ЧС отмечен в Могилевской области на 7,5 % (734/789) (рисунок 1).

**ЧС республиканского уровня:
2022 г. – 2; 2023 г. – 1**

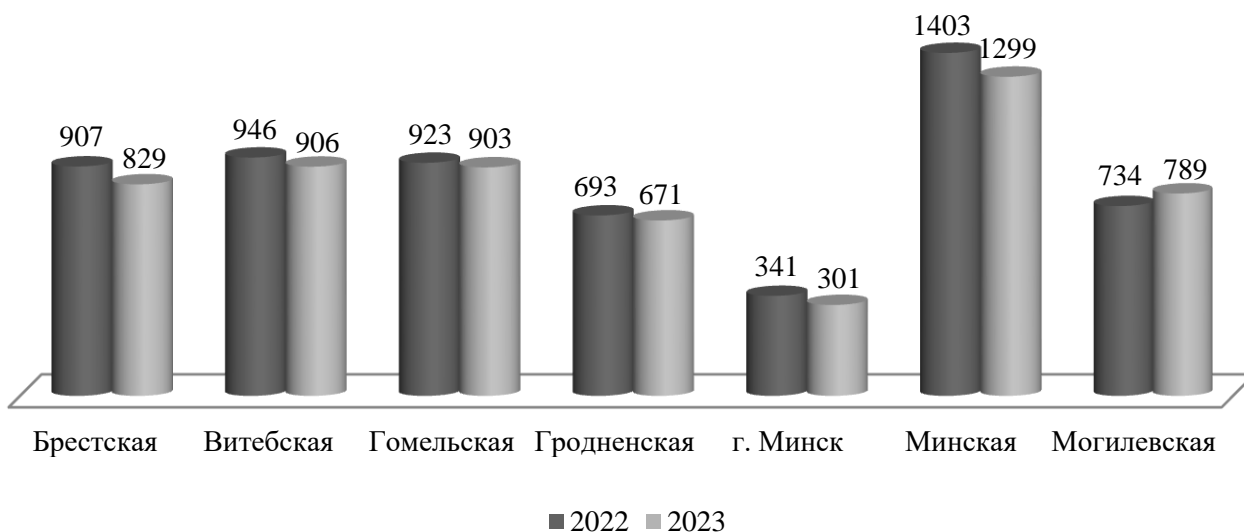


Рисунок 1. – Количество чрезвычайных ситуаций по областям

Показатели по классам чрезвычайных ситуаций

В 2023 году произошло 5683 ЧС техногенного характера, что на 4,4 % меньше по сравнению с 2022 годом (5942), в результате которых погибло 522 человека (-16,9 %, 2022 г. – 628), травмировано 523 человека (5,2 %, 2022 г. – 497), в том числе произошло 7 ЧС техногенного характера (без учета пожаров в населенных пунктах) (75,0%, 2022 г. – 4) в результате которых травмировано 2 человека (в 2022 г. погибших и травмированных не было).

В 2023 году произошло 16 ЧС природного характера (2022 г. – 7), в результате погибло 2 человека, травмировано 11 человек, из них 2 детей (в 2022 г. травмировано 5 человек, из них 1 ребенок).

Распределение ЧС по территории возникновения (прохождения) и группам приведены в таблице.

Таблица – Распределение ЧС

Группы ЧС	Год	Брестская	Витебская	Гомельская	Гродненская	г. Минск	Минская	Могилевская	Республиканского уровня
ПРИРОДНЫЕ	2022	3		1				1	2
	2023	1	7	2	1		3	1	1
геологические	2022			1					
	2023		2						
метеорологические	2022	3						1	2
	2023	1	1		1		1	1	1
гидрологические	2022								
	2023		1	2					
эпизоотии	2022								
	2023		2				2		
массовые отравления с/х животных	2022								
	2023		1						
ТЕХНОГЕННЫЕ (без пожаров)	2022		1	1		1	1		
	2023	1	2				4		
транспортные аварии (катастрофы)	2022			1					
	2023								
наличие в окружающей среде вредных веществ выше ПДК	2022		1				1		
	2023		1				3		
внезапное разрушение сооружений	2022					1			
	2023		1						
аварии на системах жизнеобеспечения	2022								
	2023	1					1		
Пожары в городах и сельских населенных пунктах	2022	904	945	921	693	340	1402	733	
	2023	827	897	901	670	301	1292	788	
ВСЕГО ЧС	2022	907	946	923	693	341	1403	734	2
	2023	829	906	903	671	301	1299	789	1

Показатели по пожарам в городах и сельских населенных пунктах

По данным ведомственного учета пожаров [2], обстановка с пожарами в 2023 году в Республике Беларусь характеризовалась следующими показателями:

- зарегистрировано 5676 пожаров (-4,4 %; 2022 г. – 5938); погребло 522 человека (-16,9%; 628), в том числе 9 детей (14);
- получили травмы 521 человек (4,8 %; 497);
- прямой материальный ущерб составил 52585,6 тыс. руб. (18,9%; 44209,1).

Снижение числа пожаров отмечено в г. Минске – на 11,5 % (2022 г. – 340, 2023 г. – 301), Брестской – на 8,5 % (904/827), Минской – на 7,8 % (1402/1292), Витебской – на 5,1 % (945/897), Гродненской – на 3,3 % (693/670) и Гомельской – на 2,2 % (921/901) областях.

Рост числа пожаров зарегистрирован в Могилевской области на 7,5 % (2022 г. – 733, 2023 г. – 788).

Снижение количества погибших зарегистрировано в Минской области на 37,7 % (154/96), г. Минске – на 25,0 % (36/27), Гомельской – на 24,8 % (105/79), Витебской – на 13,8 % (109/94), Гродненской – на 10,0 % (70/63) и Брестской – на 2,6 % (77/75) областях.

Рост количества погибших зарегистрирован в Могилевской области на 14,3 % (2022 г. – 77, 2023 г. – 88).

Относительные показатели, характеризующие обстановку с пожарами, следующие (рисунок 2):

- количество пожаров в расчете на 10 тыс. населения – 6,2 (2022 г. – 6,4);
- число погибших людей в расчете на 100 тыс. населения – 5,7 (6,8).

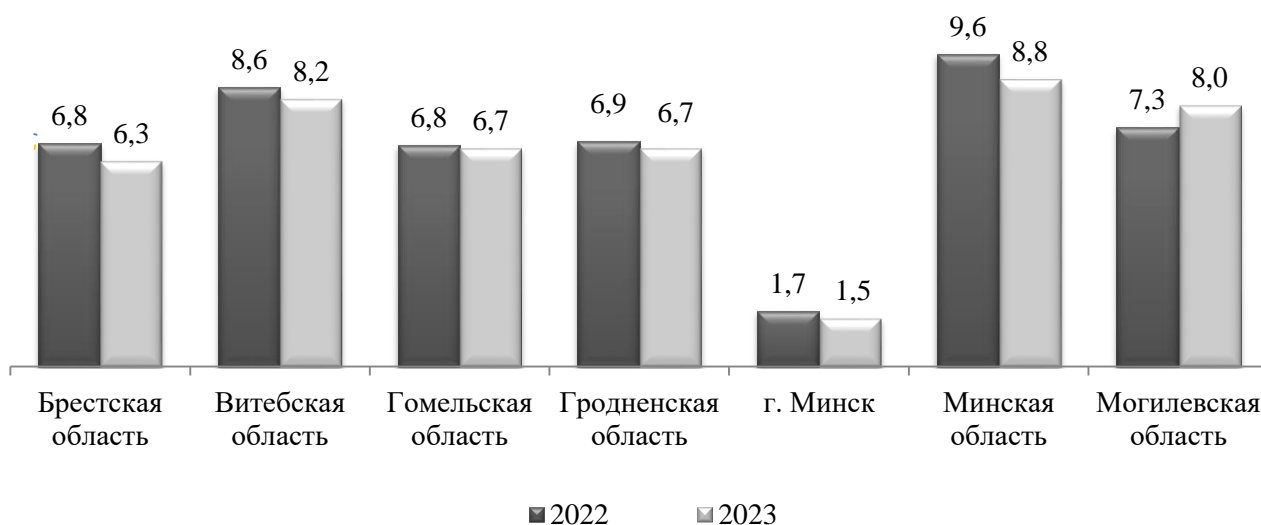


Рисунок 2. – Количество пожаров по регионам на 10 тыс. населения

Наибольшее количество пожаров по местам возникновения приходится на жилой фонд 4403 – 77,6 % (2022 г. – 4673) (рисунок 3).



Рисунок 3. – Распределение количества пожаров по основным местам возникновения

Основным местом возникновения пожаров с гибелью людей остается жилой сектор. В 2023 году произошло 452 пожара с гибелью людей (96,2 % от всех пожаров с гибелью людей), от которых погибло 504 человека (96,6 % от всех погибших). В сравнении с 2022 годом число погибших в жилом секторе уменьшилось на 16,3 % (602).

Причиной 37,3 % пожаров в 2023 году было неосторожное обращение с огнем (рисунок 4), при которых погибло 73,9 % от общего числа погибших при всех пожарах.

Снизилось количество пожаров по причинам: «Неосторожное обращение с огнем» (2022 г. – 2438, 2023 г. – 2116), «Нарушение правил устройства и эксплуатации печей» (1137/1078), «Прочие причины» (58/50), «Нарушение технологического регламента (процесса)» (40/38), «Механическое разрушение узлов и деталей» (39/33), «Конструктивный недостаток изделия, устройства» (29/15), «Пиротехнические изделия» (4/2).

Увеличилось количество пожаров по причинам: «Нарушение правил устройства и эксплуатации электросетей и электрооборудования» (2022 г. – 1604, 2023 г. – 1637), «Поджоги» (160/170), «Нарушение противопожарных требований при проведении огневых работ» (131/139), «Шалость детей с огнем» (92/101), «Нарушение правил эксплуатации газовых устройств и агрегатов» (76/83), «Проявления сил природы» (52/89), «Нарушение правил хранения, использования, изготовления и транспортировки веществ и материалов» (13/20).

В 2023 году зарегистрировано 470 пожаров с гибелью людей (8,3 % от общего числа пожаров). По сравнению с аналогичным периодом 2022 года количество таких пожаров уменьшилось на 14,9 % (-82, 2022 г. – 552), погибло 522 человека, что на 16,9 % меньше показателя прошлого года (-106; 628). Количество погибших детей в 2023 г. – 9 (2022 г. – 14).

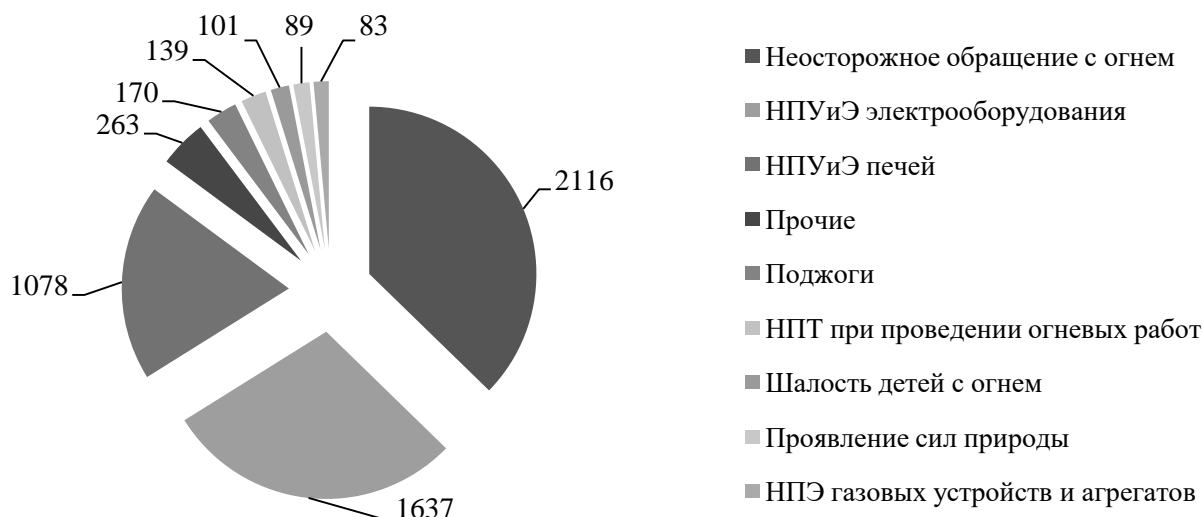


Рисунок 4. – Распределение количества пожаров в зависимости от причин возникновения

Из 522 погибших – 323 (61,9 %) погибло на пожарах, источником зажигания которых явилась непотушенная сигарета, из них 233 находились в состоянии алкогольного опьянения (72,1 %).

По вине лиц, находящихся в состоянии алкогольного опьянения, произошло 657 пожаров, из них 250 привели к гибели людей. 271 человек погиб от пожаров, возникших по вине лиц, находящихся в состоянии алкогольного опьянения.

Обстановка с пожарами в городах.

Зарегистрировано 2410 пожаров (0,6 %, в 2022 г. – 2395). Погибло 211 человек (1,4 %, 208). Среди погибших 3 детей (2022 г. – 10). На пожары в городах пришлось 42,5 % от общего числа пожаров, 40,4 % от числа погибших.

Обстановка с пожарами в сельской местности.

Зарегистрировано 3266 пожаров (-7,8%, в 2022 г. – 3543). Погибло 311 человек (-26,0 %, 420), в том числе 6 детей (2022 г. – 4).

Доля пожаров и погибших при пожарах в сельской местности составила соответственно 57,5 %; 59,6 %.

Относительные показатели обстановки с пожарами в городах и сельской местности в 2023 году приведены на рисунке 5.

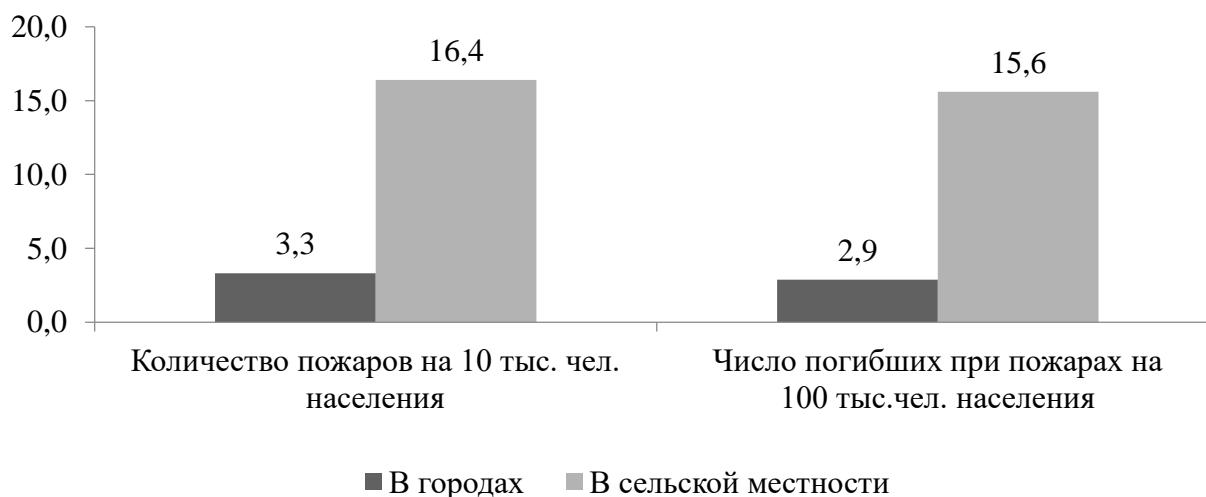


Рисунок 5. – Относительные показатели обстановки с пожарами в городах и сельской местности

ЛИТЕРАТУРА

1. База данных ПК «Учет ЧС» [электронный ресурс] / Систем треб. PostgreSQL 9.6 (дата обращения: 10.02.2024).
2. Об учете пожаров и последствий от них в органах и подразделениях по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь: приказ М-ва по чрезвычайн. Ситуациям Респ. Беларусь, 19 сент. 2019 г., № 282. – Минск: МЧС Респ. Беларусь, 2019. – 70 с.

REFERENCES

1. Baza dannyh PK «Uchet CHS» [elektronnyj resurs] / Sistem treb. PostgreSQL 9.6 (data obrashcheniya: 10.02.2024).
2. Ob uchete pozharov i posledstvij ot nih v organah i podrazdeleniyah po chrezvychajnym situaciyam Respubliki Belarus': prikaz M-va po chrezvychajn. Situaciyam Resp. Belarus', 19 sent. 2019 g., № 282. – Minsk: MCHS Resp. Belarus', 2019. – 70 s.



ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ, ПОЖАРОВ И АВАРИЙ

DOI: <https://doi.org/10.54422/1994-439X>. 2024.1-55.31-39

УДК 614.8; 681.7.08:535.3

к.т.н. Сизиков А.С., к.т.н. Беляев Ю.В.*, Литвинович Г.С.*,
к.т.н. Цикман И.М.*, к.т.н. Попков А.П.*

КОМПЛЕКС ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СПЕКТРАЛЬНО-ПОЛЯРИЗАЦИОННЫХ ПАРАМЕТРОВ АППАРАТУРЫ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ (ДЗЗ) В ИК-ДИАПАЗОНЕ

Учреждение «Научно-исследовательский институт пожарной безопасности и проблем чрезвычайных ситуаций» МЧС Республики Беларусь, г. Минск

**Научно-исследовательское учреждение «Институт прикладных физических проблем имени А.Н. Севченко» БГУ, г. Минск*

В статье приводится разработка отечественного комплекса для определения спектрально-поляризационных параметров аппаратуры ДЗЗ в ИК-диапазоне, указаны ее основные компоненты, технические параметры и характеристики, а также обозначен перечень решаемых с помощью комплекса задач.

Ключевые слова: тепловизионное оборудование, тепловизор, авиационный мониторинг, чрезвычайные ситуации, термограмма, калибровка, лесной пожар, контролируемые параметры.

Ph.D. in Technology Sizikov A.S., Ph.D. in Technology Beliaev Y.V.*, Litvinovich H.S. *, Ph.D. in Technology Tsykman I.M. *, Ph.D. in Technology Popkov A.P.*

THE COMPLEX FOR DETERMINATION SPECTRAL-POLARIZATION PARAMETERS OF REMOTE SENSING EQUIPMENT IN THE IR-RANGE

The Establishment "Research Institute of Fire Safety and Emergencies" of the Ministry for Emergency Situations of the Republic of Belarus, Minsk

**Institute of Applied Physical Problems of A.N. Sevchenko of Belarus State University, Minsk*

The article describes the development of a domestic complex for determining the spectral and polarization parameters of remote sensing equipment in the IR-range, indicates its main components, technical parameters and characteristics, and also indicates a list of tasks determined using the complex.

Keywords: thermal imaging equipment, thermal imager, aviation monitoring, emergencies, thermogram, calibration, forest fire, monitored parameters.

Введение

Телевизионное оборудование (теповизоры) все чаще используется в настоящее время в самых различных сферах деятельности человека. Особое значение при этом имеет использование тепловизионной аппаратуры для нужд органов и подразделений по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь (ОПЧС), решения стоящих перед ними задач по предупреждению и ликвидации чрезвычайных ситуаций (ЧС), обеспечению безопасности жизнедеятельности [1].

При этом тепловизоры используются, как правило, для реализации двух типов задач в условиях ограниченной видимости:

обнаружение очагов лесных (торфяных) пожаров, определение их контролируемых параметров [2];

поиск и обнаружение людей, потерявшихся в лесном массиве, либо находящихся в зоне чрезвычайной ситуации (например, при сильном задымлении, под завалом и т.п.) [3].

В первом случае процесс горения либо скрыт дымом, либо верхним слоем почвы (при торфяном пожаре) и в видимом диапазоне длин волн определить очаг и контролируемые параметры не представляется возможным.

Во втором случае поиск человека может быть затруднен элементами лесных насаждений (кустарник, листва, кроны деревьев и т.п.), а также недостаточным уровнем освещенности (например, при поисках в темное время суток, ночью, тумане, условиях сильного задымления).

Там, где обычная фото- и видеофиксирующая аппаратура не способна решить стоящие задачи, тепловизионное оборудование, напротив, демонстрирует высокую эффективность.

Однако, для повышения эффективности использования телевизоров, в том числе с борта летательного аппарата (ЛА) при осуществлении авиационного мониторинга, для решения указанных задач, помимо их калибровки [4] требуется и разработка соответствующих методик обнаружения различных объектов в ИК-диапазоне при помощи дистанционных методов в натуральных условиях, в том числе с использованием поляризационных измерений, основанных на выявлении закономерностей и получении зависимостей спектрально-поляризационных характеристик объекта от его конкретных особенностей и условий окружающей среды [5].

Также проведение спектральных исследований различных природных и искусственных объектов в лабораторных условиях позволит построить соответствующие базы данных в ИК-диапазонах, необходимые для верификации данных, получаемых уже в натуральных условиях.

С этой целью было принято решение о разработке отечественного комплекса для определения спектрально-поляризационных параметров аппаратуры ДЗЗ в ИК-диапазоне.

Основная часть

Создание указанного комплекса в настоящее время успешно реализуется в рамках выполнения задания «Разработать и изготовить комплекс для определе-

ния спектрально-поляризационных параметров аппаратуры ДЗЗ в ИК-диапазоне» (шифр «ИК-Камея») в рамках подпрограммы «Оборудование для перспективных научных исследований» ГНТП «Национальные эталоны и высокотехнологичное исследовательское оборудование» 2021 – 2025 годы.

Основным назначением создаваемого комплекса «ИК-Камея» является определение спектрально-поляризационных параметров аппаратуры ДЗЗ и получение излучения, требуемого спектрального и поляризационного состава в ИК-диапазонах для наладки, исследований параметров и калибровки приборов ДЗЗ наземного и аэрокосмического базирования.

Комплекс представляет собой набор осветителей, детекторов, оптико-электронных элементов, объединенных в конструктивные блоки, в совокупности, предназначенные для:

- получения в условиях лаборатории излучения требуемого спектрального и поляризационного состава в диапазоне 1–10 мкм;
- проверки фактических характеристик новых оптических приборов в ИК-диапазоне;
- получения исходных данных, необходимых для разработки методик обнаружения различных природных объектов в ИК-диапазоне при помощи дистанционных методов в натуральных условиях, в том числе с использованием поляризационных измерений;
- проведения спектральных исследований различных природных объектов в лабораторных условиях с целью построения соответствующих баз данных в ИК-диапазонах.

Важно отметить, что эффективность и качество работы оптических приборов для ДЗЗ существенным образом зависит от качества технологий и проводимых мероприятий по разработке, изготовлению, тестированию и проведению лабораторных исследований. В этой цепи мероприятий важная роль принадлежит наземной оптической и радиометрической калибровке, как в методическом, так и в технологическом аспектах.

В Беларуси в настоящее время находятся в эксплуатации и разработке многоспектральные инфракрасные (ИК) оптические приборы различного назначения (мониторинга чрезвычайных ситуаций, а также гидрометеорологического, природно-ресурсного, экологического мониторинга и т.д.), которые могут обеспечить отечественных потребителей и научное сообщество независимыми данными ДЗЗ с авиационной и космической платформ в диапазоне спектра от 1 до 12 мкм.

Так как ИК излучение избирательно поглощается атмосферой Земли, то для решения задач ДЗЗ в ИК-диапазоне используются окна прозрачности в интервалах 0.74–2.40, 3.40–4.20, 8.0–12.0 мкм. При этом средний ИК-диапазон (3.55–3.93 мкм) используется для обнаружения и классификации горячих точек, включая обнаружение пожаров, определение их контролируемых параметров и мониторинг тепловых аномалий. Другие приложения включают определение контролируемых параметров лесных пожаров при мониторинге послепожарной обстановки, обнаружение лесных вырубок, очагов сжигания биомассы и оценку биофизических свойств леса. Средний ИК-диапазон позволяет получить четкий

контраст между природными и искусственными объектами, что в свою очередь позволяет корректно оконтурить зоны ЧС для выполнения объективной оценки и принятия верного управленческого решения по их ликвидации.

При этом поляризационные измерения в различных спектральных диапазонах ИК-области применяются для визуализации того или иного целевого объекта. Например, они могут позволить четко выделить и идентифицировать потерявшегося человека на общем фоне окружающей его природы даже если одежда человека в видимом диапазоне на этом фоне практически не выделяется («сливается»). Однако для достижения этой цели необходимо проведение лабораторных исследований свойств конкретного объекта (природного или искусственного) в рабочем спектральном диапазоне, так как у каждого диапазона имеются свои преимущества и недостатки с точки зрения детектирования.

В состав комплекса «ИК-Камея» конструктивно входят:

- блок диффузного излучателя;
- блок монохроматического источника излучения;
- блок эталонного излучателя – высокотемпературное абсолютно черное тело (ВАЧТ);
- блок эталонного излучателя – низкотемпературное абсолютно черное тело (НАЧТ);
- блок поляризации излучения;
- блок регистрации излучения.

Блок диффузного излучателя служит для создания диффузного источника излучения на рабочий спектральный диапазон на основе позолоченной фотометрической сферы с двумя входными портами для ввода излучения и одного выходного порта (рисунок 1). Фотометрическая сфера может быть освещена любым из блоков осветителей: блок светодиодных излучателей или блок широкополосных источников излучения. В качестве широкополосных источников излучения выступает нагретая нихромовая спираль. Блок светодиодных излучателей состоит из ряда ИК-светодиодов, работающих в квазипостоянном режиме и излучающих в области 1,0–4,5 мкм. Стабилизация яркости осуществляется контролем протекающего через светодиод тока.

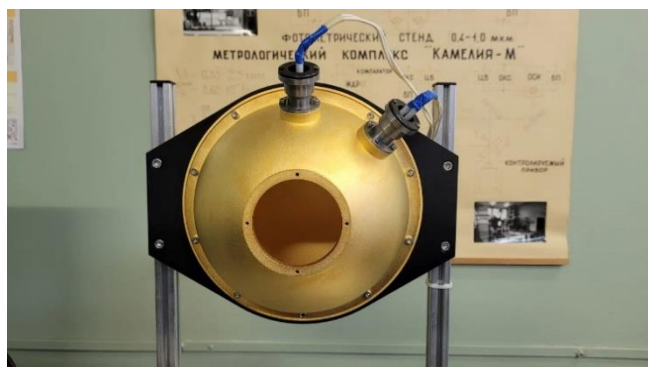
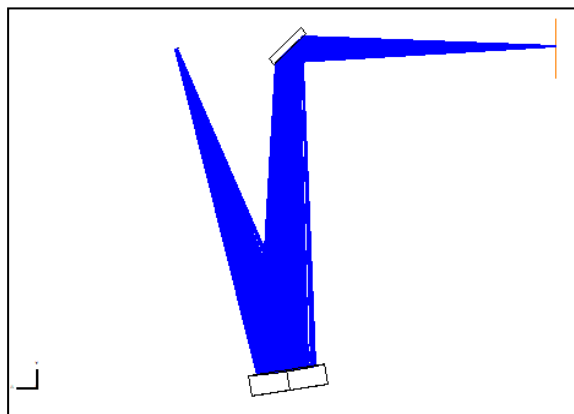


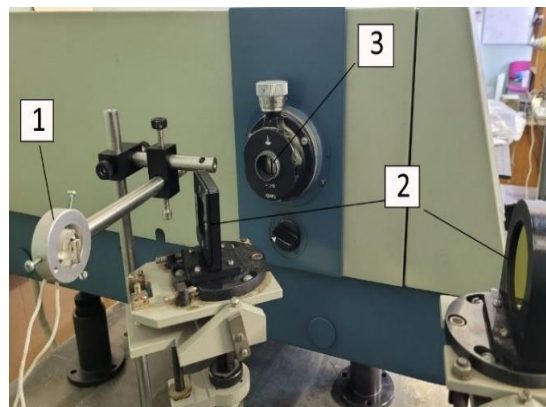
Рисунок 1. – Блок диффузного излучателя

Блок монохроматического источника излучения (рисунок 2) используется для выделения из сплошного спектра монохроматических линий на основе мо-

нохроматора МДР-23 с дифракционной решеткой, имеющей 75 штрихов/мм. Блок конструктивно состоит из монохроматора и системы освещения монохроматора (рисунок 2 а). Система освещения состоит из инфракрасного излучателя в виде нагретой нихромовой ленты шириной 3 мм и вогнутого зеркала, фокусирующего изображение излучателя на входную щель монохроматора (рисунок 2 б). Путем изменения ширины регулируемой щели монохроматора можно влиять на интенсивность и ширину монохроматической линии.



а



б

а – оптическая схема системы освещения монохроматора; б – общий вид блока монохроматического источника излучения: 1 – лента накаливания, 2 – зеркала, 3 – входная щель монохроматора.

Рисунок 2. – Блок монохроматического источника излучения

Блок поляризации излучения (рисунок 3) служит для создания потока излучения в видимом и ИК-диапазонах спектра требуемой поляризации на основе поляризатора излучения– призмы Рошона.

Призма Рошона состоит из двух призм из двулучепреломляющего материала, которые склеены вместе. Устройство генерирует два параллельных ортогонально поляризованных луча из неполяризованного входа. Материал призмы – MgF₂. Рабочий диапазон – от 0,4 мкм до 8,0 мкм. Шаговый двигатель устанавливает ось поляризации кристалла в трех положениях 0°, 45°, 90°.

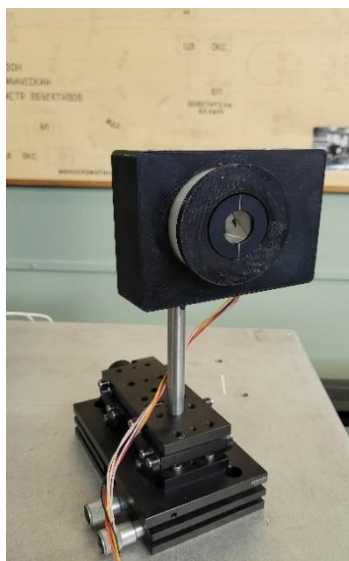
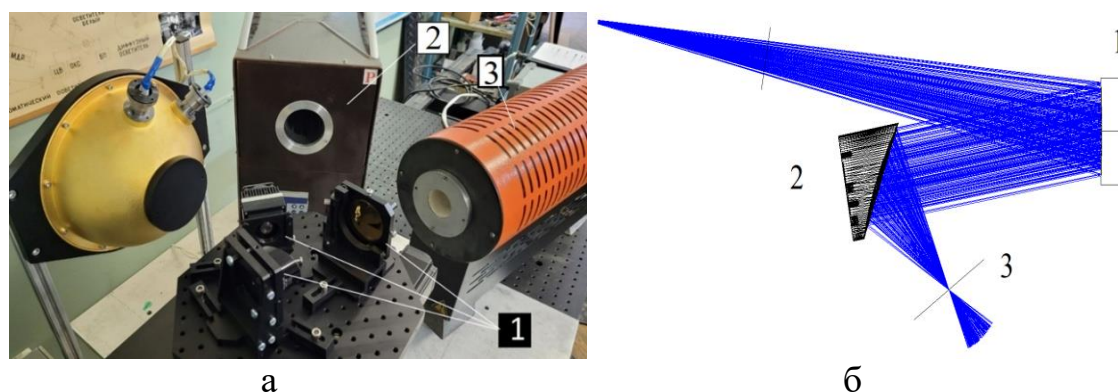


Рисунок 3. – Блок поляризации излучения

Блок регистрации излучения (рисунок 4) служит для детектирования излучения и оценки его интенсивности на основе сменных одноэлементных детекторов на диапазоны 1 – 6,5 мкм и 1 – 10 мкм.



а – общий вид комплекса: 1 –спектрозональный детектор с системой фокусирующих зеркал на поворотной платформе; 2 – НАЧТ; 3 – ВАЧТ;
 б – оптическая схема блока регистрации: 1 – сферическое зеркало; 2 – параболическое зеркало; 3 – спектрозональный детектор;
 Рисунок 4. – Блок регистрации излучения

Система регистрации расположена на поворотной платформе с высокой точностью наведения. Для отслеживания текущего угла поворота платформы используется абсолютный энкодер. В качестве моторизованной поворотной платформы использована платформа Standa 8MR190-90-59. Спектрозональный детектор представляет собой охлаждаемый HgCdTe-детектор со сменными интерференционными светофильтрами ИК-диапазона.

ВАЧТ и НАЧТ способны воспроизводить заданную температуру в диапазоне от – 30°С до +1100°С.

ВАЧТ представляет собой излучатель в виде модели абсолютно черного тела АЧТ-45/100/1100 второго разряда и предназначен для настройки и градуировки средств бесконтактного измерения температуры в диапазоне температур от 300 до 1100°С в лабораторных условиях. Электропитание осуществляется от однофазной сети переменного тока с напряжением (220±22) В, частотой (50±0,5) Гц. Основные технические характеристики ВАЧТ приведены в таблице 1.

Таблица 1. – Технические характеристики ВАЧТ

Наименование параметра, ед. измерения	Значения
диапазон воспроизводимых температур, °С	300 – 1100
диаметр выходного отверстия, мм	45
расстояние от переднего торца печи до излучающей вставки, мм	425±5
коэффициент излучения полости, не менее	0,99

НАЧТ представляет собой излучатель в виде модели абсолютно черного тела (АЧТ) «Деметра» и предназначен для настройки и градуировки средств бесконтактного измерения температуры (пирометров, линейно-сканирующих пирометров и измерительных тепловизоров) в диапазоне температур от минус 30 до 80 °С в лабораторных условиях. Основные технические характеристики АЧТ «Деметра» представлены в таблице 2.

Таблица 2. – Технические характеристики АЧТ «Деметра»

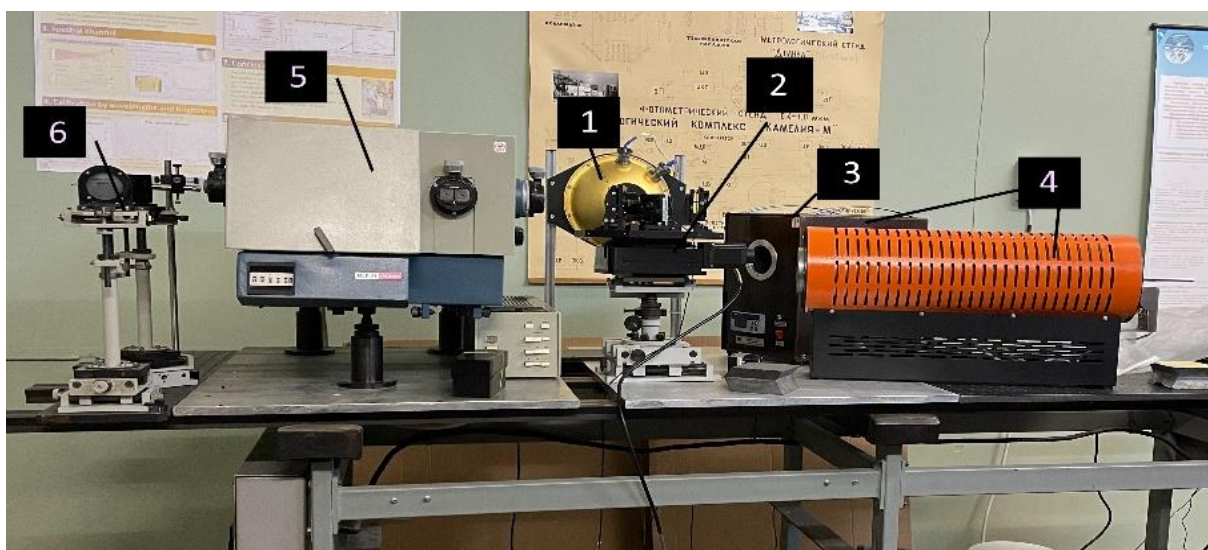
Наименование параметра, ед. измерения	Значения
диапазон воспроизводимых температур, °С	-30...80
доверительная погрешность температуры, °С, не более	1,0...1,28
диаметр входной апертуры, мм	70
эффективная степень черноты излучателя, не менее	0,999
потребляемая мощность, Вт, не более	1200

Основные технические характеристики комплекса «ИК-Камея» представлены в таблице 3.

Таблица 3. – технические характеристики комплекса «ИК-Камея»

Наименование параметра, ед. измерения	Значения
Рабочий спектральный диапазон комплекса, мкм	1,0 – 10,0 мкм
Коэффициент отражения покрытия диффузного источника в области 1,0 – 10,0 мкм, %	не менее 90
Входная апертура калибруемой аппаратуры ДЗЗ, мм	50 – 100

Общий вид комплекса для определения спектрально-поляризационных параметров аппаратуры ДЗЗ в ИК-диапазоне «ИК-Камея» представлен на рисунке 5.



- 1 – фотометрическая сфера; 2 – поворотная платформа с системой регистрации;
 3,4 – низкотемпературное и высокотемпературное АЧТ;
 5 – монохроматор МДР-23; 6 – система освещения монохроматора

Рисунок 5. Общий вид комплекса «ИК-Камея»

Выводы

1. Для повышения эффективности использования тепловизионной техники при решении задач по обнаружению лесных (торфяных) пожаров, определению их контролируемых параметров, а также поиска людей в условиях ограниченной видимости требуется ее калибровка и разработка соответствующих методик обнаружения различных объектов в ИК-диапазоне при помощи дистанционных методов в натуральных условиях.

2. С целью научного обоснования данных методик необходимо проведение лабораторных исследований природных и искусственных объектов, в том числе с использованием поляризационных измерений, основанных на выявлении закономерностей и получении зависимостей спектрально-поляризационных характеристик объекта от его конкретных особенностей и условий окружающей среды.

3. Для определения спектрально-поляризационных параметров аппаратуры ДЗЗ и получения излучения, требуемого спектрального и поляризационного состава в ИК-диапазонах для наладки, исследований параметров и калибровки приборов ДЗЗ наземного и аэрокосмического базирования разработан отечественный комплекс «ИК-Камея», способный решать широкий круг задач в лабораторных условиях, в том числе для нужд МЧС Республики Беларусь.

Заключение

Таким образом, разработанный отечественный комплекс для определения спектрально-поляризационных параметров аппаратуры ДЗЗ в ИК-диапазоне «ИК-Камея» позволяет в лабораторных условиях получать излучения требуемого спектрального и поляризационного состава в диапазоне 1–10 мкм, а также исходные данные для разработки методик обнаружения природных и искусственных объектов в ИК-диапазоне, в том числе с использованием поляризационных измерений, проводить их спектрально-поляризационные исследования и проверять в ИК-диапазоне характеристики новые оптические приборы. С помощью комплекса возможно повышение эффективности использования тепловизионной аппаратуры для определения контролируемых параметров лесных (торфяных) пожаров, поиска людей в условиях ограниченной видимости путем ее калибровки и разработки научно-обоснованных методик обнаружения и идентификации заданных объектов, в том числе с проведением необходимых спектрально-поляризационных исследований.

ЛИТЕРАТУРА

1. Смагин М.С. Применение тепловизоров для решения пожарно-спасательных задач. Учебно-методическое пособие. 2021. 56 с. Электронный ресурс. Режим доступа: https://www.researchgate.net/publication/295074334_Primenenie_teplovizorov_dla_resheniya_pozarno-spasatelnyh_zadac Obnovlennaa_versia_na_2021_god

2. Сизиков, А. С. Способы повышения эффективности авиационного мониторинга чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера с использованием технических средств дистанционного зондирования Земли

(ДЗЗ) / А. С. Сизиков, Ю. В. Беляев, И. М. Цикман // Вестник Белорусско-Российского университета. – 2023. – № 1(78). – С. 52–62.

3. Жилкин Б.П. Совершенствование методов поиска людей в условиях ограниченной видимости / Б. П. Жилкин, М. М. Шевелев, А. В. Ефимова, Е. А. Плесняев, С. Г. Алексеев // Пожаровзрывобезопасность. - 2012. - № 5. - С. 61-62.

4. Цикман, И. М. Калибровка тепловизионной камеры авиационной системы «АВИС» / И. М. Цикман, Ю. В. Беляев, А. С. Сизиков // Метрология и приборостроение. – 2016. – № 2(72). – С. 33–36.

5. Сизиков, А. С. Видеоспектральные методы и средства мониторинга контролируемых параметров лесных пожаров и аварий, связанных с разливом нефтепродуктов / А. С. Сизиков, Ю. В. Беляев, И. М. Цикман, А. П. Попков // Приборы и методы измерений. – 2023. – Т. 14, № 1. – С. 62–70.

REFERENCES

1. Smagin M.S. Primeneniye teplovizorov dlya resheniya pozharno-spatatel'nykh zadach. Uchebno-metodicheskoye posobiye. 2021. 56 s. Elektronnyy resurs. Rezhim dostupa:

https://www.researchgate.net/publication/295074334_Primeneniye_teplovizorov_dla_reseniya_pozharno-spatatelnykh_zadac_Obnovlennaa_versia_na_2021_god

2. Sizikov, A. S. Sposoby povysheniya effektivnosti aviatsionnogo monitoringa chrezvychaynykh situatsiy prirodnoho i tekhnogennogo kharaktera s ispol'zovaniyem tekhnicheskikh sredstv distantsionnogo zondirovaniya Zemli (DZZ) / A. S. Sizikov, YU. V. Belyayev, I. M. Tsikman // Vestnik Belorussko-Rossiyskogo universiteta. – 2023. – № 1(78). – S. 52–62.

3. Zhilkin B.P. Sovershenstvovaniye metodov poiska lyudey v usloviyakh ogranichennoy vidimosti / B. P. Zhilkin, M. M. Shevelev, A. V. Yefimova, Ye. A. Plesnyayev, S. G. Alekseyev // Pozharovzryvobezopasnost'. - 2012. - № 5. - S. 61-62.

4. Tsikman, I. M. Kalibrovka teplovizionnoy kamery aviatsionnoy sistemy «AVIS» / I. M. Tsikman, YU. V. Belyayev, A. S. Sizikov // Metrologiya i priborostroyeniye. – 2016. – № 2(72). – S. 33–36.

5. Sizikov, A. S. Videospektral'nyye metody i sredstva monitoringa kontroliruyemykh parametrov lesnykh pozharov i avariyy, svyazannykh s razlivom nefteproduktov / A. S. Sizikov, YU. V. Belyayev, I. M. Tsikman, A. P. Popkov // Pribory i metody izmereniy. – 2023. – Т. 14, № 1. – S. 62–70.



DOI: <https://doi.org/10.54422/1994-439X>. 2024.1-55.40-56

УДК 614.841

канд. физ.-мат. наук Кицак А.И., Лобач Д.С.*, Надточий Д.Н., Ивлев Ю.П.

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТУШЕНИЯ ПОЖАРА ПОДКЛАССА В1 ОГНЕТУШАЩИМ ПОРОШКОМ ОБЩЕГО НАЗНАЧЕНИЯ ПРИ КРАТКОВРЕМЕННОМ ВОЗДЕЙСТВИИ НА ОЧАГ ПОЖАРА В СХЕМЕ ТУШЕНИЯ ПО ОБЪЕМУ

Учреждение «Научно-исследовательский институт пожарной безопасности и проблем чрезвычайных ситуаций» МЧС Республики Беларусь, г. Минск

**Филиал «Институт переподготовки и повышения квалификации» государственного учреждения образования*

«Университет гражданской защиты» Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь», д. Светлая Роца

Проведено экспериментальное исследование закономерностей тушения модельных очагов пожара класса В огнетушащим порошком общего назначения при кратковременном воздействии на очаг пожара в схеме тушения по объему.

Получены зависимости времени тушения, удельного расхода огнетушащего порошка на тушение модельных очагов пожаров подкласса В1 и удельной оптической плотности частиц огнетушащего порошка в объеме тушения от интенсивности подачи порошка в объем тушения в схеме тушения по объему.

На основе построенных зависимостей определен интервал значений интенсивности подачи огнетушащего порошка в объем тушения и удельного расхода порошка на тушение пожаров при которых происходит эффективное (с точки зрения надежности и минимальности затрат) тушение пожаров подкласса В1.

Полученные значения рекомендованы в качестве нормировочных при оценке огнетушащей способности модулей порошкового пожаротушения в схеме тушения пожара подкласса В1 по объему.

Ключевые слова: очаг пожара подкласса В1, огнетушащий порошок, модуль порошкового пожаротушения, время тушения, интенсивность подачи огнетушащего порошка, удельный расход огнетушащего порошка, удельная оптическая плотность огнетушащего порошка.

Ph.D. in Physics and Mathematics Kitsak A.I., Lobach D.S.*, Nadtochii D.N., Ivlev Y.P.

THE RESULTS OF AN EXPERIMENTAL STUDY OF THE EFFECTIVENESS OF EXTINGUISHING A FIRE OF SUBCLASS B1 WITH A GENERAL-PURPOSE FIRE EXTINGUISHING POWDER WITH SHORT-TERM EXPOSURE TO A FIRE SOURCE IN A VOLUME EXTINGUISHING SCHEME

*The Establishment "Research Institute of Fire Safety and Emergencies"
of the Ministry for Emergency Situations of the Republic of Belarus, Minsk*

** The branch "Institute of Retraining and Professional Development"
of the University of Civil Protection of the Ministry for Emergency Situations
of the Republic of Belarus, Svetlaya Roshcha*

An experimental study of the patterns of extinguishing model class B fire foci with a general-purpose fire extinguishing powder with short-term exposure to the fire source in the volume extinguishing scheme was carried out.

The dependences of the extinguishing time, the specific consumption of extinguishing powder for extinguishing model fires of subclass B1 and the specific optical density of extinguishing powder particles in the extinguishing volume on the intensity of powder supply to the extinguishing volume in the volume extinguishing scheme are obtained.

Based on the constructed dependencies, the range of values of the intensity of the supply of extinguishing powder to the extinguishing volume and the specific consumption of powder for extinguishing fires is determined at which effective (from the point of view of reliability and minimality of costs) extinguishing fires of subclass B1 occurs.

The obtained values are recommended as normalization values when evaluating the extinguishing capacity of powder fire extinguishing modules in the fire extinguishing scheme of subclass B1 by volume.

Keywords: fire source of subclass B1, extinguishing powder, powder extinguishing module, extinguishing time, intensity of supply of extinguishing powder, specific consumption of extinguishing powder, specific optical density of extinguishing powder.

Введение

В недавней работе [1] представлены результаты экспериментального исследования эффективности тушения пожара подкласса А1 огнетушащим порошком общего назначения при кратковременном воздействии на очаг пожара в схеме тушения по объему.

Наряду с пожарами класса А, к которым относятся очаги горения твердых веществ таких, как дерево, бумага, уголь (подкласс А1), а также пластмасс (подкласс А2) различают большой класс очагов пожара, вызываемых горением жидких веществ. Пожары данного типа получили название пожаров класса В. К ним относят, в частности, горение легковоспламеняющихся жидкостей (далее – ЛВЖ) не растворимых в воде, например, бензина, эфира (подкласс В1), а также горение некоторых горючих жидкостей (далее – ГЖ) растворимых в воде типа спиртов, глицерина (подкласс В2).

Особенностью пожаров класса В является то, что они характеризуются только диффузионным (пламенным) горением. Для их тушения достаточно прервать цепи образования активных центров пламени (активных частиц продуктов терморазложения горючих веществ) в зоне реакции окисления. Этого можно достичь эффективным охлаждением горючего вещества, либо блокировкой поступления кислорода извне в зону реакции окисления, или реализацией

этих процессов одновременно.

Исследованиями [2-3] установлено, что тушение пожаров класса В огнетушащим порошком осуществляется в основном охлаждением горючего вещества. При этом охлаждение осуществляется преимущественно в результате прекращения тепловыделения в зоне реакции окисления, обусловленного процессами гетерогенного и гомогенного ингибирования активных центров пламени частицами порошка.

Следует отметить, что результаты тушения пожаров класса В применяемыми в настоящее время системами порошкового пожаротушения, в частности, модульными установками порошкового пожаротушения (далее – МУПП) импульсного и кратковременного действия при тушении по объему, как и в случае тушения пожаров класса А, не всегда положительны. Данное обстоятельство можно объяснить отсутствием в настоящее время количественных критериев оценки огнетушащей способности применяемых в МУПП модулей порошкового пожаротушения (далее – МПП) при проведении их сертификационных испытаний, позволяющих однозначно определить пригодность применения МПП.

В основе современных методов оценки огнетушащей способности МПП импульсного и кратковременного действия лежат чисто качественные показатели. Основным критерием эффективности тушения МПП пожара класса В согласно [4-5] является отсутствие повторного воспламенения модельных очагов пожаров в защищаемом объеме в течение 10 мин после прекращения подачи порошка.

Как известно [2], основными количественными характеристиками огнетушащей способности МПП при тушении пожара в объеме (локально в объеме) являются:

- объемная интенсивность подачи огнетушащего порошка в очаг пожара I , кг/(м³с), равная

$$I = \frac{m}{t \cdot V}, \quad (1)$$

где m – масса огнетушащего порошка, подаваемого в защищаемый объем, кг;

t – время подачи порошка, с;

V – объем защищаемого пространства, м³;

- удельный расход огнетушащего порошка на тушение пожара G , кг/м³, определяемый по формуле

$$G = I \cdot \tau, \quad (2)$$

где τ – время тушения пожара, с.

Как следует из определения данных характеристик, для их количественной оценки необходимо знание объемной плотности частиц огнетушащего порошка в защищаемом объеме, то есть массы частиц огнетушащего порошка, приходящейся на единицу объема.

Существуют трудности технического характера, не позволяющие оценить нормировочное значение объемной плотности частиц огнетушащего порошка и соответственно нормировочные значений параметров I , кг/(м³*с), и G , кг/м³,

при которых обеспечивается надежное тушение пожаров класса В. Данные трудности обусловлены: во-первых, существенно неоднородным распределением частиц огнетушащего порошка по защищаемому объёму при выпуске из МПП, что не позволяет оценить их объемную плотность расчетным способом, как отношение массы огнетушащего порошка, поданного в защищаемый объем, к величине данного объема. Во-вторых, отсутствием устройств, позволяющих непосредственно измерять объемные плотности аэрозольных сред типа огнетушащего порошка больших значений ($\geq 0,15 \text{ кг/м}^3$), как правило, реализуемые при тушении пожара МПП.

Отсутствие нормировочных данных по концентрации частиц огнетушащего порошка, обеспечивающей надежное тушение модельного очага пожара класса В в защищаемом МПП объеме, не позволяет проконтролировать соответствие данному параметру объемной плотности частиц порошка, создаваемой МПП при его сертификационных испытаниях.

В работе [1] предложено использовать в качестве объективной характеристики эффективности тушения пожара МПП кратковременного действия в схеме тушения по объему (локально по объему) измеряемую экспериментальным способом пропорциональную объемной плотности частиц огнетушащего порошка удельную оптическую плотность D_u , Б/м, огнетушащего порошка, определяемую по формуле

$$D_u = \frac{1}{L} \cdot \lg \frac{P_0}{P_B}, \quad (3)$$

где L – толщина зондируемого слоя порошковой среды, м; P_0 – мощность зондирующего слой излучения, Вт; P_B – мощность прямопрошедшего (нерассеянного) через слой порошковой среды излучения, Вт.

Переход от удельной оптической плотности порошковой среды к объемной плотности частиц порошка можно осуществить через градуировочную кривую, построенную измерением при заданных условиях значений удельной оптической плотности огнетушащих сред, формируемых в закрытом объеме известной величины подачей в него известных масс огнетушащего порошка. Очевидно, что величина объема при этом не должно быть большой для обеспечения быстрого усреднения по пространству частиц поданного в объем огнетушащего порошка и, соответственно, возможности оценки объемной плотности частиц порошка расчетным способом.

Измеряемая удельная оптическая плотность порошковой среды может служить объективным критерием эффективности тушения МПП пожаров класса В при тушении по объему также, как и в случае оценки эффективности тушения МПП пожаров класса А.

Целью работы является экспериментальное исследование закономерностей тушения модельных очагов пожара класса В огнетушащим порошком общего назначения при кратковременном воздействии на очаг пожара в схеме тушения в объеме и оценка пределов значений параметров тушения: объемной интенсивности подачи огнетушащего порошка в зону горения, удельного расхода огнетушащего порошка на тушение пожара и удельной оптической плотности ча-

стиц огнетушащего порошка в защищаемом объеме, при которых обеспечивается надежное тушение пожара.

1. Технические средства и способы измерений, применяемые при выполнении экспериментальных исследований

Для выполнения экспериментальных исследований закономерностей тушения пожаров класса В огнетушащим порошком общего назначения при кратковременном воздействии на очаг пожара в схеме тушения по объему применялась подробно описанная в [1] лабораторная установка порошкового пожаротушения (далее – ЛУПП) и устройство определения удельной оптической плотности (далее – УООП) огнетушащей порошковой среды, формируемой в зоне очага пожара.

ЛУПП выполнена в виде цилиндрической емкости, образованной двумя металлическими кольцами, перемещающимися по вертикальным направляющим. Кольца совместно с поддоном, расположенным в нижней части установки, формируют защищаемый объем. В нижнем кольце имеется закрытое прозрачным термостойким пластиком окошко для наблюдения за процессом тушения модельного очага пожара с помощью видеокамеры. Сверху установки закреплен ресивер для заполнения воздухом с заданным давлением, контролируемым манометром. Выход ресивера соединен через электромагнитный клапан с узлом крепления резервуара, заполняемым огнетушащим порошком известной массы. По обе стороны установки располагаются металлические стойки для крепления компонентов устройства измерения времени выпуска огнетушащего порошка из резервуара. На одной из них крепится лазерный источник излучения, а на другой приемник излучения. Источник и приемник излучения располагаются на одной горизонтальной оси, которая проходит непосредственно под выходным отверстием резервуара. Источник излучения подключается к источнику питания постоянного тока, приемник излучения к осциллографу.

Технические характеристики ЛУПП:

- габариты – 2600 × 1050 × 1050 мм;
- максимальный защищаемый объем – 0,86 м³;
- минимальная масса огнетушащего порошка, загружаемого в резервуар, равна – 0,03 кг;
- максимальная масса огнетушащего порошка, загружаемого в резервуар, – 1 кг.
- минимальное пневматическое давление, которое обеспечивает импульсный выпуск огнетушащего порошка из резервуара, – 0,2 МПа;
- максимальное допустимое безопасное пневматическое давление, которое обеспечивает импульсный выпуск огнетушащего порошка из резервуара, – 0,75 МПа;
- объем ресивера – 1,55 дм³;

УООП включает лазерный источник излучения малой расходимости и приемник излучения, смонтированные в цилиндрический корпус с выемкой посередине. В выемку помещается кювета цилиндрической формы с отверстием для захода огнетушащего порошка и перемещающимися стеклянными окошками по бокам, формирующими измерительный объем порошковой среды. При

измерениях УООП помещалась внутрь защищаемого объема ЛУПП и закреплялась вблизи модельного очага пожара.

1.1. Способ определения времени выпуска огнетушащего порошка в защищаемый объем

Лазерное излучение направляется через зону выпуска порошка на приемник излучения. Приемник излучения формирует сигнал, который затем усиливается усилителем и регистрируется осциллографом с широкой полосой пропускания сигналов. При выпуске огнетушащего порошка происходит временное перекрытие порошком излучения источника. Это приводит к отсутствию фототока приемника излучения и появлению провала напряжения сигнала, регистрируемого осциллографом. Время выпуска огнетушащего порошка принимается равным, измеренной длительности провала сигнала, зарегистрированного на осциллограмме.

1.2. Способ определения удельной оптической плотности огнетушащей порошковой среды

Излучение лазерного источника заданной мощности P_0 , Вт (зондирующее излучение) направляется через измерительную кювету длиной L , м, расположенную внутри защищаемого объема, на приемник излучения. Усиленный сигнал фототока приемника регистрируется запоминающим осциллографом. Производится измерение пропорционального мощности P_0 , Вт, значение напряжения U_0 , В, сигнала, зарегистрированного на линейном участке кривой усиления усилителя фототока в отсутствие подачи огнетушащего порошка в защищаемый объем. Затем производится регистрация осциллографом сигнала фотоприемника при подаче огнетушащего порошка в защищаемый объем. Измеряется минимальное значение напряжения U_B , В, данного сигнала на линейном участке кривой усиления усилителя фототока, пропорциональное мощности P_B , Вт, прямопрошедшего (нерассеянного) через слой L , м, огнетушащего порошка излучения.

Удельная оптическая плотность D_u , Б/м, огнетушащей порошковой аэрозоли определяется по формуле

$$D_u = \frac{1}{L} \cdot \lg \frac{U_0}{U_B}. \quad (4)$$

Из приведенного соотношения видно, что пределы измерения удельной оптической плотности D_u , Б/м, порошковой среды определяются значением толщины L , м, зондируемого слоя огнетушащей среды и соотношением U_0/U_B . Чем больше отношение U_0/U_B и чем меньше величина L , м, тем большую удельную оптическую плотность порошковой аэрозоли D_u , Б/м, можно измерить.

Величина отношения U_0/U_B определяется исходной мощностью зондирующего излучения P_0 , Вт, и чувствительностью тракта регистрации излучения, определяющей минимальный регистрируемый уровень U_B , В, сигнала, формируемого излучением, прошедшим через слой огнетушащей порошковой среды,

толщиной L , м.

Учитывая зависимость отношения U_0/U_B от указанных параметров, можно предположить, что пределы измерения удельной оптической плотности D_u , Б/м, при заданном значении L , м, можно увеличивать, повышая, например, мощность зондирующего излучения P_0 , Вт. Однако, существуют физическое ограничение на величину достижимого значения U_0/U_B , не позволяющие проводить измерения сколь угодно больших значений удельных плотностей огнетушащей среды.

Величина измеряемого отношения U_0/U_B ограничена шириной динамического диапазона измеряемых напряжений применяемого в устройстве определения удельной оптической плотности D_u , Б/м, приемного тракта (блока), включающего приемник излучения (фотодиод) и усилитель фототока. Это обстоятельство не позволяет увеличивать уровень измерения удельной оптической плотности порошкового слоя простым повышением мощности зондирующего излучения.

Ширина динамического диапазона усилителя определяется пределами минимального и максимального значений напряжений, измеряемых на линейном участке кривой усиления приемного блока.

На рисунке 1 (а) представлен график кривой усиления применявшегося в измерениях удельной оптической плотности D_u , Б/м, приемного блока. Источником излучения являлся полупроводниковый лазерный модуль, генерирующий излучение на длине волны $\lambda = 980$ нм, мощностью 60 мВт. Излучение регистрировалось фотодиодом ФД-203-01.

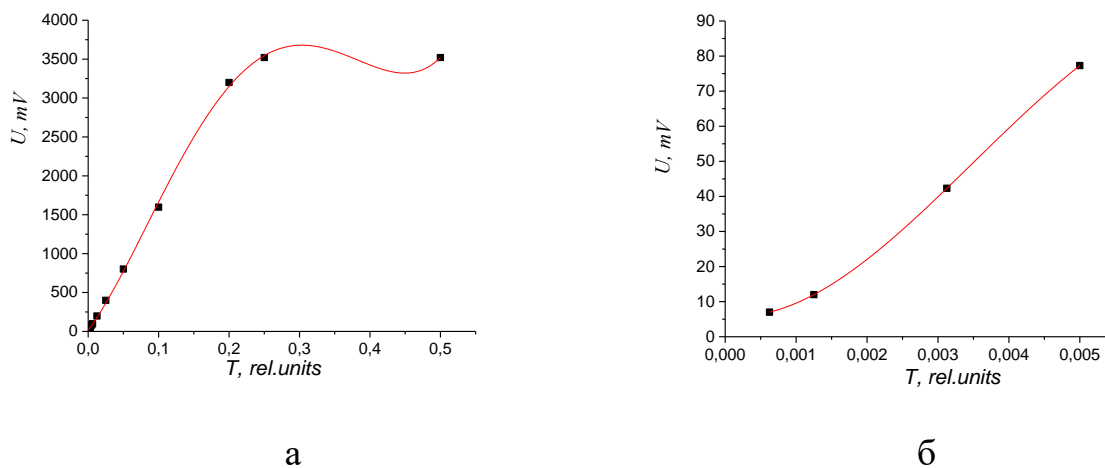


Рисунок 1. – Зависимость напряжения на выходе усилителя фототока от величины интенсивности излучения, падающего на приемник излучения

На рисунке 1 (б) отражено более детальное изменение напряжений в нижней части кривой рисунка 1 (а), измеряемых на выходе усилителя при регистрации фотодиодом излучения малой интенсивности. Здесь по оси абсцисс отложены коэффициенты пропускания калиброванных фильтров, вносившихся в световой пучок лазерного излучения, регистрируемого фотодиодом.

Из приведенных графиков следует, что результаты измерений напряжений на выходе применяемого усилителя будут корректными, если их значения U_0 , В, и $U_{\text{в}}$, В, находятся в пределах линейного участка кривой усиления, простирающегося примерно от 40 до 3200 мВ.

В работе предложен способ виртуального расширения динамического диапазона применяемого усилителя фотоприемника, позволяющей увеличить значение измеряемой удельной оптической плотности огнетушащего порошка при исходном динамическом диапазоне усилителя фототока приемного блока и применении для зондирования огнетушащего порошка источника излучения большой мощности.

Способ реализуется следующим образом:

- перед проведением измерения оптической плотности D_u , Б/м, огнетушащей среды с применением источника зондирующего излучения большой мощности определяется значение сигнала пропорциональное исходной мощности источника излучения. Для этого мощность излучения источника, регистрируемого приемником излучения, ослабляется фильтром либо комбинацией фильтров с известными коэффициентами пропускания на длине волны излучения источника до получения на выходе применяемого усилителя приемника излучения сигнала, величина напряжения которого $U_{\text{л}}$, В, находится в пределах интервала линейных значений напряжений, формируемых данным усилителем;

- фиксируется значение данного напряжения $U_{\text{л}}$, В;

- определяется новый верхний предел виртуального диапазона линейных значений напряжений U'_0 , В, усилителя фотоприемника по формуле

$$U'_0 = \frac{U_{\text{л}}}{T}, \quad (5)$$

где T – коэффициент пропускания фильтра либо комбинации фильтров, вошедших в зондирующий пучок.

В последующем удельная оптическая плотность огнетушащего порошка определяется по формуле

$$D_u = \frac{1}{L} \cdot \lg \frac{U_u}{U_{\text{в}}} \quad (6)$$

Существует, как упоминалось ранее, и другая возможность повышения предела измеряемых значений удельной оптической плотности огнетушащей порошковой среды D_u , Б/м, заключающаяся в уменьшении толщины зондируемого слоя L , м. При этом, однако увеличивается, неопределенность измерения D_u , Б/м (обратно пропорционально L^2 , м), и уменьшается уровень усреднения измеряемых значений по пространственным флуктуациям оптической плотности огнетушащей среды. То есть измерение оптической плотности аэрозольной среды осуществляется фактически в заданной точке пространства. Для получения усредненного значения D_u , Б/м, в данном случае необходимо проводить

одновременное измерение удельной оптической плотности в нескольких точках объема, заполненного аэрозольной средой. В проводившихся экспериментах зондировался слой порошковой среды толщиной $(8 \cdot 10^{-3} \pm 2,13 \cdot 10^{-5})$ м.

2. Схема проведения экспериментальных исследований

Экспериментальные работы по определению параметров тушения модельных очагов пожара класса В огнетушащим порошком общего назначения при кратковременном воздействии на очаг пожара осуществлялись по следующей схеме.

Поднималось до упора нижнее кольцо ЛУПП. В центре поддона располагался на подставке высотой 400 мм и основанием с размерами 200×200 мм модельный очаг пожара подкласса В1 ранга 1В (согласно СТБ 11.13.04-2009). В резервуар ЛУПП загружался огнетушащий порошок марки «Вексон-АВС 25» заданной массы. Ресивер наполнялся воздухом до заданного давления, контролируемого манометром. Включалось питание источников и приемников излучения, а также усилителей сигналов УООП и устройства определения времени выпуска порошка из резервуара ЛУПП. Устанавливались режимы регистрации сигналов двухканального осциллографа С8-38. С помощью калиброванного фильтра производилась оценка по описанному ранее способу начального значения сигнала U_0 , В, в канале измерения удельной оптической плотности огнетушащего порошка. Осуществлялся поджог модельного очага пожара. По истечении интервала времени свободного горения очага, равного (60 ± 1) с, нижнее кольцо ЛУПП опускалось до основания поддона. Включалась скоростная видеокамера регистрации процесса тушения пожара. Запускалась временная развертка лучей осциллографа. Подавался импульс тока на электромагнитный клапан для выпуска сжатого воздуха из ресивера в резервуар и подачи порошка в зону горения очага пожара. Очаг считался потушенным, если в течении 1 мин не наблюдалось его повторного воспламенения.

В ходе экспериментов контролировались следующие параметры: время тушения модельного очага пожара, время выпуска огнетушащего порошка, удельная оптическая плотность частиц порошка в объеме тушения.

Измерения проводились для различных навесок огнетушащего порошка в выпускном резервуаре ЛУПП и различных давлений воздуха в ресивере. Навески выбирались из ряда 60, 90, 120, 150, 180 и 240 г. При заданной навеске огнетушащего порошка давление в ресивере изменялось 0,2 до 0,6 МПа через интервал 0,2 МПа. Регистрировалась также динамика тушения пожара.

Было выявлено, что тушение пожара подкласса В1 огнетушащим порошком в объеме происходит с отрывом пламени от зоны реакции окисления, также как и при тушении его по поверхности [6].

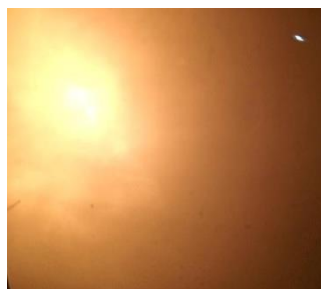
На рисунке 2 зафиксированы фото тушения модельного очага пожара подкласса В1 ранга 1В в различные моменты времени при интенсивности подачи огнетушащего порошка в объем тушения $I = (0,233 \pm 0,022) \text{ кг}/(\text{м}^3 \text{ с})$ и давлении выпуска огнетушащего порошка $P = 0,6$ МПа;



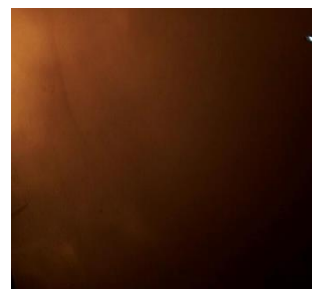
а



б



в



г

Рисунок 2. – Фото тушения очага пожара подкласса В1 в различные моменты времени тушения: а – 0,016 с; б – 0,093 с; в – 0,149 с; г – 0,215 с

На рисунке 2а зарегистрирован момент подачи порошка в зону очага пожара на начальном этапе его тушения. На рисунке 2б зафиксирован момент отрыва пламени от зоны реакции окисления активных продуктов терморазложения бензина. Наблюдается шароподобное образование светящихся продуктов горения и частиц огнетушащего порошка. Со временем, в результате остывания продуктов горения облако тускнеет (рисунок 2в) и совсем исчезает, что отражено на рисунке 2г.

Процесс отрыва пламени от зоны реакции окисления можно описать следующим образом. При движении огнетушащего порошка к зоне горения происходит интенсивное поглощение частицами порошка лучистого и теплового потоков очага пожара, что приводит к их нагреву. При попадании частиц порошка в зону реакции окисления происходит прерывание (в случае достаточной их объемной плотности в данной зоне) цепей горения в результате ингибирования частицами порошка и продуктами их испарения активных центров пламени. Прекращается тепловыделение в зоне реакции окисления. Соприкасаясь в дальнейшем с поверхностью горючей жидкости, частицы огнетушащего порошка отдают свое тепло ее приповерхностному слою. В результате большой разности температуры слоя и частиц огнетушащего порошка происходит образование паров горючей жидкости, сопровождающееся резким ростом давления в области газообразования. Это приводит к скоростному их расширению и отрыву пламени от зоны реакции окисления. Перекрывается доступ кислорода в область реакции окисления. Горение прекращается. Расширение газов и отрыв пламени сопровождается также кратковременным выносом части частиц порошка из зоны реакции окисления.

3. Результаты экспериментальных оценок значений основных параметров тушения МПП очага пожара подкласса В1

Результаты измерений параметров тушения очагов пожара подкласса В1 ранга 1В огнетушащим порошком «Вексон-АВС 25» при различных режимах подачи порошка в зону горения в схеме тушения по объему представлены в таблицах 1-3 и на рисунках 2-5.

В таблицах 1-3 приведены значения основных параметров тушения модельных очагов пожаров подкласса В1: расчетной интенсивности подачи порошка в очаг пожара I , кг/(м³·с), расчетного удельного расхода порошка G , кг/м³, времени тушения τ , с, и максимальной удельной оптической плотности частиц огнетушащего порошка D_u , Б/м в области расположения модельного очага пожара для различных режимов тушения, отличающихся массой огнетушащего порошка, подаваемого в объем тушения, и давления его подачи.

Поскольку тушение пожара подкласса В1 в объеме происходит с отрывом пламени от зоны реакции окисления и выбросом части частиц огнетушащего порошка из данной зоны, не представляется возможным достоверное измерение удельной оптической плотности частиц порошка в защищаемом объеме, приводящей к тушению пожара. Поэтому в таблицах приведены значения удельной оптической плотности частиц порошка, измеренные в защищаемом объеме без очага пожара, но при тех же режимах подачи огнетушащего порошка в зону горения, при которых очаги были потушены ранее.

Расширенная неопределенность измерений параметров тушения оценивалась при коэффициенте охвата $k = 4,3$ и уровне доверия $p = 0,95$.

Таблица 1. – Параметры тушения модельного очага пожара подкласса В1 ранга 1В при давлении выпуска огнетушащего порошка $P = 2$ Бар

Наименование показателя	режим 1	режим 2	режим 3	режим 4	режим 5	режим 6
I , кг/м ³ с	0,155 ± 0,022	0,19 ± 0,023	0,202 ± 0,003	0,218 ± 0,006	0,227 ± 0,003	0,294 ± 0,008
G , кг/м ³	0,206 ± 0,03	0,226 ± 0,03	0,078 ± 0,01	0,06 ± 0,008	0,05 ± 0,012	0,055 ± 0,011
τ , с	1,33 ± 0,009	1,19 ± 0,009	0,39 ± 0,009	0,28 ± 0,009	0,224 ± 0,009	0,19 ± 0,009
D_u , Б/м	80,02 ± 16,77	117,9 ± 15,47	223,46 ± 20,84	240 ± 30,9	222,5 ± 20,84	275 ± 38,69

Таблица 2 – Параметры тушения модельных очагов пожаров подкласса В1 при давлении выпуска огнетушащего порошка $P = 4$ Бар

Наименование показателя	режим 1	режим 2	режим 3	режим 4	режим 5	режим 6
I , кг/м ³ с	0,192 ± 0,034	0,261 ± 0,011	0,243 ± 0,023	0,361 ± 0,03	0,371 ± 0,03	0,422 ± 0,04
G , кг/м ³	0,041 ± 0,01	0,052 ± 0,008	0,14 ± 0,012	0,1 ± 0,006	0,14 ± 0,014	0,035 ± 0,014
τ , с	0,215 ± 0,009	0,199 ± 0,009	0,57 ± 0,009	0,28 ± 0,009	0,38 ± 0,009	0,083 ± 0,009
D_u , Б/м	212 ± 15,57	276,05 ± 38,5	53,18 ± 10,37	290 ± 11,54	-	-

Таблица 3 – Параметры тушения модельных очагов пожаров подкласса В1 при давлении выпуска огнетушащего порошка $P = 6$ Бар

Наименование показателя	режим 1	режим 2	режим 3	режим 4	режим 5	режим 6
I , кг/м ³ с	0,233 ± 0,03	0,419 ± 0,013	0,371 ± 0,03	0,406 ± 0,07	0,545 ± 0,085	0,592 ± 0,02
G , кг/м ³	0,05 ± 0,011	0,038 ± 0,014	0,024 ± 0,014	0,029 ± 0,014	0,045 ± 0,014	0,044 ± 0,014
τ , с	0,215 ± 0,009	0,11 ± 0,009	0,066 ± 0,009	0,074 ± 0,009	0,083 ± 0,009	0,083 ± 0,009
D_u , Б/м	96,8 ± 15,77	-	-	-	-	-

Отсутствие данных в графах для удельной оптической плотности огнетушащего порошка таблиц 2 и 3 обусловлено превышением их значений допустимой измеряемой границы применяемого УООП, равной 300 Б/м.

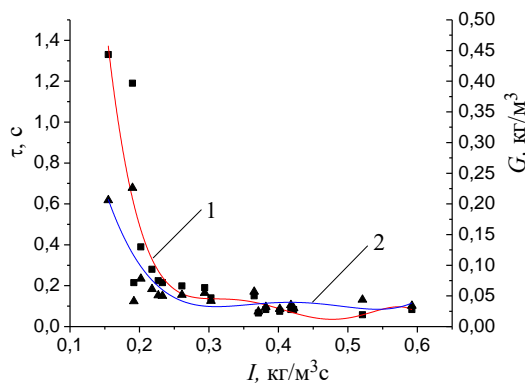


Рисунок 3. – Зависимости времени τ тушения (■) модельного очага пожара подкласса В1 и удельного расхода G , кг/м³, огнетушащего порошка (▲) от интенсивности I , кг/(м³·с), подачи порошка в объем тушения

На рисунке 3 представлены зависимости времени тушения τ , с, модельного очага пожара класса В (кривая 1) и удельного расхода G , кг/м³, огнетушащего порошка (кривая 2) на его тушение от реализованной в экспериментах интенсивности подачи огнетушащего порошка в объем тушения I , кг/(м³·с).

Из рисунка видно, что время тушения очага пожара (кривая 1) и удельный расход огнетушащего порошка на тушение пожара (кривая 2) уменьшаются с ростом интенсивности подачи порошка в объем тушения, достигают некоторого минимального значения, а затем остаются практически неизменными при дальнейшем увеличении интенсивности подачи порошка в объем тушения. Значение интенсивности подачи огнетушащего порошка в объем тушения I , кг/(м³·с), при которой удельный расход G , кг/м³, огнетушащего порошка на тушение пожара минимальный, можно считать оптимальными с точки зрения надежности тушения модельных очагов пожара класса В и расхода огнетушащего порошка.

Как следует из таблиц 1-3 и рисунка 3 это оптимальное значение интенсивности находится в границах

$$I = \{(0,371 \pm 0,03) \div (0,406 \pm 0,07)\} \text{ кг/(м}^3 \cdot \text{с)}$$

Максимальная удельная оптическая плотность огнетушащего порошка в зоне модельного очага пожара при данной интенсивности подачи его в объем тушения превышает 300 Б/м.

На рисунке 4 представлены графики зависимостей времени тушения τ , с, очагов подкласса В1 (кривая 1) и максимальной удельной оптической плотности частиц огнетушащего порошка $D_{и}$, Б/м, (кривая 2) в объеме тушения от интенсивности I , кг/(м³·с), подачи огнетушащего порошка в объем тушения, построенные для данных измерений, приведенных в таблице 1.

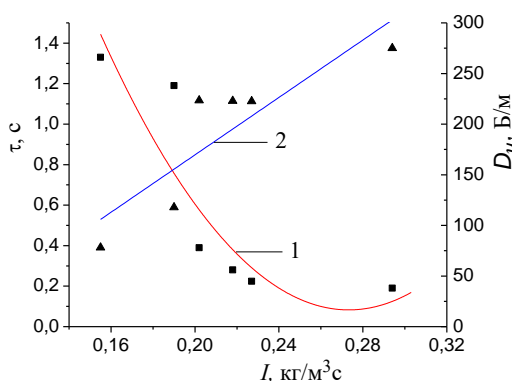


Рисунок 4. – Зависимости времени тушения τ , с, (■) модельного очага пожара подкласса В1 и удельной оптической плотности $D_{и}$, Б/м, частиц огнетушащего порошка (▲) от интенсивности I , кг/(м³·с), подачи порошка в объем тушения при $P = 0,2$ МПа

Как следует из графиков, зависимости времени тушения τ , с, и удельной оптической плотности частиц порошка от интенсивности I , кг/(м³·с), подачи огнетушащего порошка в объем тушения являются обратными. То есть, если время тушения модельного очага пожара уменьшается с ростом интенсивности

подачи огнетушащего порошка в объем тушения, то удельная оптическая плотность частиц огнетушащего порошка растет. Таким образом, наблюдается фактически опосредованная зависимость времени тушения модельного очага пожара от удельной оптической плотности частиц огнетушащего порошка, подаваемого в объем тушения. Данная зависимость заключается в том, что время тушения τ , с, тем меньше, чем больше оптическая плотность частиц огнетушащей порошковой среды.

Полученный результат позволяет применять в качестве объективного критерия огнетушащей способности систем порошкового пожаротушения при тушения пожара в объеме измеряемую удельную оптическую плотность частиц огнетушащего порошка D_u , Б/м.

На рисунках 5а и 5б изображены зависимости времени тушения τ , с, модельного очага пожара подкласса В1 от интенсивности подачи I , кг/(м³·с), огнетушащего порошка в зону горения, построенные по данным, приведенным в таблицах 2 и 3 для давлений подачи огнетушащего порошка в объем тушения, равным 0,4 и 0,6 МПа соответственно.

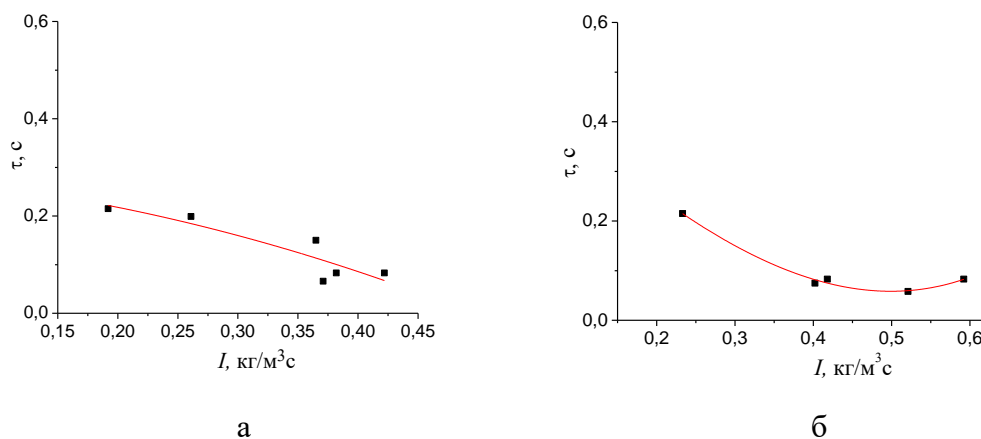


Рисунок 5. – Зависимости времени τ , с, тушения модельного очага пожара подкласса В1 от интенсивности I , кг/(м³·с) подачи порошка в зону горения при $P = 0,4$ МПа (а) и $P = 0,6$ МПа (б)

Из данных таблиц 2, 3 и представленных графиков рисунка 5 следует, что чем больше давление выпуска огнетушащего порошка в объем тушения, то есть, чем больше скорость частиц огнетушащего порошка, тем большая удельная оптическая плотность частиц порошка создается в зоне модельного очага пожара и тем меньше время его тушения.

4. Анализ результатов проведенных исследований

В ходе экспериментальных исследований эффективности тушения модельных очагов пожара подкласса В1 ранга 1В огнетушащим порошком «Вексон-АВС 25» при кратковременном воздействии его на очаг (длительностью ~ 1 с) в схеме тушения по объему изучались динамика тушения пожаров, зависимости времени тушения, удельного расхода порошка на тушение и удельной оптической плотности частиц порошка в объеме тушения от интен-

сивности подачи огнетушащего порошка в объем тушения.

Было выявлено, что тушение пожара подкласса В1 огнетушащим порошком в схеме тушения по объему происходит с отрывом пламени от зоны реакции окисления, также как и в схеме тушения по поверхности.

Из анализа полученных зависимостей (рисунки 4, 5) следует, что время тушения очагов пожара зависит не только от интенсивности подачи огнетушащего порошка в объем тушения, но и от скорости частиц порошка, подаваемых в зону горения, то есть от давления, при котором производится их выпуск. Чем больше давление выпуска частиц порошка, тем больше их скорость и тем большая объемная плотность (удельная оптическая плотность) огнетушащего порошка создается в защищаемом объеме, и тем меньше время тушения очагов пожара.

Полученные в работе результаты позволяют применять в качестве объективного критерия огнетушащей способности систем порошкового пожаротушения при тушении пожара в объеме измеряемую удельную оптическую плотность частиц огнетушащего порошка D_u , Б/м вместо расчетной характеристики интенсивности подачи огнетушащего порошка в объем тушения.

Заключение

Проведен анализ объективных критериев огнетушащей способности систем порошкового пожаротушения, применяемых для тушения очагов пожара класса В при кратковременном воздействии на очаг пожара в схеме тушения по объему.

Установлено, что таким критерием наряду с применяемой характеристикой тушения интенсивностью подачи огнетушащего порошка в объем тушения может быть экспериментально измеряемая удельная оптическая плотность огнетушащего порошка, пропорциональная его объемной плотности в защищаемом объеме.

Предложен способ увеличения измеряемых значений оптической плотности огнетушащей порошковой среды при ограниченном динамическом диапазоне применяемого для измерений приемного блока, посредством использования источника зондирующего среду излучения большой мощности и набора калиброванных оптических фильтров.

Проведено экспериментальное исследование закономерностей тушения модельных очагов пожара класса В огнетушащим порошком общего назначения при кратковременном воздействии на очаг пожара в схеме тушения по объему.

Получены зависимости времени тушения, удельного расхода огнетушащего порошка на тушение модельных очагов пожаров подкласса В1 и удельной оптической плотности частиц огнетушащего порошка в объеме тушения от интенсивности подачи порошка в объем тушения в схеме тушения по объему.

Анализ построенных зависимостей позволил определить интервал значений интенсивности подачи огнетушащего порошка в объем тушения и удельного расхода порошка на тушение пожаров и удельной оптической плотности частиц огнетушащего порошка, при которых происходит эффективное (с точки

зрения надежности и минимальности затрат) тушение пожаров подкласса В1. Полученные значения с учетом расширенной неопределенности их измерения можно рекомендовать в качестве нормировочных для применявшегося в экспериментах огнетушащего порошка «Вексон-АВС 25» при оценке огнетушащей способности МПП в схеме тушения пожара подкласса В1 по объему.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кицак, А. И., Лобач, Д. С., Надточий, Д. Н., Ивлев Ю.П. Экспериментальное исследование эффективности тушения пожара подкласса А1 огнетушащим порошком общего назначения при кратковременном воздействии частиц порошка на очаг пожара в схеме тушения по объему / А.И. Кицак, Д.С. Лобач, Д.Н. Надточий, Ю.П. Ивлев // Чрезвычайные ситуации: предупреждение и ликвидация. – 2023. – № 1 (53). – С. 39-56.

2. Баратов, А.Н. Горение – Пожар – Взрыв – Безопасность. М.: ФГУ ВНИИПО МЧС России, 2003. 364 с.

3. Краснянский, М.Е. Порошковая пожаровзрывозащита / М.Е. Краснянский. – Донецк: Общество книголюбов, 1994. – 152 с.

4. Система стандартов пожарной безопасности. Установки порошкового пожаротушения автоматические. Модули - общие технические требования. Методы испытаний: СТБ 11.13.19-2010 – Введ. 20.08.2010 – Минск: Учреждение «Научно-исследовательский ин-т пожарной безопасности и проблем чрезвычайных ситуаций» МЧС Республики Беларусь, 2010. – 18 с.

5. Установки пожаротушения автоматические. Огнетушащее вещество. Часть 4. Порошки огнетушащие общего назначения. Общие технические требования. Методы испытаний. ГОСТ Р 53280.4-2009 – Введ. 18.02.2009 – Москва: Федеральное государственное учреждение «Всероссийский ордена «Знак Почета» научно-исследовательский ин-т противопожарной обороны», 2010. – 17 с.

6. Кицак А. И., Лобач Д.С. Экспериментальное исследование эффективности тушения пожара класса В огнетушащим порошком общего назначения при кратковременном воздействии частиц порошка на очаг пожара в схеме тушения локально по поверхности / А. И. Кицак, Д.С. Лобач // Чрезвычайные ситуации: предупреждение и ликвидация. – 2022. – № 2 (52). – С. 103-114.

REFERENCES

1. Kitsak A.I., Lobach D.S., Nadtochii D.N., Ivlev Y.P. Experimental'noe issledovanie effektivnosti tusheniya pojara podklassa A1 ognetushashim poroshkom obshego naznacheniya pri kratkovremennjm vozdeistvii chastits poroshka na ochag pojara v scheme tusheniya po poverkhnosti / A.I. Kitsak, D.S. Lobach, D.N. Nadtochii, Y.P. Ivlev // Cherezvichainie situatsii: preduprejdenie i likvidatsiya. – 2023. – № 1 (53). – P. 39-56. (in Belarus)

2. Baratov A.N. Gorenje – Pojar – Vzriv – Bezopasnost'. Moskow, FGU VNIPO MCHS ROSSII, 2003, 364 p (in Russian).

3. Krasnyansky M.E. Poroshkovaya pojarovzryvozaschita. Doneck, Society of book lovers, 1994, 152 p (in Russian).

4. Sistema standartov pojarnoi bezopasnosti. Pojarnaya tekhnika. Ognetushiteli

perenosnie. Obshie tekhnicheskie usloviya: STB 11.13.04-2009 – Vved. 06.04.2009 – Minsk: Uchrejdenie “Nauchno-issledovatel’skii institute pojarnoi bezopasnosti i chrezvichainikh situacii” MCHS Respubliki Belarus, 2009. – 38 p.

5. Sistema standartov pojarnoi bezopasnosti. Ustanovki vodyanogo i pennogo pojarotusheniya avtomaticheskie. Orositeli. Obshie tekhnicheskie trebovaniya. Metodi ispitanii: STB 11.16.06-2011 – Vved. 30.05.2011 – Minsk: Uchrejdenie “Nauchno-issledovatel’skii institute pojarnoi bezopasnosti i chrezvichainikh situacii” MCHS Respubliki Belarus, 2011. – 30 p.

6. Kitsak A.I., Lobach D.S. Experivental’noe issledovanie effektivnosti tusheniya pojava klassa B ognetushashim poroshkom obshego naznacheniya pri kratkovremennjm vozdeistvii chastits poroshka na ochag pojava v scheme tusheniya lokal’no po poverkhnosti / A.I. Kitsak, D.S. Lobach // Cherezvichainie situatsii: preduprejdenie i likvidatsiya. – 2022. –№ 2 (52). – P. 103-114. (in Belarus)



ПОЖАРНАЯ ТЕХНИКА И СРЕДСТВА ЗАЩИТЫ

DOI: <https://doi.org/10.54422/1994-439X>. 2024.1-55.57-66

УДК 622.232

Ехилевский С.Г., Голубева О.В., Потапенко Е.П.

ПОВЫШЕНИЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЗАЩИТНОГО РЕСУРСА ИЗОЛИРУЮЩЕГО ПРОТИВОГАЗА В РЕЗУЛЬТАТЕ РЕВЕРСА ПОТОКА РЕГЕНЕРИРУЕМОГО ВОЗДУХА

*Полоцкий государственный университет им. Евфросинии Полоцкой
г. Новополоцк, Республика Беларусь
Витебскоблгаз, г. Витебск, Республика Беларусь*

С помощью натуральных сопоставительных испытаний подтверждено перераспределение связанного углерода в результате реверса воздушного потока в регенеративном патроне противогаза с химическим способом резервирования кислорода. В результате увеличилась поверхность отдачи экзотермического тепла и смягчился температурный режим регенеративного патрона. Это позволило избежать спекания гранул хемосорбента CO₂ и повреждения микроструктуры их пор. Таким образом была сохранена динамическая сорбционная активность поглотителя выдыхаемого углекислого газа, сопровождающаяся выделением кислорода для следующего вдоха. В результате реверса, осуществленного через 8 минут после начала работы противогаза, его защитное действие при том же количестве хемосорбента (1,8 кг) и объемном расходе воздуха (40 л/мин) было продлено на 8,62 %. В силу изложенных причин, в более тяжелом режиме эксплуатации (при увеличении физической нагрузки работника) прирост защитного действия противогаза, обусловленный реверсом воздушного потока, будет еще значительнее.

Ключевые слова: изолирующий противогаз, регенеративный патрон, мертвый слой хемосорбента, источники экзотермического тепла, реверс регенерируемого воздушного потока.

Ekhilevskiy S.G., Golubeva O.V., Potapenko E.P.

INCREASING THE USE OF THE PROTECTIVE RESOURCE OF THE INSULATING GAS MASK AS A RESULT OF THE REVERSE FLOW OF REGENERATED AIR

Polotsk state University, Novopolotsk, Vitebsk region, Republic of Belarus

With the help of comparative tests, the re-distribution of the fixed carbon as a result of the reverse of the air flow in the regenerative cartridge of the gas mask with the chemical method of oxygen reservation was confirmed. As a result, the surface of exothermic heat output increased and the temperature regime of the regenerative cartridge softened. This made it possible to avoid sintering of the CO₂ chemisorbent granules and damage to the microstructure of their pores. Thus, the dynamic sorption activity of the exhaled carbon dioxide absorber was preserved, accompanied by the release of oxygen for the next inhalation. As a result of the reverse, carried out 8 minutes after the start of the gas mask operation, its protective

effect with the same amount of chemisorbent (1.8 kg) and volumetric air flow rate (40 l/min) was extended by 8.62%. Due to the stated reasons, in a more difficult operation mode (with an increase in the physical load of the employee), the increase in the protective effect of the gas mask due to the reverse of the air flow will be even more significant.

Keywords: insulating gas mask, regenerative cartridge, dead layer of chemisorbent, sources of exothermic heat, reverse of regenerated air flow.

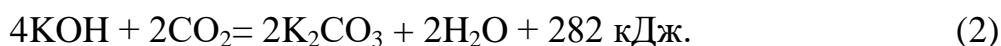
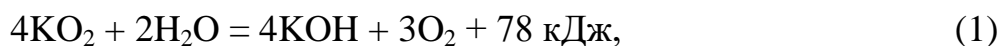
Введение

Изолирующие противогазы используются для защиты органов дыхания от одновременного присутствия в атмосфере сразу нескольких ядовитых газов и аэрозолей, а также при выгорании или вытеснении кислорода в замкнутом пространстве (например, при выбросе метана в угольной шахте). Очевидно, что при этом фильтрующие противогазы бесполезны.

Для регенерации воздуха в изолирующих средствах защиты необходимо удалять из выдоха углекислый газ и добавлять необходимый для вдоха кислород.

При этом важно, не уменьшая срок защитного действия, снизить массу и габариты дыхательного аппарата, повысить его надежность, упростить обслуживание. По этим показателям дыхательные аппараты на химически связанном кислороде предпочтительнее баллонных, ибо твердые вещества в тысячи раз плотнее газов, а стальные баллоны не выдерживают давление выше 250 атмосфер и к тому же весят в несколько раз больше своего содержимого [1].

Не менее важным преимуществом является автоматический расход химически зарезервированного кислорода в результате поглощения выдыхаемого углекислого газа:



Стехиометрия такой реакции близка к идеальной с точки зрения физиологии человека, ибо в обычных условиях (на свежем воздухе) он потребляет кислорода в полтора раза больше, чем выделяет углекислого газа [2].

Согласно (1), (2), количество выделяющихся молекул кислорода именно в 1,5 раза больше количества связываемых молекул CO_2 . Последнее пропорционально объемному расходу воздуха, возрастающему при увеличении физической нагрузки работника. Таким образом отпадает потребность в легочных автоматах и ресиверах, используемых в баллонных дыхательных аппаратах для регулировки подачи кислорода. Это упрощает конструкцию противогаза, повышает его надежность, дополнительно снижает вес и уменьшает габариты.

Кроме того, такие средства защиты не нуждаются в компрессорном хозяйстве и перманентно готовы к оперативному использованию. Изложенное позволяет отдать предпочтение при защите дыхания в экстремальных условиях химическому способу резервирования кислорода.

Постановка проблемы

Оценим эффективность использования защитного ресурса химически связанного кислорода в существующих дыхательных аппаратах. При получении оценки исходить будем из того, что в баллоне четырехчасового респиратора Р12 550 г сжатого кислорода [1]. Аппарат РХ-4 имеет такое же время защиты и снаряжен 3,7 кг хемосорбента с 90% содержанием надпероксида калия [1]. Исходя из уравнений (1), (2) и молекулярных масс кислорода и калия, при полном исчерпании защитного ресурса регенеративного патрона выделяться $(0,9 \cdot 3,7 \cdot 32/71) \cdot 3/4 = 1,13$ кг кислорода. То есть к концу работы респиратора РХ-4 не используется половина его защитного ресурса.

Отравление углекислым газом начинается при наличии в воздухе 1,5% молекул CO_2 . Поглотительный ресурс регенеративного патрона при таком проскоке еще не израсходован, ибо в выдохе 4 % молекул CO_2 . Оставшийся невостребованным ресурс задается шириной мертвого слоя хемосорбента. На нее влияет физическая нагрузка работника, объем регенеративного патрона, химический состав и структура гранул хемосорбента

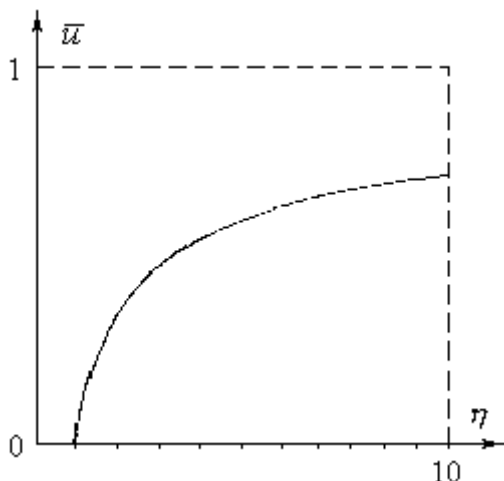


Рисунок 1. – Обработка ресурса регенеративного патрона как функция его обезразмеренной длины

$$\eta = L\beta/v, \quad (3)$$

где L – длина слоя хемосорбента, преодолеваемая регенерируемым воздухом, v – скорость его фильтрации, β – постоянная, характеризующая скорость хемосорбции CO_2 [3].

В частности, при тяжелой физической нагрузке в самоспасателе с небольшим сроком защитного действия проскок CO_2 может с самого начала превысить критический. При этом доля использованного защитного ресурса $\bar{\eta}$ (см. полученный в [3] рисунок 1), а значит и срок защитного действия аппарата, равны нулю. То есть при ($\eta < 1$) весь слой сорбента оказывается мертвым. И даже в штатном режиме эксплуатации ($\eta = 3$) защитный ресурс химически связанного кислорода не может использоваться более чем на 40%. Однако реальные показатели еще хуже теоретических.

Причины неэффективного использования химически связанного кислорода и пути улучшения этого показателя

Экстремальному тепловому воздействию (см. (1), (2)) подвергаются лобовые слои кислородсодержащего продукта. В них максимальный концентрационный напор молекул углекислого газа сочетается с максимальной сорбционной емкостью хемосорбента в начале работы аппарата. Это влияет на структуру пор гранул хемосорбента и замедляет кинетику сорбции [3]. После чего процесс регенерации воздуха смещается в следующие слои сорбента. В результате, по-

слоистого спекания гранул уменьшается β [3], и обезразмеренная длина патрона укорачивается (см. (3)). А это увеличивает мертвый слой сорбента.

Для устранения обеих причин неэффективного использования ресурса регенеративного патрона необходимо переместить источники экзотермического тепла из лобовых слоев хемосорбента в замыкающие. Для этого достаточно осуществить реверс регенерируемого воздушного потока, до начала спекания гранул лобовых слоев хемосорбента. Конструкция такого дыхательного аппарата защищена патентом [4].

Эффективность предложенной конструкции, в плане смягчения температурного режима регенеративного патрона подтверждена численными экспериментами на основе обоснованного в [5] подхода к моделированию рабочего процесса изолирующего противогаса после реверса воздушного потока.

Численный эксперимент

В классической постановке задача динамики сорбции решается при нулевой начальной загрязненности фильтра [6]. Однако, до реверса в регенеративном патроне успевает сформироваться неоднородное распределение связанного углерода. И новая структура работающего слоя хемосорбента формируется при наличии начальной отработки патрона. Для моделирования этого процесса воспользуемся полученными в [5] соотношениями:

$$-\omega'_\xi(\xi, \tau) = \omega(\xi, \tau) - e^{-\tau} \left[u(\xi, 0) + \int_0^\tau e^\tau \omega(\xi, \tau) d\tau \right], \quad (4)$$

$$u(\xi, \tau) = e^{-\tau} \left(u(\xi, 0) + \int_0^\tau e^\tau \omega(\xi, \tau) d\tau \right), \quad (5)$$

где $\omega(\xi, \tau)$ и $u(\xi, \tau)$ доли проскочивших молекул CO_2 и использованных вакансий для связанного углерода, τ и ξ - обезразмеренные время и координата

$$\xi = \beta x / v, \quad \tau = \beta \gamma t, \quad (6)$$

которых γ - количественная характеристика ресурса реакции по связыванию CO_2 , x ($0 \leq x \leq L$) - глубина проникновения в регенеративный патрон, t - время его работы.

Фигурирующая в (4), (5) функция $u(\xi, 0)$ - начальная загрязненность патрона, влияние которой на динамику сорбции позволит моделировать рабочий процесс дыхательного аппарата после реверса воздушного потока.

Благодаря линейности (4) его решение можно представить в виде

$$\omega(\xi, \tau) = e^{-\tau} \sum_{n=0}^{\infty} \frac{f_n(\tau)}{n!} \xi^n, \quad (7)$$

где $f_n(\tau)$ - функции, удовлетворяющие рекуррентному соотношению

$$f_{n+1}(\tau) = u_{\xi}^{(n)}(0,0) + \int_0^{\tau} f_n(\tau) d\tau - f_n(\tau), \quad (n = 0, 1, 2, \dots) \quad (8)$$

в котором $u_{\xi}^{(n)}(0,0)$ – n -е производные $u(\xi,0)$ по ξ на входе в патрон.

Положив в (7) $\xi = 0$ получим необходимое для старта рекуррентной процедуры

$$f_0(\tau) = e^{\tau} \omega(0, \tau), \quad (9)$$

где $\omega(0, \tau)$ – приведенная концентрация углекислого газа на входе в фильтр поглощающий слой.

С помощью формул (5), (7) – (9) можно вычислить концентрацию углекислого газа в фильтруемом через регенеративный патрон воздухе и степень отработки поглотительного ресурса патрона при наличии любой его начальной загрязненности. В частности, при ее отсутствии ($u(\xi,0) = 0$) и постоянной концентрации CO_2 на входе в патрон ($\omega(0, \tau) = 1$) зависимость проскока CO_2 и приведенной загрязненности патрона от времени и координаты имеет вид

$$\omega 1(\xi, \tau) = e^{-\xi} \left[1 + \sum_{n=1}^{\infty} \frac{\xi^n}{n!} \left(1 - e^{-\tau} \sum_{k=0}^{n-1} \frac{\tau^k}{k!} \right) \right]. \quad (10)$$

$$u 1(\xi, \tau) = 1 - e^{-\tau} \left(1 + e^{-\xi} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{\xi^n}{n!} \sum_{k=1}^n \frac{\tau^k}{k!} \right) \quad (11)$$

Из (11) следует, что при реверс воздушного потока в момент времени $\tau 1$, возникает задача динамики сорбции (4) – (9) с начальной загрязненностью

$$u(\xi, 0) = u 1(\eta - \xi, \tau 1) = 1 - e^{-\tau 1} \left(1 + e^{-\eta + \xi} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{(\eta - \xi)^n}{n!} \sum_{k=1}^n \frac{\tau 1^k}{k!} \right). \quad (12)$$

Выполнив в (12) m – кратное дифференцирование по ξ и положив $\xi = 0$, найдем фигурирующие в (8) производные начальной загрязненности на входе в патрон

$$u_{\xi}^{(m)}(0,0) = e^{-\tau_1 - \eta} \sum_{n=0}^{\infty} \frac{\eta^n \tau_1^{n+1}}{(n!)^2} g(m, \tau_1, n), \quad (m = 1, 2, \dots) \quad (13)$$

$$g(m, \tau_1, n) = \sum_{i=0}^{m-1} \frac{(-\tau_1)^i C_i^{m-1}}{\prod_{k=0}^i (n+1+k)}, \quad (14)$$

где $C_i^{m-1} = i! / (m-1)!(i-m+1)!$ – числа сочетаний.

Численный эксперимент на основе формул (5), (7) – (9) требует обоснования используемых при его проведении числовых значений параметров η и τ_1 .

Согласно (3) интервал возможных значений η определяется защитным ресурсом регенеративных патронов и режимами их эксплуатации. Для самоспасателя ШСС, предназначенного для выхода работника из зоны аварии, $3 \leq \eta \leq 15$ в зависимости от физической нагрузки человека [3]. А у респиратора РХ-4, используемого при проведении спасательных работ $13 \leq \eta \leq 58$.

В первую очередь в повышении эффективности работы нуждаются изолирующие самоспасатели, ибо при уменьшении η возрастает мертвый слой сорбента (рисунок 1), неиспользуемый к моменту возвращения на вдох 1,5 % CO_2 из выдыхаемых 4 %

$$\omega(\eta, \tau_{кр}) = 1.5\% / 4\% = 0.375, \quad (15)$$

где $\tau_{кр}$ – время наступления критического проскока CO_2 .

Именно в таких обстоятельствах важно предотвратить спекание гранул хемосорбента, чтобы дополнительно не понижать реализацию защитного ресурса регенеративного патрона. С учетом изложенного численный эксперимент выполнен с $\eta = 4$, когда использование менее 2, 5 кг надпероксида калия сочетается с выполнением тяжелой физической работы. Такому η в отсутствии реверса согласно (10), (15) соответствует $\tau_{кр} = 2.664$ или согласно (6) 56 минут обычного (необезразмеренного) времени, ибо $\beta\gamma = 0.8 \cdot 10^{-3} \text{ c}^{-1}$ [3].

Из-за спекания гранул фактический срок защитного действия на 37-67% ниже теоретического [3]. Поэтому реверс необходим в момент τ_1 , когда выработана треть ресурса лобового слоя $u_1(0, \tau_1) = 0.33$. Т.е. $\tau_1 = 0.4$ (см. (11)), или 8 минут.

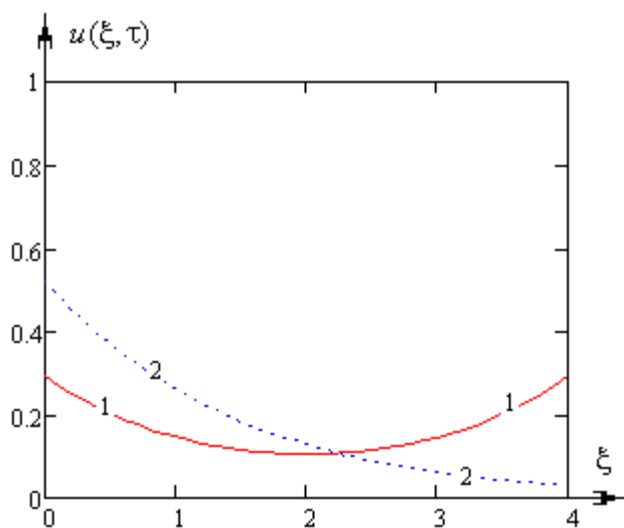


Рисунок 2. Отработка ресурса регенеративного патрона в момент времени $\tau = 0.735$:
1 – после реверса воздушного потока ($\tau_1 = 0.4$); 2 – в отсутствии реверса

Меньшая выпуклость кривой 1 – следствие равномерной отработки ресурса регенеративного патрона, что увеличивает поверхность теплоотдачи и предотвращает спекание гранул. Поэтому реальный срок защитного действия при наличии реверса будет больше, чем без него.

Сопоставительные натурные испытания

Для проведения натуральных экспериментов использовались регенеративные патроны РП-7 от изолирующего средства индивидуальной защиты органов дыхания на химически связанном кислороде ИП-4МК с 1,8 кг кислородсодержащего продукта при длине поглощающего слоя $L = 13 \text{ см}$. Для имитации дыхания с помощью компрессорной установки на вход патрона подавалась воздушная смесь с 4% углекислого газа. В отсутствие реверса, обоснованный в предыдущем разделе срок защитного действия (около 56 минут) обеспечивался при объемном расходе воздуха 40 л/мин, что соответствует физической нагрузке выше среднего уровня. Температурный режим процесса хемосорбции CO_2 (как функция времени и координаты) отслеживался на поверхности регенеративного патрона с

Для обоснованных значений η и τ_1 с помощью формул (5), (7) – (9) построены зависимости на рисунке 2. Видно, что после реверса воздушного потока загрязненность краев регенеративного патрона выравнивается и оказывается на 43.8% ниже, чем в лобовых слоях патрона, работающего без реверса. Это значит, что количество экзотермического тепла, выделившегося в лобовых слоях кислородсодержащего продукта, уменьшилось почти вдвое. При этом важно, что реверс не повлиял на теоретический срок защитного действия противогаса (рисунок 3).

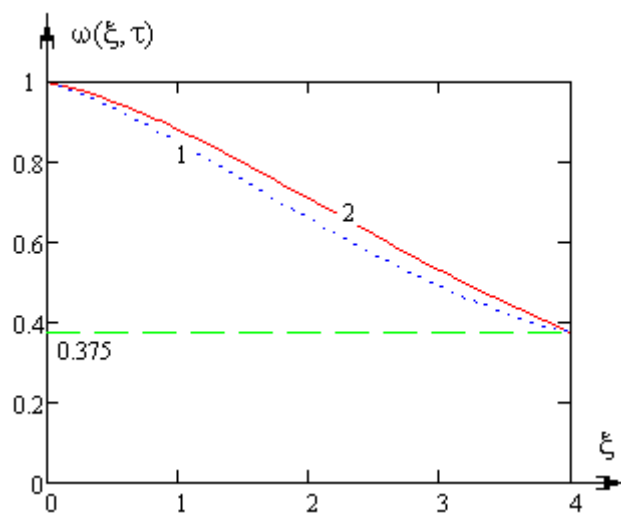


Рисунок 3. Распределение $\omega(\xi, \tau)$ в момент критического проскока CO_2 ($\tau = 2.664$):
1 – после реверса воздушного потока ($\tau_1 = 0.4$); 2 – в отсутствии реверса

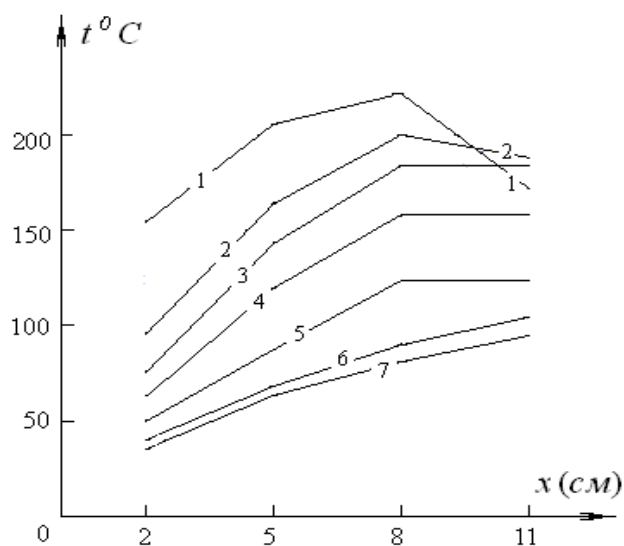


Рисунок 4. Зависимость температуры хемосорбента от времени и координаты: 1 – 8 мин; 2 – 15 мин; 3 – 23 мин; 4 – 31 мин; 5 – 39 мин; 6 – 55 мин; 7 – 58 мин

юющих расти, но медленнее, чем это было в лобовых слоях. Причина в частичной регенерации воздуха в предыдущих слоях (поскольку их поглотительный ресурс до конца не исчерпан) и частичной отработке замыкающих слоев (см. рис.3 кривая 2) (поскольку даже в начале работы лобовых слоев проскок CO_2 через них не равен нулю). И то и другое снижает скорость хемосорбции в замыкающих слоях, а значит и выделение в них экзотермического тепла. Измерения были завершены на 58 минуте опыта в момент появления критического проскока CO_2 (1,5%) через регенеративный патрон. Содержание CO_2 на выходе из патрона контролировалось с помощью газового анализатора Testo 330-2.

При проведении сопоставительных испытаний (рисунок 5) реверс, в соответствии с приведенным в предыдущем разделе обоснованием, был осуществлен через 8 минут после начала опыта. В результате перераспределения источников экзотермического тепла на 15 минуте работы максимум температуры в регенеративном патроне снизился на 20% (кривые 2 на рисунках 4 и 5) Причина в расширении работающего слоя сорбента и включении в теплоъем практически всей поверхности регенеративного

помощью инфракрасного прибора для измерения температуры Ada instruments TemPro 700. Результаты измерений в графической форме представлены на рисунке 4. Видно, что в начале работы аппарата быстрый рост температуры происходит в лобовом слое продукта, где максимальный концентрационный напор сочетается с незадействованным поглотительным ресурсом хемосорбента. Затем по мере послойной отработки поглотительного ресурса, кислородсодержащего продукта процесс экзотермической хемосорбции смещается вглубь регенеративного патрона. При этом температура лобовых слоев начинает снижаться, а замыкающих

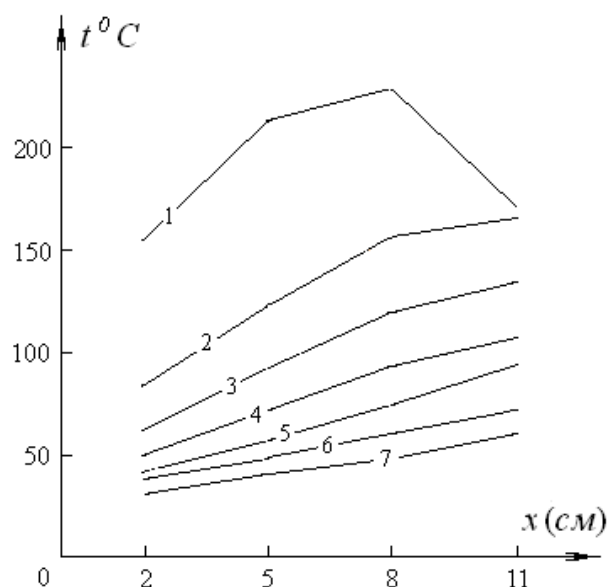


Рисунок 5. Зависимость температуры регенеративного патрона от времени и координаты при наличии реверса воздушного потока: 1 – 8 мин (момент реверса); 2 – 15 мин; 3 – 23 мин; 4 – 31 мин; 5 – 39 мин; 6 – 55 мин; 7 – 63 мин

патрона. По этой причине в дальнейшем обусловленный реверсом эффект снижения максимальной температуры только нарастает (кривые 3 – 6), достигая на 55 минуте уже 30 %. В частности, в момент критического проскока CO_2 (кривые 7) в шланг вдоха поступает менее горячий воздух (60°C вместо 90°C), что обеспечивает более комфортные условия дыхания. Это весьма существенно в конце срока защитного действия дыхательного аппарата на фоне ощутимого проскока углекислого газа. И наконец, самое важное (то ради чего проводились сопоставительные испытания) срок защитного действия дыхательного аппарата (без изменения количества химически связанного кислорода) увеличился на 8,6% ($63/58 = 1,0862$). Хотя численный эксперимент этого не предсказывал (рисунок 3), т.к. не учитывал влияние экзотермического тепла на структуру пористых гранул хемосорбента ($\beta = const$). Т.е. причина увеличения времени защитного действия респиратора – предотвращение спекания гранул в результате смягчения температурного режима регенеративного патрона. Это значит, что при более тяжелой физической нагрузке (например, при эвакуации пострадавшего из зоны аварии), когда увеличивается выделение CO_2 (а значит и мощность источников экзотермического тепла), реверс воздушного потока обеспечит еще больший относительный прирост времени защитного действия респиратора. Полученный результат принципиально важен в чрезвычайных обстоятельствах, когда для спасения жизни при эвакуации из зоны аварии дорога каждая добавленная минута.

Заключение

С помощью натуральных сопоставительных испытаний подтверждено перераспределение связанного углерода в результате реверса воздушного потока в регенеративном патроне противогаса с химическим способом резервирования кислорода. В результате увеличилась поверхность отдачи экзотермического тепла и смягчился температурный режим регенеративного патрона. Это позволило избежать спекания гранул хемосорбента CO_2 и повреждения микроструктуры их пор. В результате срок защитного действия респиратора (при том же количестве хемосорбента и объемном расходе воздуха) был увеличен на 8,62 %. В силу изложенных причин, в более тяжелом режиме эксплуатации (при увеличении физической нагрузки работника) прирост защитного действия респиратора, обусловленный реверсом воздушного потока будет еще значительнее.

ЛИТЕРАТУРА

1. Диденко, Н.С. Регенеративные респираторы для горноспасательных работ / Н.С. Диденко. – М.: Недра, 1990. – 158 с.
2. Физиолого-гигиенические требования к изолирующим средствам индивидуальной защиты. – Утв. Минздравом СССР 23.06.80. – М.: Медицина, 1981. – 27 с.
3. Ехилевский С. Г. Повышение ресурса дыхательных аппаратов на химически связанном кислороде: автореф. дис. ... д-ра тех. наук 05.26.01 – Днепропетровск, 2002. – 36 с.

4. Патент 24003 Беларусь, кл. А 62 В. Регенеративный дыхательный аппарат / С.Г. Ехилевский, Е.П. Потапенко Оpub. 30.04.2023. Бюл. № 2.

5. Ехилевский С.Г., Голубева О.В., Потапенко Е.П. Реверс воздушного потока в изолирующем самоспасателе на химически связанном кислороде // Безопасность труда в промышленности. 2023 г. №11, с.57-62.

6. Мамаев, В.В. Математическое моделирование процессов в регенеративном патроне респиратора с химически связанным кислородом / В.В. Мамаев, А.П. Кирьян // Научный вестник НИИГД «Респиратор»: – Донецк, 2020 – № 1(57). – С. 18-24.

REFERENCES

1. Didenko N.S. Regenerativnyye respiratory dlya gornospasatelnykh работ / N.S. Didenko. – М.: Nedra. 1990. – 158 s.

2. Fiziologo-gigiyenicheskiye trebovaniya k izoliruyushchim sredstvam individualnoy zashchity. – Utv. Minzdravom SSSR 23.06.80. – М.: Meditsina. 1981. – 27 s.

3. Ekhilevskiy S. G. Povysheniye resursa dykhatelnykh apparatov na khimicheski svyazannom kislorode: avtoref. dis. ... d-ra tekhn. nauk 05.26.01 – Dnepropetrovsk. 2002. – 36 s.

4. Patent 24003 Belarus`, kl. A 62 V. Regenerativny`j dy`xatel`ny`j apparat / S.G. Ekhilevskiy, E.P. Potapenko Opub. 30.04.2023. Byul. № 2.

5. Ekhilevskiy S.G.. Golubeva O.V.. Potapenko E.P. Revers vozdušnogo potoka v izoliruyushchem samospasatele na khimicheski svyazannom kislorode // Bezopasnost truda v promyshlennosti. 2023 g. №11. s.57-62.

6. Mamaev, V.V. Matematicheskoe modelirovanie processov v regenerativnom patrone respiratora s ximicheski svyazanny`m kislородом / V.V. Mamaev, A.P. Kir`yan // Nauchny`j vestnik NIIGD «Respirator»: – Doneczk, 2020 – № 1(57). – S. 18-24.



Василевич Т.И., Шеремет Т.В., Величко К.В.

РАЗРАБОТКА ТРЕБОВАНИЙ К ОДЕЖДЕ СПЕЦИАЛЬНОЙ ЗАЩИТНОЙ ПОЖАРНОГО ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ СОБЛЮДЕНИЙ ТР ЕАЭС 043/2017 «О ТРЕБОВАНИЯХ К СРЕДСТВАМ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ И ПОЖАРОТУШЕНИЯ»

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

Разработка требований к одежде специальной защитной пожарной для обеспечения соблюдения требований ТР ЕАЭС 043/2017 «О требованиях к средствам обеспечения пожарной безопасности и пожаротушения» с целью установления единых гармонизированных требований на межгосударственном уровне.

Ключевые слова: безопасность, специальная защитная одежда, боевая одежда пожарных, средства индивидуальной защиты рук, испытания, термоманекен.

Vasilevich T.I., Sheremet T.V., Velichko K.V.

DEVELOPMENT OF REQUIREMENTS FOR SPECIAL PROTECTIVE CLOTHING FOR FIREFIGHTERS TO ENSURE COMPLIANCE WITH EAEU TR 043/2017 «REQUIREMENTS FOR FIRE SAFETY AND FIREFIGHTING EQUIPMENT»

Institution “Scientific and Research Institute of Fire Safety and Emergency Situations” of the Ministry for Emergency Situations of the Republic of Belarus, Minsk

Development of requirements for special protective clothing for firefighters to ensure compliance with EAEU TR 043/2017 «Requirements for fire safety and firefighting equipment».

Keywords: safety, special protective clothing, clothing for firefighters, personal protective equipment of hands, tests, thermomannequin.

Введение

Безопасность является одним из главных требований, предъявляемых сегодня к любой продукции, в том числе к специальной защитной одежде пожарного и средствам индивидуальной защиты рук, которые служат для предотвращения или уменьшения воздействия на человека опасных факторов пожара, неблагоприятных климатических воздействий при тушении пожара, проведении аварийно-спасательных работ и (или) ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций.

В настоящее время в Республике Беларусь при производстве специальной защитной одежды пожарного (далее – СЗО) и средств защиты рук пожарного (далее – СЗР) следует руководствоваться требованиями СТБ 1971 [1], СТБ 1972 [2], и СТБ 1960 [3]. Однако, с момента утверждения технического регламента Евразийского экономического союза «О требованиях к средствам обеспечения пожарной безопасности и пожаротушения» (ТР ЕАЭС 043/2017) [4], появилась необходимость разработки на межгосударственном уровне единого стандарта для реализации его требований, который будет обязательным для исполнения всеми странами-участницами ЕАЭС.

Согласно Программе по разработке межгосударственных стандартов, утвержденной решением Коллегии Евразийской экономической комиссии 21 мая 2019 г. № 81 (далее – Программа), предусмотрена разработка Республикой Беларусь межгосударственного стандарта ГОСТ «Одежда специальная защитная пожарного. Общие технические требования. Методы испытаний» (далее – проект ГОСТ), необходимого для применения и исполнения требований [1].

При подготовке к разработке проекта ГОСТ проведен анализ национальных стандартов стран-участниц ЕАЭС, предъявляющих требования к СЗО и СЗР. На основе анализа принято решение в основу проекта ГОСТ положить требования ГОСТ Р 53264 [5], [1-3], так как в них наиболее полно изложены требования к экипировке пожарных.

Требования проекта ГОСТ распространяются на специальную защитную одежду пожарного, средства защиты рук пожарного, материалы, используемые для их изготовления.

Проект ГОСТ объединил требования пожарной безопасности трех стандартов [1], [2], [3], действующих на территории Республики Беларусь и устанавливающих требования к СЗО и СЗР. По сравнению с [5] и [1-3] в проекте ГОСТ предусмотрены новые требования, а также актуализированы старые с учетом проведенных научных исследований по производству и эксплуатации специальной защитной одежды и рук пожарных и развития технологий производства экипировки и выпуска новых тканей с улучшенными защитными свойствами. Дополнен новыми методами испытаний и актуализированы ранее установленные методики испытаний.

Проект ГОСТ установит требования пожарной безопасности к:

- специальной защитной одежде пожарного общего назначения (боевая одежда пожарного);
- специальной защитной одежде пожарного от повышенных тепловых воздействий;
- специальной защитной одежде пожарного изолирующего типа;
- белью термостойкому для пожарных;
- подшлемнику для пожарных;
- комплекту индивидуальной защиты пожарного;
- рабочему костюму пожарного;

- средствам защиты рук пожарного (перчатки и рукавицы).

В сравнении с действующими нормативными документами [1-3] проект ГОСТ дополнен требованиями к комплекту одежды индивидуальной защиты пожарного (далее – КИЗ) и рабочему костюму пожарного. Сейчас КИЗ изготавливают по техническим условиям.

КИЗ – это одежда, предназначенная для защиты укрываемых участков тела человека от опасных и вредных факторов окружающей среды, горячей и холодной воды, агрессивных веществ, а также от неблагоприятных климатических воздействий при проведении аварийно-спасательных работ.

Рабочий костюм пожарного – одежда из термостойких материалов, предназначенная для дополнительной защиты человека в СЗО при тушении пожаров, несения службы в пожарной части, проведения аварийно-спасательных работ в зоне исключаяющей воздействие опасных факторов пожара на человека.

В проекте ГОСТ отражены общие требования пожарной безопасности к КИЗ, классификации, конструктивным особенностям, материалам и методы испытания.

Касательно термобелья и подшлемника осуществлен ряд научных исследований, в рамках которых проведены испытания этих изделий. По результатам анализа проведенных исследований и испытаний выработаны требования, которые вошли в проект ГОСТ.

Проект ГОСТ дополнен методикой определения устойчивости СЗР к контакту с нагретыми до 400°С твердыми поверхностями. Согласно требованиям проекта ГОСТ устойчивость к контакту с нагретыми до 400°С твердыми поверхностями должна быть не менее 10 секунд.

Проект ГОСТ также дополнен методикой испытаний специальной защитной одежды пожарного на стенде «Термоманекен». Стенд «Термоманекен» предназначен для испытаний не только БОП, но и шлемов, перчаток и обуви пожарных, дыхательных аппаратов.

Термоманекен является человеческой моделью, предназначенной для исследования одежды в условиях различных тепловых сред без риска воздействия на человека. Данный метод испытаний характеризует тепловую защиту, обеспечиваемую одеждой, на основании измерения теплопередачи в полноразмерный манекен, подвергаемый лабораторному моделированию воздействию открытого пламени с контролируемой плотностью теплового потока, длительностью и распределением пламени. Измерения теплопередачи могут также использоваться для расчета прогнозируемого повреждения кожи при ожоге в результате воздействия. Кроме того, регистрируются наблюдения за общим поведением испытываемого образца во время и после воздействия.

Ведение данного межгосударственного стандарта позволит создать современную нормативную базу для развития технологий по производству специальной защитной одежды и средств защиты рук.

Изготовление СЗО и СЗР с учетом требований разрабатываемого проекта ГОСТ будет способствовать обеспечению производства высокого качества эки-

пировке пожарных с лучшими защитными свойствами, а также поможет производителям обеспечить ее соответствие требованиям [4] и другим техническим нормативным правовым актам.

ЛИТЕРАТУРА

1. СТБ 1971-2009 Система стандартов безопасности труда. Одежда пожарных боевая. Общие технические условия. – Введ. 01.01.2010. – Минск: Госстандарт. – НИЦ ВОУ МЧС г. Витебск, 2010. – 46 с.
2. СТБ 1972-2009 Система стандартов безопасности труда. Одежда пожарных специальная защитная от повышенных тепловых воздействий. Общие технические условия. – Введ. 01.01.2010. – Минск: Госстандарт. – НИЦ ВОУ МЧС г. Витебск, 2010. – 36 с.
3. СТБ 1960-2009. Система стандартов безопасности труда. Средства защиты рук пожарных. Общие технические условия. – Введ. 01.1.2009. – Минск: Госстандарт. – НИЦ ВОУ МЧС г. Витебск, 2010. – 38 с.
4. ТР ЕАЭС 043/2017 О требованиях к средствам обеспечения пожарной безопасности и пожаротушения. – Введ. 01.01.2020. – Совет ЕАЭК. – Министерство Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий. – 28 с.
5. ГОСТ Р 53264-2009 Техника пожарная. Специальная защитная одежда пожарного. Общие технические требования. Методы испытаний. – Введ. 18.02.2009. – Москва: Стандартинформ – ФГУ ВНИИПО МЧС России, 2009. – 37 с.

REFERENCES

1. STB 1971-2009 Sistema standartov bezopasnosti truda. Odezhda pozharnyh boevaya. Obshchie tekhnicheskie usloviya. – Vved. 01.01.2010. – Minsk: Gosstandart. – NIC VOU MChS g. Vitebsk, 2010. – 46 s.
2. STB 1972-2009 Sistema standartov bezopasnosti truda. Odezhda pozharnyh special'naya zashchitnaya ot povyshennyh teplovyh vozdeystvij. Obshchie tekhnicheskie usloviya. – Vved. 01.01.2010. – Minsk: Gosstandart. – NIC VOU MChS g. Vitebsk, 2010. – 36 s.
3. STB 1960-2009. Sistema standartov bezopasnosti truda. Sredstva zashchity ruk pozharnyh. Obshchie tekhnicheskie usloviya. – Vved. 01.1.2009. – Minsk: Gosstandart. – NIC VOU MChS g. Vitebsk, 2010. – 38 s.
4. TR EAES 043/2017 O trebovaniyah k sredstvam obespecheniya pozharnoj bezopasnosti i pozharotusheniya. – Vved. 01.01.2020. – Sovet EAEK. – Ministerstvo Rossijskoj Federacii po delam grazhdanskoj oborony, chrezvychajnym situaciyam i likvidacii posledstvij stihijnyh bedstvij. – 28 s.
5. GOST R 53264-2009 Tekhnika pozharnaya. Special'naya zashchitnaya odezhda pozharnogo. Obshchie tekhnicheskie trebovaniya. Metody ispytaniy. – Vved. 18.02.2009. – Moskva: Standartinform – FGU VNIPO MChS Rossii, 2009. – 37 s.



DOI: DOI: <https://doi.org/10.54422/1994-439X.2024.1-55.71-74>

УДК 614.891.3

**Шеремет Т.В., Шатилов Ю.С., Старовойтов А.А., Аниськов В.И.,
к.с.-х.н. Романенко Я.А.**

ОПЫТНЫЕ ОБРАЗЦЫ РАЗРАБАТЫВАЕМОЙ СПЕЦИАЛЬНОЙ ЗАЩИТНОЙ ОДЕЖДЫ

Учреждение «Научно-исследовательский институт пожарной безопасности и проблем чрезвычайных ситуаций» МЧС Республики Беларусь, г. Минск

Перечень аварийно-спасательных работ постоянно дополняется, в связи с этим существует вопрос по разработке и совершенствованию специальной защитной одежды и средств индивидуальной защиты.

Ключевые слова: специальная защитная одежда, комбинезон, боевая одежда пожарного, природные и ландшафтные пожары на открытой местности, аварийно-спасательные работы.

Sheremet T.V., Shatilov Y.S., Starovoytov A.A., Aniskov V.I., Romanenko Ya.A.

EXPERIMENTAL SAMPLES OF SPECIAL PROTECTIVE CLOTHING IN DEVELOPMENT

The Establishment "Research Institute of Fire Safety and Emergencies" of the Ministry for Emergency Situations of the Republic of Belarus, Minsk

The list of emergency rescue operations is constantly being refined and improved; in this regard, there is a constant question about the development of special protective clothing and personal protective equipment.

Keywords: special protective clothing, overalls, firefighter combat clothing, natural and landscape fires in open areas, rescue operations.

Введение

Спектр задач аварийно-спасательных служб широк. В связи с этим существует необходимость изучения специфики каждого направления и комплексного подхода к вопросу разработки специальной защитной одежды. НИИ ПБ и ЧС МЧС Беларуси изучает опыт и предлагает новые виды экипировки. С начала нового года институт разработал следующие опытные образцы: боевая одежда пожарного для тушения природных, ландшафтных пожаров на открытом воздухе; комбинезон спасателя ИНСАРАГ; комбинезон для авиационной охраны лесов.

В настоящее время подобраны материалы и разработаны конструкции данных видов СЗО, проходит этап опытной эксплуатации [1; 2; 3].

Основная часть

Комбинезон спасателя ИНСАРАГ предназначен для выполнения аварийно-спасательных и других неотложных работ не связанных с тушением пожаров в рамках Международной поисково-спасательной консультативной группы (фото 1).



Фото 1. – Комбинезон спасателя ИНСАРАГ

Каждый элемент комбинезона подобран под специфику использования (наличие необходимого количества карманов; возможность использования быстросъёмного пояса; внутренние вставки/карманы для дополнительной защиты в местах локтей и колен; наличие эвакуационной петли для быстрого извлечения из-под завалов самого спасателя в случае обрушения конструкций). Универсальная и эргономичная конструкция комбинезона разработана с учетом антропометрии спасателя.



Фото 2. – Боевая одежда пожарного для тушения природных, ландшафтных пожаров на открытом воздухе

Одежда боевая пожарного для тушения природных, ландшафтных пожаров на открытом воздухе (далее – БОП), предназначенная для защиты тела человека от воздействия высоких температур окружающей среды, тепловых потоков, открытого пламени, контакта с нагретыми поверхностями, механических воздействий, воды и агрессивных сред, а также от неблагоприятных климатических воздействий при проведении работ (фото 2).

По конструктивным требованиям пакет материалов и тканей, используемых для изготовления БОП, должен состоять из материала верха, водонепроницаемого слоя и теплоизоляционной подкладки.

Допускается совмещать водонепроницаемый слой с теплоизоляционной подкладкой или материал верха с водонепроницаемым слоем.

Конструкция БОП обеспечивает возможность использования с другими средствами индивидуальной защиты и снаряжением пожарного-спасателя:

- пожарным спасательным поясом;
- шлемом (каскай);
- средствами индивидуальной защиты органов зрения и дыхания;
- подшлемником;
- пожарно-техническим вооружением;
- радиостанцией;
- индивидуальным фонарем;
- специальной защитной обувью пожарных;
- средствами защиты рук.

Конструкция БОП и используемые для изготовления материалы эргономичны, не сковывают движения и позволяют пожарному эффективно выполнять все необходимые работы.



Фото 3. – Комбинезон для авиационной охраны лесов

Комбинезон для авиационной охраны лесов представляет специальную защитную одежду для подразделений летных служб (фото 3). В данном опытном образце подобраны необходимая структура, цвет ткани и конструкция.

Заключение

По результатам опытной эксплуатации данные виды СЗО пройдут доработку, на каждый вид продукции будет разработана техническая документация. Данные виды СЗО планируется внедрить в органы и подразделения по чрезвычайным ситуациям МЧС Республики Беларусь.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шеремет, Т.В. Анализ современных тканей для изготовления специальной защитной одежды пожарных спасателей / Шеремет Т.В., Навроцкий О.Д., Романенко Я.А. // «Чрезвычайные ситуации: предупреждение и ликвидация». – 2018. – № 1 (43). – С. 90 – 95.

2. Бартршина, В.В. Огнестойкие ткани: свойства, технологии производства и сферы применения / В.В. Бартршина, Т.В. Бутко // Международный научный журнал «Вестник науки» – 2024. – № 1 (70). – С.1000-1003.

3. Техника пожарная. Специальная защитная одежда пожарного. Общие технические требования. Методы испытаний: ГОСТ Р 53264-2009. Национальный стандарт Российской Федерации. – Введ. 01.07.2009 – 41 с. – 208 с.

REFERENCES

1. Sheremet, T.V. Analiz sovremennyh tkaney dlya izgotovleniya special'noj zashchitnoj odezhdy pozharnyh spasatelej / Sheremet T.V., Navrockij O.D., Romanenko Ya.A. // «Chrezvychajnyye situacii: preduprezhdenie i likvidaciya». – 2018. – № 1 (43). – S. 90 – 95.

2. Bartshina, V.V. Ognestojkie tkani: svojstva, tekhnologii proizvodstva i sfery primeneniya / V.V. Bartshina, T.V. Butko // Mezhdunarodnyj nauchnyj zhurnal «Vestnik nauki» – 2024. – № 1 (70). – S.1000-1003.

3. Tekhnika pozharnaya. Special'naya zashchitnaya odezhda pozharnogo. Obshchie tekhnicheskie trebovaniya. Metody ispytaniy: GOST R 53264-2009. Nacional'nyj standart Rossijskoj Federacii. – Vved. 01.07.2009 – 41 s. – 208 s.



DOI: DOI: <https://doi.org/10.54422/1994-439X>. 2024.1-55.75-77

УДК 677.4; 661.174.

Шатилов Ю.С., к.т.н. Лукьянов А.С.*

ИССЛЕДОВАНИЕ БОЕВОЙ ОДЕЖДЫ ПОЖАРНОГО В УСЛОВИЯХ СВЕРХНОРМАТИВНЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ

Учреждение «Научно-исследовательский институт пожарной безопасности и проблем чрезвычайных ситуаций» МЧС Республики Беларусь, г. Минск

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

Проведены исследования пакетов материалов боевой одежды пожарного (далее – БОП) в условиях кратковременных сверхнормативных воздействий. Проведены экспериментальные исследования по комбинированному термическому воздействию (тепловой поток и открытое пламя) на комплект БОП с применением испытательного комплекса «Термоманекен».

Ключевые слова: боевая одежда пожарного, пакет материалов, термоманекен, огнестойкость.

Shatilov Y.S., Ph.D. in Technology Lukyanov A.S.*

RESEARCH OF FIREFIGHTER UNIFORM IN CONDITIONS OF EXTREME IMPACTS

The Establishment "Research Institute of Fire Safety and Emergencies" of the Ministry for Emergency Situations of the Republic of Belarus, Minsk

**The State Educational Institution "University of Civil Protection of the Ministry of Emergency Situations of the Republic of Belarus", Minsk*

Studies of packages of materials for firefighter uniform in conditions of short-term extreme impacts are carried out. Experimental studies on combined thermal effects (heat flow and open flame) on firefighter uniform using the Thermomaneken test complex are carried out.

Key words: firefighter uniform, package of materials, thermomaniken, fire resistance.

Введение

БОП состоит из пакета материалов, формируя термодинамическую систему, где каждый слой несет определенную функцию, обеспечивая изделие необходимыми качествами. Основной функцией пакета материалов БОП является защита укрываемых участков тела от термических воздействий.

В настоящее время отечественными и зарубежными производителями, в тесной взаимосвязи с исследованиями в области конструирования защитной

экипировки и разработки материалов для ее изготовления, успешно изготавливается широкий ассортимент средств защиты пожарного. Несмотря на обязательное соответствие требованиям к средствам защиты спасателя-пожарного установленным [1] и перечню взаимосвязанных стандартов к нему имеют место быть случаи их повреждений, граничащих с травмированием работников.

В рамках экспериментальной работы проведены исследовательские испытания на установке по определению устойчивости к воздействию теплового потока по [2]. Воздействие на образцы составляло 40 кВт/м^2 в течение 10 и 15 с при нормативном значении 5 с. Температура на обратной стороне пакета материалов фиксировалась до достижения максимального значения (рисунок 1).

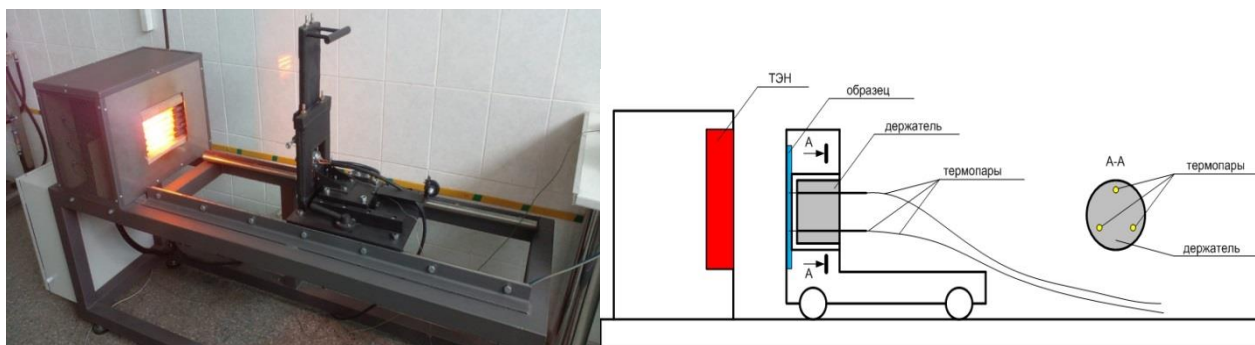


Рисунок 1. – испытательная установка и схема проведения испытаний

После воздействия теплового потока на протяжении расчетного времени происходит повышение температуры на обратной стороне пакета материалов свыше $50 \text{ }^\circ\text{C}$ и наблюдается деструкция теплоизоляционного слоя.

Также проведены экспериментальные исследования по комбинированному термическому воздействию (тепловой поток и открытое пламя) на комплект БОП с применением испытательного комплекса «Термоманекен» (рисунок 2) [3].



Рисунок 2. – проведение испытаний на испытательном комплексе «Термоманекен»

При воздействии открытого огня в течение времени (12 с) на предварительно нагретый комплект БОП при помощи тепловых панелей (максимальная температура на поверхности до 150 °С) происходит повреждение теплоизоляционной подкладки, сопоставимые с полученными на пожаре.

В ходе исследовательских испытаний также установлено, что при воздействии открытого огня первыми начинают плавиться, а при длительном воздействии, гореть световозвращающие (светонакопительные) накладки (элементы), что приводит к повреждению теплоизоляционной подкладки под ними.

Все повреждения БОП на смоделированных испытаниях сопоставимы с повреждениями при ее применении на пожарах внутри зданий.

Данные исследования подтверждают актуальность дополнительных исследований теплоизоляционного слоя БОП с приданием ему повышенной защиты от термических воздействий, а также исследование различных методов обработки текстильных материалов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Технический регламент Евразийского экономического союза «О требованиях к средствам обеспечения пожарной безопасности и пожаротушения» (ТР ЕАЭС 043/2017)
2. Система стандартов безопасности труда. Одежда пожарных боевая. Общие технические условия: СТБ 1971-2009. Государственный стандарт Республики Беларусь. – Введ. 01.01.2010. – 35 с.
3. Старовойтов А.А., Шатилов, Ю.С., Емельянов В.К., Лукьянов А.С. Разработка испытательного комплекса «Термоманекен» для определения теплозащитных свойств элементов защитной экипировки спасателей пожарных // Чрезвычайные ситуации: предупреждение и ликвидация. – 2022. – № 1(51). – С. 131 – 137.

REFERENCES

1. Tekhnicheskij reglament Evrazijskogo ekonomicheskogo soyuza «O trebovaniyah k sredstvam obespecheniya pozharnoj bezopasnosti i pozharotusheniya» (TR EAES 043/2017)
2. Sistema standartov bezopasnosti truda. Odezhda pozharnyh boevaya. Obshchie tekhnicheskie usloviya: STB 1971-2009. Gosudarstvennyj standart Respubliki Belarus'. – Vved. 01.01.2010. – 35 s.
3. Starovojtov A.A., Shatilov, Yu.S., Emel'yanov V.K., Luk'yanov A.S. Razrabotka ispytatel'nogo kompleksa «Termomaneken» dlya opredeleniya teplozashchitnyh svojstv elementov zashchitnoj ekipirovki spasatelej pozharnyh // Chrezvychajnye situacii: preduprezhdenie i likvidaciya. – 2022. – № 1(51). – s. 131 – 137.

Шавель Ю.И., Гончаров И.Н., Казябо В.А.

АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ АВТОЛЕСТНИЦ С ВЫСОТОЙ ПОДЪЕМА 50 И БОЛЕЕ МЕТРОВ, С УЧЕТОМ ДЕЙСТВУЮЩИХ ТНПА

Учреждение «Научно-исследовательский институт пожарной безопасности и проблем чрезвычайных ситуаций» МЧС Республики Беларусь, г. Минск

Целью данной работы является анализ конструкции и условий применения выносных опор (аутригеров), грузоподъемности люльки, а также эксплуатационных испытаний (испытаний на надежность) автолестниц с высотой подъема 50 и более метров с учетом действующих ТНПА.

Приведены основные типы и виды выносных опор (аутригеров) используемых в настоящее время при изготовлении автолестниц пожарных, рассмотрены параметры грузоподъемности люльки мировых производителей автолестниц, изложена методика эксплуатационных испытаний (испытаний на надежность).

Ключевые слова: пожарные автомобили, автолестницы пожарные, аутригеры пожарных автомобилей, грузоподъемность люльки, испытания на надежность, требования к пожарным автомобилям.

Shavel Y.I., Goncharov I.N., Kaziabo V.A.

ANALYTICAL REVIEW OF THE MAIN PARAMETERS OF AERIAL LADDERS WITH A LIFTING HEIGHT OF 50 METERS OR MORE, TAKING INTO ACCOUNT EXISTING TECHNICAL NORMS AND REGULATIONS

The Establishment "Research Institute of Fire Safety and Emergencies" of the Ministry for Emergency Situations of the Republic of Belarus, Minsk

This article is about to analyze the design and conditions of use of outriggers (outriggers), the carrying capacity of the cradle, as well as testing (reliability tests) of aerial ladders with a lifting height of 50 meters or more in accordance with the requirements of existing technical norms and regulations.

The main characteristics and types of applications of outriggers (outriggers) currently in the manufacture of firefighter aerial ladders are presented, the load-carrying capacity parameters of the cradle of aerial ladders from global manufacturers are considered, and a testing methodology (reliability tests) is laid down.

Key words: fire trucks, aerial ladders fire truck, fire truck outriggers, cradle load capacity, reliability tests, requirements for fire trucks.

Введение

Основным средством обеспечения действий подразделений Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь (МЧС) по тушению пожаров и выполнению аварийно-спасательных работ на высоте более трех этажей яв-

ляются пожарные автолестницы (АЛ) и автоподъемники (АПК). Ежегодно растущее количество высотных зданий вызывает необходимость поиска современных и эффективных решений обеспечения пожарной безопасности находящихся в них людей. В их числе – увеличение рабочей высоты АЛ и АПК, поставляемых на вооружение в МЧС.

На данный момент отечественными предприятиями осуществляется разработка и постановка на производство современных АЛ с высотой подъема более 50 метров.

В настоящей работе рассмотрим аутригерные системы, применяемые на АЛ, и грузоподъемность люльки.

Соблюдение нормативных требований параметрам и техническому исполнению элементов является составной частью работ по созданию пожарных автомобилей (ПА).

Во многих странах ПА производится в рамках нормативно-правового поля, установленного национальными стандартами. Любая концепция совершенствования ПА не должна выходить за пределы этого поля, по крайней мере, до момента изменения границ.

Требования к АЛ устанавливаются ТР ЕАЭС 043/2017 «О требованиях к средствам обеспечения пожарной безопасности и пожаротушения» (далее – ТР ЕАЭС 043/2017), с учетом перечней международных и региональных (межгосударственных) стандартов, а в случае их отсутствия – национальных (государственных) стандартов, в результате применения которых на добровольной основе обеспечивается соблюдение требований ТР ЕАЭС 043/2017 и международных и региональных (межгосударственных) стандартов, а в случае их отсутствия – национальных (государственных) стандартов, содержащих правила и методы исследований (испытаний) и измерений, в том числе правила отбора образцов, необходимые для применения и исполнения требований ТР ЕАЭС 043/2017 и осуществления оценки соответствия объектов технического регулирования. В случае с Республикой Беларусь таким стандартом на текущий момент является СТБ 11.13.25-2017 «Система стандартов пожарной безопасности. Автолестницы пожарные и их составные части. Общие технические требования. Методы испытаний» (далее – СТБ).

Аутригерные системы

В соответствии с СТБ выносные опоры (аутригеры) АЛ – это устройства, обеспечивающие устойчивость АЛ при работе и предохраняющие рессоры и шины базового шасси от воздействия дополнительных нагрузок, возникающих при работе.

Существует два основных вида аутригеров:

Телескопические – выдвигаются в стороны и вниз при установке АЛ. Приводятся в движение гидравлической системой. Большинство моделей пожарной высотной техники оснащено именно такими устройствами.

Поворотные – название говорит само за себя: для размещения автомобиля такие опоры поворачиваются и затем принимают рабочее положение. Примером могут служить строительные краны.

Тремя наиболее распространенными типами выносных опор являются А-образные, Н-образные аутригеры, а также Х-образные. У каждого вида есть свои плюсы и минусы.

Аутригеры с А-образной рамой представляют собой выдвижные опоры, которые обычно выступают всего на несколько метров из боковой части АЛ, например, широко известная АЛ-30 (131) ПМ-506Д (рисунок 1).



Рисунок 1. – А-образные аутригеры

Основным недостатком аутригеров с А-образными аутригерами является то, что они имеют ограниченное (из-за ширины опорного контура) применение для АЛ с высотой подъема свыше 32 метров. В такой технике они используются только в сочетании с другими типами аутригеров, например Н-образного типа.

А-образные аутригеры широко используются в технике Rosenbauer International AG, оснащенной насосными установками. Эта компания также использует выносные опоры Н-образного типа на всех своих АЛ, в том числе на таких как DS-L56 и DS-L64 с высотой подъема 54 и 62 метра соответственно.

Н-образные выносные опоры (рисунок 2) остаются внутри рамы автомобиля. В основном они устанавливаются на АЛ таких производителей: Rosenbauer International AG (Австрия/Германия), MORITA Group (Япония), АО «Варгашинский завод ППСО» (Россия), ООО «ПРИОРИТЕТ» (Россия), ООО «Пожарные системы» (Россия), ООО «Мега Драйв» (Россия), EVERDIGM Corp. (Южная Корея), Changsha Zoomlion Fire Machinery Co., Ltd. (Китай), Xuzhou Construction Machinery Group Co., Ltd. (Китай).



а

б

а – Rosenbauer International AG; б – АО «Варгашинский завод ППСО»;
Рисунок 2. – Аутригеры Н-образного типа

Аутригеры Н-образного типа, пожалуй, наиболее часто используемая система подъема в пожарной службе. В зависимости от типа высотной техники устанавливаются 2 или 4 Н-образных опоры. Недостаток выносных опор Н-образного типа заключается в том, что они могут занимать много места как непосредственно в автомобиле, что ограничивает пространство отсека, так и вокруг него.

Ярким представителем, применяющим Х-образные опоры, является IVECO MAGIRUS Brandschutztechnik GmbH (Германия). На всех АЛ компании установлены Х-образные аутригеры. В данном случае задние колеса АЛ, автоматически заблокированные при выдвигании аутригеров, создают дополнительные точки опоры (рисунок 3). Верхняя плоскость опорно-поворотного устройства АЛ при этом автоматически выравнивается



Рисунок 3. – Х-образные опоры IVECO MAGIRUS Brandschutztechnik GmbH

в горизонтальное положение при подъеме комплекта колен с опорной стойки и автоматически выключается при опускании комплекта на стойку с помощью специальной системы. На АЛ моделей М55L и М60L установлена система компенсации бокового уклона «MAGIRUS SNR». Компенсированный угол уклона местности составляет – 8,5°.



а



б

а – Volkan Itfaiye Malzemeleri Sanayi Ve Ticaret Ltd;

б – ООО «КОМПАНИЯ ВИТАНД»;

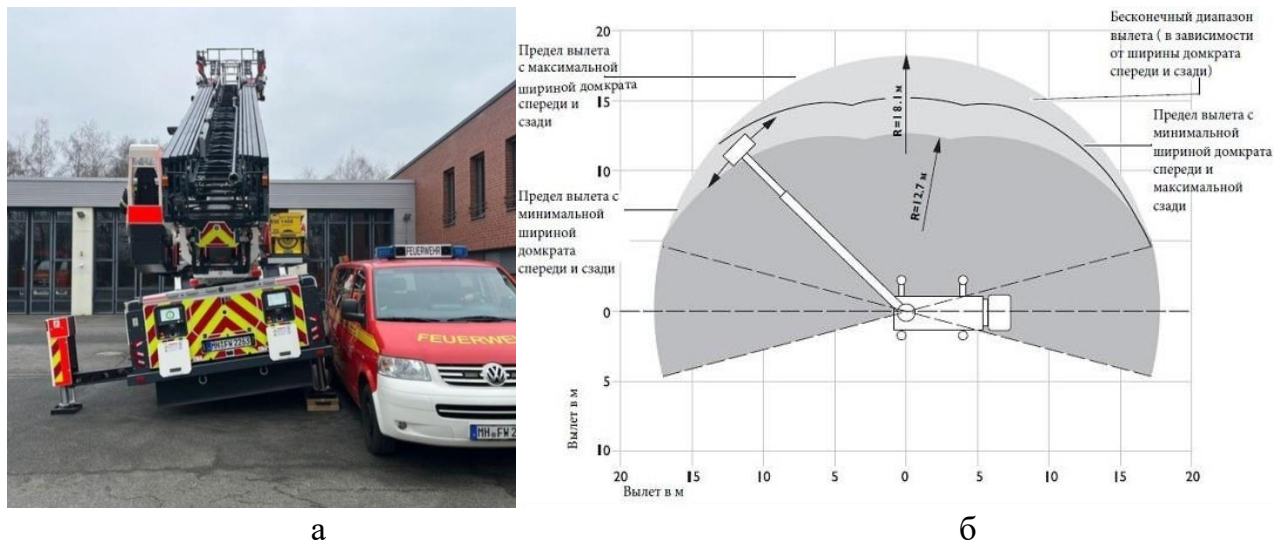
Рисунок 4. – Аутригеры X-образного типа

X-образные опоры также устанавливаются на АЛ производителей: ООО «КОМПАНИЯ ВИТАНД» (Россия), Volkan Itfaiye Malzemeleri Sanayi Ve Ticaret Ltd (Турция).

Настоящий СТБ устанавливает одно из ограничивающих требований к аутригерам – максимальная ширина опорного контура, не ограничивая производителей в конструктивных решениях. Ширина опорного контура АЛ – это расстояние между вертикальными осями двух противоположных относительно продольной оси АЛ выносных опор.

Максимальная ширина опорного контура регламентируется значением не более 5,5 метров для рассматриваемого диапазона высот. Ширина опорного

контура АЛ в рассматриваемом диапазоне высот находится в пределах 5,2 метра, что соответствует требованиям СТБ. Конструкция всех АЛ позволяет производить установку аутригеров без выдвигания их с одной стороны, при этом работа стрелой производится в сторону, с которой опоры полностью выдвинуты (рисунок 5).



а – установка без выдвигания опор в сторону; б – рабочее поле;
Рисунок 5. – Примеры установки без выдвигания опор с одной стороны

Грузоподъемность люльки

В соответствии с СТБ грузоподъемность люльки или лифта АЛ для диапазона высот от 41 до 60 метров должна быть не менее 200 кг, максимальная же рабочая нагрузка на вершину неприслоненной стрелы при максимальном вылете – не менее 300 кг. Под грузоподъемностью АЛ (кг) понимается масса максимально допустимого груза, которым может быть нагружена стрела (люлька) АЛ для данного вылета.

Стандарт устанавливает минимально допустимое значение грузоподъемности при требуемых параметрах. Естественным является то, чем большую грузоподъемность имеет люлька, тем большее количество людей можно спасти.

На примере АЛ, таких как М55L, М60L и DS-L56, DS-L64 компаний IVECO MAGIRUS Brandschutztechnik GmbH и Rosenbauer International AG, соответственно, можно проследить, что грузоподъемность люльки составляет 300 кг, существуют модификации с люлькой грузоподъемностью до 400 кг. Также грузоподъемность люльки в 300 кг имеют АЛ-55 ООО «КОМПАНИЯ ВИТАНД» и М55 Volkan Itfaiye Malzemeleri Sanayi Ve Ticaret Ltd. ООО «КОМПАНИЯ ВИТАНД» сотрудничает с IVECO MAGIRUS Brandschutztechnik GmbH с 1994 года.

Грузоподъемность люльки АЛ с высотой подъема свыше 50 метров таких производителей, как MORITA Group, Changsha Zoomlion Fire Machinery Co., Ltd., Xuzhou Construction Machinery Group Co., Ltd., варьируется в пределах 225...270 кг. Следует отметить, что грузоподъемность люльки разрабатывае-

ных в Республике Беларусь АЛ с высотой подъема свыше 50 метров составляет 270 кг.

АЛ ООО «ПРИОРИТЕТ», ООО «Пожарные системы», ООО «Мега Драйв» соответствуют минимальному требованию СТБ по грузоподъемности люльки в 200 кг.

Зачастую производители позволяют при уменьшении нагрузки в люльке увеличивать вылет либо увеличивать грузоподъемность при уменьшении вылета (рисунок 6).

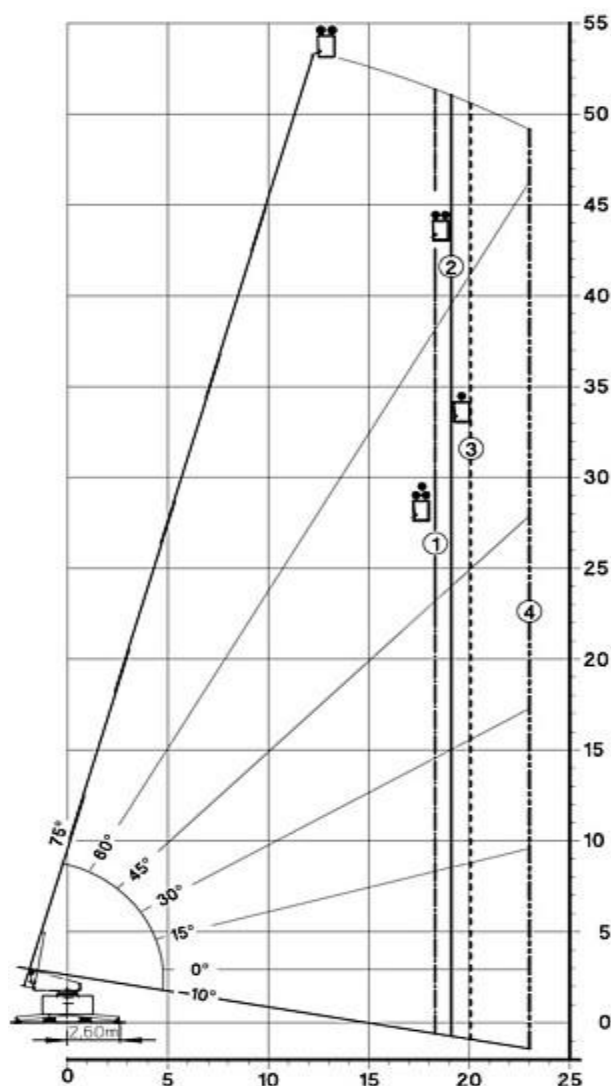


Рисунок 6. – Рабочее поле автолестницы с различной нагрузкой в люльке

Таким образом, грузоподъемность АЛ ограничивается возможностями производителей и применяемыми материалами при изготовлении АЛ.

Эксплуатационные испытания (испытания на надежность)

Эксплуатационные испытания на надежность организуются и проводятся в целях:

определения или оценки показателей качества функционирования техники в определенных условиях применения;

выявления (отбора) существенных факторов, влияющих на показатели качества функционирования техники;

определения возможности (целесообразности) принятия ПА на вооружение (снабжение).

Основными задачами испытаний являются:

контроль за соответствием тактико-технических характеристик техники в реальных условиях эксплуатации;

выявление конструктивных недостатков и производственных дефектов техники, а также ее составных частей;

установление степени влияния сбоев и отказов техники на выполнение решаемых задач;

выработка рекомендаций по улучшению показателей качества надежности (безотказности, сохраняемости, долговечности, ремонтпригодности и других), удобства в эксплуатации, эргономичности техники.

Общее количество и выполняемые операции определяются в соответствии с Руководством по эксплуатации на пожарную аварийно-спасательную технику и СТБ.

Испытания ПА рекомендуется проводить в циклическом режиме, при этом под циклом понимают последовательно выполняемые следующие операции:

- включение коробки отбора мощности;
- выдвигание и опускание опор;
- подъем стрелы из транспортного положения и поворот ее на 90°;
- опускание стрелы до минимального угла/опускание люльки до уровня грунта;
- установка люльки (при ее наличии);
- подъем стрелы на максимальный угол/высоту;
- выдвигание стрелы на полную длину;
- подъем и опускание кабины лифта (при ее наличии);
- поворот стрелы на 360°;
- сдвигание стрелы;
- опускание стрелы до минимального угла/опускание люльки до уровня грунта;
- установка стрелы в транспортное положение;
- подъем опор.

Операции (включение коробки отбора мощности, выдвигание и опускание опор, подъем стрелы из транспортного положения и поворот ее на 90°, опускание стрелы до минимального угла) повторяют после 10-кратного повторения операций (установка люльки (при ее наличии) – сдвигание стрелы). Общее количество и выполняемые операции определяются в соответствии с СТБ.

При наработке циклов общее количество операций (кроме установки и снятия с выносных опор) может быть распределено в зависимости от перемещения силового исполнительного органа (гидроцилиндр, гидромотор) в пределах зоны его рабочего использования и рабочей нагрузки следующим образом:

- полное перемещение – 25 % от общего количества циклов;
- перемещение на 75 % и более – 30 % от общего количества циклов;
- перемещение на 50 % и более – 25 % от общего количества циклов;
- перемещение 25 % и более – 20 % от общего количества циклов;
- максимальная рабочая нагрузка – 25 % от общего количества циклов с данным перемещением;
- рабочая нагрузка 75 % максимальной – 25 % от общего количества циклов с данным перемещением;
- рабочая нагрузка 50 % максимальной – 25 % от общего количества циклов с данным перемещением;
- рабочая нагрузка 25 % максимальной – 25 % от общего количества циклов с данным перемещением.

При этом полная наработка должна составлять не менее 100 ч.

Эксплуатационные испытания на надежность опытных образцов при разработке и постановке на производство проводит предприятие-производитель, вместе с тем НИИ ПБиЧС МЧС Беларуси (далее - институт) обеспечено расширение области аккредитации Испытательного центра института (аттестат аккредитации ВУ/112.1.0042) в части проведения испытаний на надежность (непрерывная шестичасовая работа и наработка до отказа) в соответствии с техническими требованиями и методиками СТБ (протокол от 16.08.2023 № 1532 заседания Технической комиссии по аккредитации ГП «БГЦА»).

ЛИТЕРАТУРА

1. Национальный Интернет-портал Республики Беларусь [Электронный ресурс]. – 2023. – Режим доступа: <https://magirus.ru/products/ladder/> – Дата доступа: 04.12.2023.
2. Национальный Интернет-портал Республики Беларусь [Электронный ресурс]. – 2023. – Режим доступа: www.rosenbauer.com – Дата доступа: 04.12.2023.
3. Национальный Интернет-портал Республики Беларусь [Электронный ресурс]. – 2023. – Режим доступа: <https://prioritetmiass.ru/> – Дата доступа: 12.12.2023.
4. Национальный Интернет-портал Республики Беларусь [Электронный ресурс]. – 2023. – Режим доступа: <https://www.pozhmashina.ru/> – Дата доступа: 05.12.2023.
5. Национальный Интернет-портал Республики Беларусь [Электронный ресурс]. – 2023. – Режим доступа: <http://vargashi.com/product/avtolestnica-al-52-kamaz-65201-130vr> – Дата доступа: 05.12.2023.
6. Национальный Интернет-портал Республики Беларусь [Электронный ресурс]. – 2023. – Режим доступа: <https://megadrive.ru/avtolestnitsa/avtolestnica-al-52s35510/> – Дата доступа: 05.12.2023.

7. Национальный Интернет-портал Республики Беларусь [Электронный ресурс]. – 2023. – Режим доступа: <https://vitand.ru/catalog/ladders/al55/> – Дата доступа: 08.12.2023.
8. Национальный Интернет-портал Республики Беларусь [Электронный ресурс]. – 2023. – Режим доступа: https://www.morita119.com/en/products/fire_trucks/ladder/001.html – Дата доступа: 12.12.2023.
9. Национальный Интернет-портал Республики Беларусь [Электронный ресурс]. – 2023. – Режим доступа: <https://volkan.com.tr/en/araclar/m-55-m-55-a/> – Дата доступа: 12.12.2023.
10. Национальный Интернет-портал Республики Беларусь [Электронный ресурс]. – 2023. – Режим доступа: www.chinaxcmgroup.com – Дата доступа: 15.12.2023.
11. Национальный Интернет-портал Республики Беларусь [Электронный ресурс]. – 2023. – Режим доступа: <https://zoomlion.nt-rt.ru> – Дата доступа: 15.12.2023.
12. Система стандартов пожарной безопасности. Автолестницы пожарные и их составные части. Общие технические требования. Методы испытаний – СТБ 11.13.25-2017.

REFERENCES

1. Nacional'nyj Internet-portal Respubliki Belarus' [Elektronnyj resurs]. – 2023. – Rezhim dostupa: <https://magirus.ru/products/ladder/> – Data dostupa: 04.12.2023.
2. Nacional'nyj Internet-portal Respubliki Belarus' [Elektronnyj resurs]. – 2023. – Rezhim dostupa: www.rosenbauer.com – Data dostupa: 04.12.2023.
3. Nacional'nyj Internet-portal Respubliki Belarus' [Elektronnyj resurs]. – 2023. – Rezhim dostupa: <https://prioritetmiass.ru/> – Data dostupa: 12.12.2023.
4. Nacional'nyj Internet-portal Respubliki Belarus' [Elektronnyj resurs]. – 2023. – Rezhim dostupa: <https://www.pozhmashina.ru/> – Data dostupa: 05.12.2023.
5. Nacional'nyj Internet-portal Respubliki Belarus' [Elektronnyj resurs]. – 2023. – Rezhim dostupa: <http://vargashi.com/product/avtolestnica-al-52-kamaz-65201-130vr> – Data dostupa: 05.12.2023.
6. Nacional'nyj Internet-portal Respubliki Belarus' [Elektronnyj resurs]. – 2023. – Rezhim dostupa: <https://megadrive.ru/avtolestnitsa/avtolestnica-al-52s35510/> – Data dostupa: 05.12.2023.
7. Nacional'nyj Internet-portal Respubliki Belarus' [Elektronnyj resurs]. – 2023. – Rezhim dostupa: <https://vitand.ru/catalog/ladders/al55/> – Data dostupa: 08.12.2023.
8. Nacional'nyj Internet-portal Respubliki Belarus' [Elektronnyj resurs]. – 2023. – Rezhim dostupa: https://www.morita119.com/en/products/fire_trucks/ladder/001.html – Data dostupa:

12.12.2023.

9. Nacional'nyj Internet-portal Respubliki Belarus' [Elektronnyj resurs]. – 2023. – Rezhim dostupa: <https://volkan.com.tr/en/araclar/m-55-m-55-a/> – Data dostupa: 12.12.2023.

10. Nacional'nyj Internet-portal Respubliki Belarus' [Elektronnyj resurs]. – 2023. – Rezhim dostupa: www.chinaxcmgroup.com – Data dostupa: 15.12.2023.

11. Nacional'nyj Internet-portal Respubliki Belarus' [Elektronnyj resurs]. – 2023. – Rezhim dostupa: <https://zoomlion.nt-rt.ru> – Data dostupa: 15.12.2023.

12. Sistema standartov pozharnoj bezopasnosti. Avtolestnicy pozharnye i ih sostavnye chasti. Obshchie tekhnicheskie trebovaniya. Metody ispytanij – STB 11.13.25-2017.



УДК 614.841

Бунто И.А., Кицак А.И., Никиточкин Е.Л., Надточий Д.Н., Хотеловский П.В.

ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ОРОШЕНИЯ ОРОСИТЕЛЯ ВОДЯНОГО ОБЩЕГО НАЗНАЧЕНИЯ ДЛЯ УСЛОВИЙ ПРИМЕНЕНИЯ ПРИ ПРОТИВОПОЖАРНОЙ ЗАЩИТЕ ВЫСОТНЫХ ПОМЕЩЕНИЙ И СКЛАДОВ

Учреждение «Научно-исследовательский институт пожарной безопасности и проблем чрезвычайных ситуаций» МЧС Республики Беларусь, г. Минск

Целью работы является исследование основных характеристик орошения оросителя водяного общего назначения – интенсивности и равномерности орошения защищаемой площади для высот установки оросителя существенно больших нормировочных при испытании оросителей по СТБ 11.16.06.

Установлено, что с увеличением высоты расположения оросителя относительно защищаемой площади интенсивность орошения для исследованных типов оросителей уменьшается примерно одинаково для различного монтажного расположения розетки оросителя и давления перед его выходным отверстием. Однородность орошения при этом улучшается. При высоте установки оросителя $H = 9,5$, м, наблюдается уменьшение интенсивности орошения на 30-50 % относительно значения интенсивности, измеренной при нормированной высоте $H = 2,5$, м. Однородность орошения возрастает примерно на 15-20 %.

Рекомендовано осуществлять при проектировании АУП для высотных помещений экспериментальную оценку характеристик орошения выбранного типа оросителя для предполагаемой высоты его установки, либо определение экспериментальной зависимости их от высоты установки оросителя относительно защищаемой площади на ограниченном интервале высот установки с целью оценки значений характеристик орошения на предполагаемой высоте установки оросителя методом аппроксимации полученной зависимости.

Ключевые слова: пожар, автоматическая установка пожаротушения, ороситель, интенсивность орошения, однородность орошения, защищаемая площадь.

Bunto I.A., Kitsak A.I., Nikitochkin E.L., Nadtochii D.N., Hotelovski P.V.

STUDY OF THE IRRIGATION CHARACTERISTICS OF A GENERAL-PURPOSE WATER SPRINKLER FOR USE IN FIRE PROTECTION HIGH-RISE BUILDINGS AND WAREHOUSES

The Establishment "Research Institute of Fire Safety and Emergencies" of the Ministry for Emergency Situations of the Republic of Belarus, Minsk

The purpose of the work is to study the main characteristics of irrigation of a general-purpose water sprinkler - the intensity and uniformity of irrigation of the protected area for sprinkler installation heights significantly higher than those normalized when testing sprinklers according to STB 11.16.06.

It has been established that with an increase in the height of the sprinkler relative to the protected area, the irrigation intensity for the studied types of sprinklers decreases approximately equally for different mounting locations of the sprinkler outlet and the pressure in front of its outlet. This improves the uniformity of irrigation. When the sprinkler installation height is $H = 9.5$, m, there is a decrease in irrigation intensity by 30-50% relative to the intensity value measured at $H = 2.5$, m. Irrigation uniformity increases by approximately 15-20%.

When designing fire extinguishing installation for high-rise buildings, it is recommended to evaluate the irrigation characteristics of the selected type of sprinkler for the expected height of its installation, or to determine their experimental dependence on the height of installation of the sprinkler relative to the protected area over a limited interval of installation heights in order to estimate the values of the irrigation characteristics at the expected height of installation of the sprinkler using the approximation method the resulting dependency.

Keywords: fire, automatic fire extinguishing installation, sprinkler, irrigation intensity, irrigation uniformity, protected area.

Введение

Автоматические установки водяного и пенного пожаротушения (далее – АУП) остаются в настоящее время наиболее востребованными системами противопожарной защиты зданий, сооружений, производств и складов.

Основными функциями АУП являются:

- запуск процесса тушения пожара на начальной стадии его развития (критического времени свободного развития пожара по [1]);
- тушение пожара с целью его ликвидации или локализации в течение времени, требуемого для применения оперативных сил и средств.

АУП подразделяются на спринклерные и дренчерные в зависимости от типа применяемого основного элемента установки – оросителя. Ороситель – устройство для разбрызгивания или распыления воды и/или водных растворов. Ороситель дренчерный это ороситель с открытым выходным отверстием. Спринклерный ороситель – ороситель с запорным устройством выходного отверстия, вскрывающимся при срабатывании теплового замка.

Выбор спринклерной или дренчерной АУП определяется в зависимости от технологических, конструктивных и объемно-планировочных особенностей защищаемых зданий и помещений в соответствии с действующими нормативно-правовыми актами (далее – ТНПА), пожарной опасности и физико-химических свойств производимых, хранимых и применяемых веществ и материалов, температуры защищаемых помещений и их площади.

Эффективность работы АУП определяется качеством проведенных расчетных работ при ее проектировании. Основу расчета АУП составляет гидравлический расчет спринклерной или дренчерной сети пожаротушения. Он бази-

руется на выборе требуемого для достижения цели пожаротушения типа оросителя и его характеристик орошения.

Важнейшими характеристиками орошения оросителя, на основе которых производится гидравлический расчет АУП являются: расход воды через ороситель Q , $\text{дм}^3/\text{с}$, защищаемая площадь оросителя S , м^2 , интенсивность I , $\text{дм}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$, и равномерность R орошения защищаемой площади. Защищаемая площадь – это площадь, на которой обеспечивается тушение пожара [2].

Расход воды через ороситель определяется по формуле

$$Q = 10 \cdot K \sqrt{P},$$

где K – коэффициент производительности оросителя, $\text{дм}^3 / \text{с} \cdot \sqrt{\text{МПа}}$;

P – давление воды перед оросителем, МПа.

Интенсивность орошения при неравномерном распределении воды по защищаемой площади равна среднему расходу воды, приходящемуся на единицу площади [2]. Равномерность орошения определяется отношением среднеквадратичного отклонения интенсивности орошения к средней интенсивности орошения защищаемой площади [2].

В зависимости от выбранного типа оросителя, расхода им огнетушащего вещества, интенсивности орошения и защищаемой площади орошения разрабатывается план размещения оросителей и трассировка трубопроводной сети. Выбор типа оросителя и его характеристик орошения усложняется при проектировании АУП для защиты высотных помещений и складов (до 20 м высотой). Это обусловлено тем, что строительные нормы Республики Беларусь [3] требуют применения в данном случае оросителей с регламентированными значениями характеристик орошения, которые, однако, определяются согласно [1] при значениях высоты установки оросителей относительно защищаемой площади, существенно меньших требуемых (в основном при 2,5 м), а также фиксированных давлениях огнетушащего вещества на входе оросителя (0,1 и 0,3 МПа). Очевидно, что при установки оросителей на высотах больше 2,5 м, характеристики орошения защищаемой площади будут отличаться от нормативных [4].

В настоящее время в технической документации на оросители не приводятся необходимые для корректного расчета АУП карты орошения (пространственные распределения интенсивности орошения по защищаемой площади) в зависимости от высоты расположения оросителя и давления огнетушащей среды на входе оросителя. В связи с этим при проектировании АУП для высотных помещений возникает задача количественной оценки интенсивности и равномерности орошения защищаемой площади оросителем на предполагаемой высоте его установки для различного монтажного положения розетки (вверх, вниз) и давления воды (раствора воды) перед ним.

Целью настоящей работы является исследование зависимости интенсивности и равномерности орошения защищаемой площади оросителей водяных общего назначения от высоты установки оросителя, монтажного расположения его розетки (вверх, вниз) и давления перед оросителем.

Результаты исследований

Исследования проводились на базе созданного в испытательном-исследовательском полигоне НИИ ПБ и ЧС МЧС Беларуси стенда для испытаний широкого спектра технических средств пожаротушения: оросителей водяных, в том числе совместно с подвесными потолками на высоте до 10,5 м, модулей порошкового, газового пожаротушения, а также систем пожаротушения тонкораспыленной водой.

Стенд представляет собой помещение с габаритными размерами 13,7x8,65 м² и регулируемым по высоте до 10,5 м потолком. В состав стенда входит испытательное, насосное оборудование и системы управления данным оборудованием. Он включает также две емкости для хранения огнетушащих веществ:

- объемом 1000 м³, подключенную в обвязку трубопроводов через дозатор с возможностью автоматического смешивания раствора пенообразователя с необходимым процентным соотношением;
- объемом 12000 м³, для хранения огнетушащих веществ, с обвязкой трубопроводов, позволяющей осуществлять подачу ОТВ циклично (по замкнутому контуру).

Применяемое насосное оборудование позволяет создавать контролируемый расход огнетушащих веществ до 650 м³/ч.

Измерения характеристик орошения оросителей водяных общего назначения: интенсивности и равномерности орошения защищаемой площади проводилось по методике [2] в широком диапазоне высот установки оросителя относительно защищаемой площади. Для измерений были подобраны спринклерные оросители различных изготовителей с разными формами розеток распыления воды и их монтажным расположением, а также различными коэффициентами производительности, K .

В таблице 1 приведены справочно технические характеристики испытуемых оросителей, а также их нормативная интенсивность орошения для высоты установки оросителей, равной 2,5 м, и давлениями перед оросителями 0,1 и 0,3 МПа.

Таблица 1. – Технические характеристики оросителей водяных спринклерных общего назначения

Номер оросителя	Монтажное расположение оросителя	Коэффициент производительности K , дм ³ /с·√МПа	Диаметр выходного отверстия оросителя d , мм	Давление воды на входе оросителя P , МПа	Средняя интенсивность орошения (нормативная) I , дм ³ /(м ² ·с)
1	Розеткой вниз	0,35	10,5	0,1	0,054
				0,3	0,092
2	Розеткой вверх	0,42	11,2	0,1	0,062
				0,3	0,106
3	Розеткой вниз	0,60	13,4	0,1	0,094
				0,3	0,160

4	Розеткой вверх	0,84	15,8	0,1	0,137
				0,3	0,234

В таблицах 2-5 приведены средние по трем независимым измерениям значения интенсивности и равномерности орошения защищаемой площади спринклерными оросителями общего назначения с техническими характеристиками, приведенными в таблице 1, для различных высот их установки относительно защищаемой площади и давления перед оросителем.

Таблица 2. – Результаты измерений характеристик орошения оросителя № 1

Монтажное расположение оросителя, коэффициент производительности	Высота размещения оросителя, м	Давление воды на выходе оросителя, МПа			
		0,1		0,3	
		Средняя интенсивность орошения (фактическая) I , $\text{дм}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$	Средний коэффициент равномерности орошения R	Средняя интенсивность орошения (фактическая) I , $\text{дм}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$	Средний коэффициент равномерности орошения R
Розеткой вниз, $K = 0,35 \text{ дм}^3 / \text{с} \cdot \sqrt{\text{МПа}}$	2,5	0,067	0,35	0,138	0,50
	3,5	0,057	0,33	0,121	0,45
	4,5	0,041	0,320	0,100	0,42
	5,5	0,040	0,29	0,105	0,36
	6,5	0,040	0,23	0,107	0,29
	7,5	0,041	0,25	0,113	0,31
	8,5	0,041	0,28	0,119	0,32
	9,5	0,040	0,28	0,126	0,38

Таблица 3. – Результаты измерений характеристик орошения оросителя № 2

Монтажное расположение оросителя, коэффициент производительности	Высота размещения оросителя, м	Давление воды на выходе оросителя, МПа			
		0,1		0,3	
		Средняя интенсивность орошения (фактическая) I , $\text{дм}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$	Средний коэффициент равномерности орошения R	Средняя интенсивность орошения (фактическая) I , $\text{дм}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$	Средний коэффициент равномерности орошения R
Розеткой вверх, $K = 0,42 \text{ дм}^3 / \text{с} \cdot \sqrt{\text{МПа}}$	2,5	0,075	0,49	0,166	0,49
	3,5	0,063	0,47	0,151	0,35
	4,5	0,055	0,28	0,122	0,36
	5,5	0,053	0,28	0,110	0,35
	6,5	0,048	0,24	0,107	0,35
	7,5	0,046	0,26	0,095	0,33
	8,5	0,045	0,32	0,096	0,32
	9,5	0,043	0,33	0,095	0,33

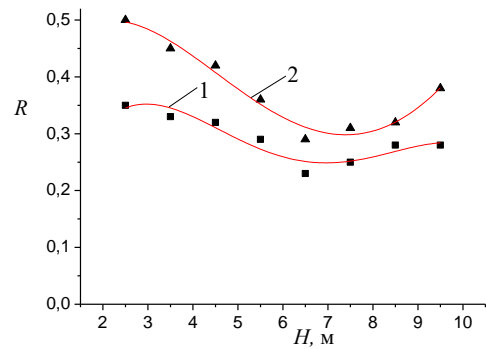
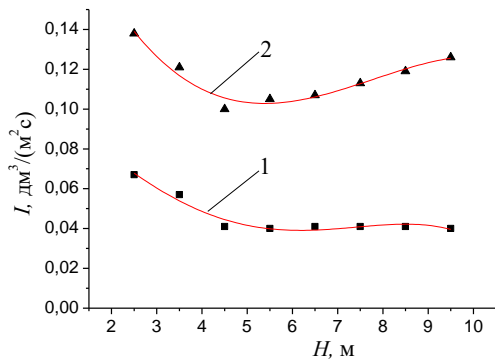
Таблица 4. – Результаты измерений характеристик орошения оросителя № 3

Монтажное расположение оросителя, коэффициент производительности	Высота размещения оросителя, м	Давление воды на выходе оросителя, МПа			
		0,1		0,3	
		Средняя интенсивность орошения (фактическая) I , $\text{дм}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$	Средний коэффициент равномерности орошения R	Средняя интенсивность орошения (фактическая) I , $\text{дм}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$	Средний коэффициент равномерности орошения R
Розеткой вниз, $K=0,6$ $\text{дм}^3 / \text{с} \cdot \sqrt{\text{МПа}}$	2,5	0,097	0,47	0,176	0,44
	3,5	0,091	0,45	0,170	0,43
	4,5	0,086	0,43	0,162	0,42
	5,5	0,072	0,42	0,153	0,41
	6,5	0,070	0,41	0,141	0,42
	7,5	0,065	0,40	0,129	0,41
	8,5	0,061	0,40	0,117	0,40
	9,5	0,056	0,41	0,115	0,40

Таблица 5. – Результаты измерений характеристик орошения оросителя № 4

Монтажное расположение оросителя, коэффициент производительности	Высота размещения оросителя, м	Давление воды на выходе оросителя, МПа			
		0,1		0,3	
		Средняя интенсивность орошения (фактическая) I , $\text{дм}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$	Средний коэффициент равномерности орошения R	Средняя интенсивность орошения (фактическая) I , $\text{дм}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$	Средний коэффициент равномерности орошения R
Розеткой вверх, $K=0,8$ $\text{дм}^3 / \text{с} \cdot \sqrt{\text{МПа}}$	2,5	0,162	0,40	0,300	0,43
	3,5	0,152	0,41	0,242	0,44
	4,5	0,131	0,31	0,212	0,38
	5,5	0,102	0,31	0,199	0,34
	6,5	0,082	0,33	0,184	0,30
	7,5	0,083	0,31	0,176	0,34
	8,5	0,080	0,3	0,166	0,46
	9,5	0,070	0,31	0,160	0,44

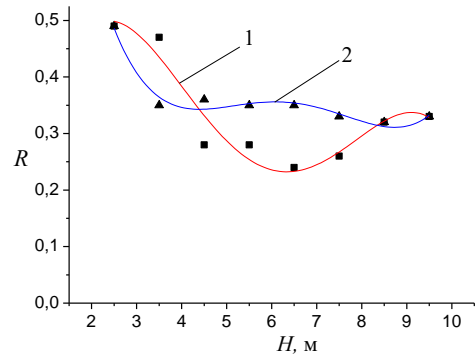
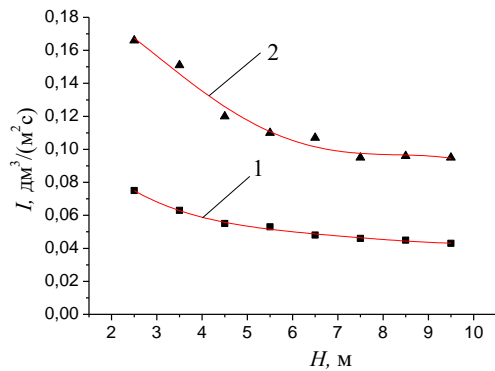
На рисунках 1-4 представлены зависимости средней интенсивности I , $\text{дм}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$, (а), и среднего коэффициента равномерности R (б) орошения защищаемой площади спринклерными оросителями общего назначения №№ 1-4 от высоты установки H , м, относительно защищаемой площади и давления перед оросителем.



а

б

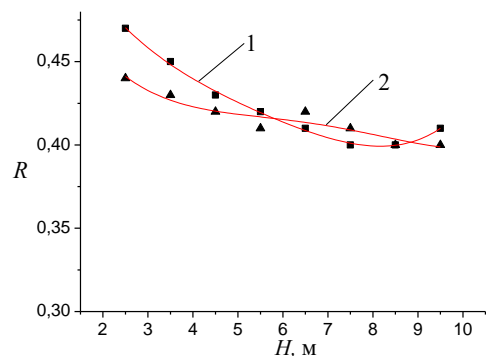
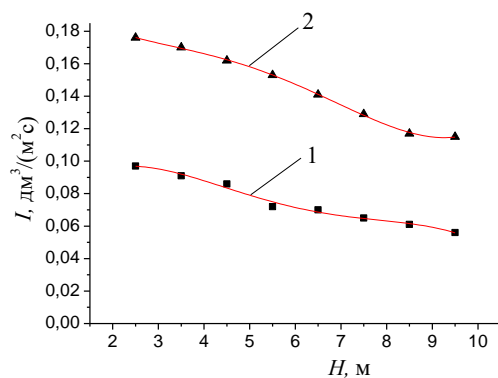
Рисунок 1. – Зависимости средней интенсивности орошения I , дм³/(м²·с) (а) и среднего коэффициента равномерности орошения R (б) при давлении $P = 0,1$ МПа (кривые 1 (■)) и $P = 0,3$ МПа (кривые 2 (▲)) от высоты установки H , м, спринклерно-го оросителя №1



а

б

Рисунок 2. – Зависимости средней интенсивности орошения I , дм³/(м²·с) (а) и среднего коэффициента равномерности орошения R (б) при давлении $P = 0,1$ МПа (кривые 1 (■)) и $P = 0,3$ МПа (кривые 2 (▲)) от высоты установки H , м, спринклерного оросителя №2



а

б

Рисунок 3. – Зависимости средней интенсивности орошения I , дм³/(м²·с) (а) и среднего коэффициента равномерности орошения R (б) при давлении $P = 0,1$ МПа (кривые 1 (■)) и $P = 0,3$ МПа (кривые 2 (▲)) от высоты установки H , м, спринклерно-го оросителя №3

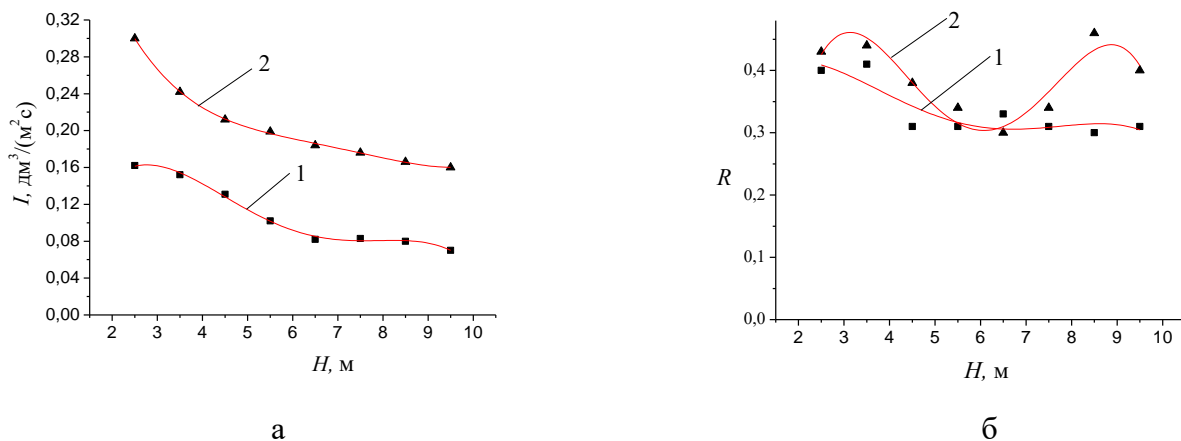


Рисунок 4. – Зависимости средней интенсивности орошения I , $\text{дм}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$ (а) и среднего коэффициента равномерности орошения R (б) при давлении $P = 0,1$ МПа (кривые 1 (■)) и $P = 0,3$ МПа (кривые 2 (▲)) от высоты установки H , м, спринклерного оросителя №4

Анализ результатов исследований

Из графиков, приведенных на рисунках 1-4 (а), следует, что средняя интенсивность орошения защищаемой площади практически всеми испытуемыми оросителями уменьшается с увеличением высоты установки оросителя при давлении перед оросителем $0,1$ МПа. Такая же зависимость интенсивности орошения от высоты установки оросителя наблюдается для давления перед оросителем $0,3$ МПа за исключением оросителя №1, для которого она уменьшается до высоты установки оросителя $4,5$ м, а затем увеличивается. Полученный результат для оросителя №1 можно считать исключением из наблюдаемой закономерности и объяснить его проявлением индивидуального изменения на некотором этапе измерений его эпюры орошения. Снижение интенсивности орошения с увеличением высоты расположения оросителя относительно плоскости орошения можно объяснить увеличением площади орошения. Однако при этом нельзя гарантировать, что на данной орошаемой площади будут потушены тестовые очаги пожара, которые применялись для определения границ защищаемой площади оросителя, при нормативной высоте установки оросителя, равной $2,5$ м.

Анализ приведенных на рисунках 1-4 (б) зависимостей однородности орошения защищаемой площади от высоты установки оросителя свидетельствует о преимущественном улучшении однородности орошения с ростом высоты установки оросителя, хотя наблюдаются и существенные отклонения от данной тенденции, например, для оросителя №4 при давлении напора воды перед ним, равным $0,3$ МПа.

Заключение

Из проведенного экспериментального исследования зависимостей интенсивности орошения защищаемой площади от высоты установки оросителя H , м, следует, что с увеличением высоты H , м, интенсивность орошения практически

всех исследованных оросителей уменьшается, примерно, одинаково для различного монтажного расположения розетки оросителя и давления перед его выходным отверстием. При высоте установки оросителя $H = 9,5$, м, интенсивность орошения уменьшается на 30-50 % относительно значения интенсивности фиксируемого при $H = 2,5$, м. Однородность орошения при этом улучшается, примерно, на 20 %.

Полученные результаты свидетельствуют о необходимости проведения при проектировании АУП для высотных помещений оценок характеристик орошения выбранного типа оросителя для предполагаемой высоты его установки, либо определения экспериментальной зависимости их от высоты установки оросителя относительно защищаемой площади на ограниченном интервале высот установки с целью оценки значений характеристик на предполагаемой высоте установки оросителя методом аппроксимации полученной зависимости.

ЛИТЕРАТУРА

1. Межгосударственный стандарт. Система стандартов безопасности труда. Пожарная безопасность. Общие требования: ГОСТ 12.1.004-91 – Введ. 01.07.1992. – Москва: Стандартинформ, 2006. – 68 с.

2. Система стандартов пожарной безопасности. Установки водяного и пенного пожаротушения автоматические. Оросители. Общие технические требования. Методы испытаний: СТБ 11.16.06-2011/ГОСТ Р 51043-2002. – Введ. 30.05.2011 – Минск: Учреждение «Научно-исследовательский ин-т пожарной безопасности и проблем чрезвычайных ситуаций» МЧС Республики Беларусь, 2011. – 33 с.

3. Строительные нормы Республики Беларусь. Пожарная автоматика зданий и сооружений: СН 2.02.03-2019. – Введ. 29.11.2019 – Минск: Научно-проектно-производственное республиканское унитарное предприятие «РУП Стройтехнорм», 2019. – 99 с.

4. Мешман Л.М, Цариченко С.Г., Былинкин В.А., Алешин В.В., Губин Р.Ю. Проектирование водяных и пенных автоматических установок пожаротушения / Л.М. Мешман, С.Г. Цариченко, В.А. Былинкин, В.В.Алешин, Р.Ю. Губин // – М.: ФГУ ВНИИПО, 2002. – 398 с.

REFERENCES

1. Mejgosudarstvennoi standart. Sistema standartov bezopasnosti truda. Pojarnaya bezopasnost'. Obschie trebovaniya. GOST 12.1.004 - 91 – Vved. 01.07.1992 – Moskva: Standartinform, 1992. – 68 p.

2. Sistema standartov pojarnoi bezopasnosti. Ustanovki vodyanjgo i pennogo pojarotusheniya avtomaticheskie. Orositeli. Obshie tekhnicheskie trebovaniya. Metodi ispitanii: STB 11.16.06 -2011/ GOST R 51043-2002 – Vved. 30.05.2011 – Minsk: Uchrejdenie “Nauchno-issledovatel’skii institute pojarnoi bezopasnosti i chrezvichainikh situacii” MCHS Respubliki Belarus, 2011. –33 p.

3. Stroitel’nie normi Respubliki Belarus. Pojarnaya automatic zdanii i soorujenii: СН 2.02.03-2019. – Vved. 29.11.2019 – Minsk:Nauchno-proektno- proizvodstvennoe respublikanskoe unitarnoe predpriyatie “ RUP Stroitekhnorm”, 2019 – 99 p.

4. Meshman L.M., Tsarichenko S.G., Bilinken B.A., Aleshin B.B., Gubin R.Y
Proektirovanie vodyanikh i pennikh avtomaticheskikh ustanovok pojarotusheniya /
L.M. Meshman, S.G. Tsarichenko, B.A. Bilinken, B.B. Aleshin, R.Y Gubin // –
M:FGU VNIPO, 2002. – 398 p.



СПРАВОЧНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Информация Научно-исследовательского института пожарной безопасности и проблем чрезвычайных ситуаций «О приобретении печатных изданий по пожарной безопасности»

НИИ ПБиЧС МЧС Беларуси предлагает следующие печатные издания:

технические кодексы установившейся практики;
журнал «Чрезвычайные ситуации: предупреждение и ликвидация»
(формат А4; периодичность выпуска издания — 2 раза в год);
материалы конференций, семинаров и иную справочно-информационную
и методическую литературу

В журнале «Чрезвычайные ситуации: предупреждение и ликвидация» публикуются статьи, представляющие научный интерес в области пожарной безопасности, предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций, материалы научно-практических конференций, семинаров, симпозиумов.

УСЛОВИЯ ПРИОБРЕТЕНИЯ ПЕЧАТНЫХ ИЗДАНИЙ:

- 1. Направить заявку в адрес отдела научно-технической информации и выставочной деятельности (тел./факс: (017) 388-97-01, 388-97-00, 388-96-95), в которой указать банковские реквизиты, адрес, контактный телефон, факс.**
- 2. После получения счета-фактуры перечислить указанную в ней сумму на расчетный счет ВУ27АКВВ36329283000165500000
ОАО «АСБ Беларусбанк», АКВВВУ2Х
220005, г. Минск, пр-т Независимости, 56
УНП 101114857, ОКПО 37438168
(получатель — НИИ ПБиЧС), при этом НДС учитывать не следует.**

СПРАВОЧНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Редакционный совет института приглашает ученых и специалистов в качестве авторов научно-технического журнала и просит при представлении материалов руководствоваться следующими правилами.

К СВЕДЕНИЮ АВТОРОВ

1. Статья представляется в редакцию в двух экземплярах, распечатанная на лазерном или струйном принтере на писчей бумаге формата А4, а также в электронном варианте – текстовые редакторы Word 2003, 2007 под Windows, для **формул – в формульном редакторе Math Type**. Основной текст статьи набирается шрифтом типа Times, размер символов 14 п., одинарный интервал, абзацный отступ 1,0 см, поля: левое – 3, правое – 1, верхнее – 2, нижнее – 2. Формулы – размер символов 14 п.

2. Статья должна иметь индекс **УДК** (универсальная десятичная классификация).

3. К статье о результатах работ, выполненных в научно-технической организации, должно прилагаться: сопроводительное письмо организации за подписью руководителя, заверенное гербовой печатью; **рецензия** научного работника; **акт экспертизы** об отсутствии в работе сведений, составляющих государственную тайну; **Ф.И.О. авторов (полностью), научное звание, ученая степень авторов, название статьи, аннотация, ключевые слова на английском и русском языках.**

Для работ, в состав авторских коллективов которых входят академики и член-корреспонденты, предоставление рецензий не требуется.

Материал в журнал необходимо подписать всем авторам, указать полное название учреждения, где выполнена работа, а также почтовый адрес, номер телефона (служебный и домашний) и электронный адрес (e-mail) ответственного лица. Название научной статьи и фамилии авторов также должны быть переведены на английский язык.

4. Весь иллюстративный материал (кроме диаграмм MS Exel, MS Graph) предоставляется в виде отдельных файлов с разрешением не менее 300 dpi, содержащих номер рисунка с расширением, указывающим на формат используемого файла (*1.TIF, *2.JPEG и т.д.), а также (или) в форме отпечатанных фотографий. Каждый рисунок должен иметь название, которое помещается под рисунком. Если в тексте более одного рисунка, то они нумеруются арабскими цифрами (например «Рисунок 2.»). Номер помещается перед названием. Подрисуночные подписи набираются шрифтом гарнитуры основного текста, размер символов – 13 п. Таблицы вставляются в текст, имеют название и заголовки всех граф.

5. Размерности всех величин, используемых в тексте, должны соответствовать Международной системе единиц измерения (СИ).

6. Литература приводится общим списком в конце статьи. Ссылки на литературу в тексте идут по порядку и обозначаются цифрой в квадратных скобках. Список литературы оформляется в соответствии с ГОСТ 7.1-84.

Литература на английском языке набирается по тем же правилам, что и русскоязычная. Ссылки на неопубликованные работы не допускаются. **Список источников дополнительно должен быть переведен на латиницу.**

7. Поступившие в редакцию научные статьи направляются на рецензирование специалистам. Основным критерием целесообразности публикации является новизна и информативность статьи. Если по рекомендациям рецензента статья возвращается автору на доработку, а переработанная рукопись вновь рассматривается редколлегией, датой поступления считается день получения редакцией ее окончательного варианта. После рассмотрения материалов редколлегией статьи не по профилю журнала авторам не возвращаются.

8. Набор формул и буквенных обозначений. Прямо () набираются: греческие и русские буквы; математические символы (\sin , \lg , ?); символы химических элементов (C, Cl, CHCl_3); цифры (римские и арабские); векторы, индексы (верхние и нижние), являющиеся сокращениями слов. Курсивом (~) набираются: латинские буквы - переменные, символы физических величин (в том числе и в индексе). Жирным шрифтом набираются: векторы (стрелки сверху не ставятся), а также слова и цифры, которые нужно выделить. Буквенные обозначения, входящие в формулы, должны быть расшифрованы с указанием единиц измерения.

9. В случае представления двух или более статей одновременно необходимо указать желательный порядок их размещения.

10. Авторы должны избегать повторения одних и тех же данных в таблицах, графиках и тексте статьи.

11. Объем статьи не должен превышать 10 страниц (включая таблицы, список литературы и иллюстрации), количество иллюстраций – не больше пяти. Принимаются краткие сообщения до трех страниц.

12. Редакция оставляет за собой право на редакционные изменения, не искажающие основное содержание статьи.

№ п/п	Нормативно-технический документ, печатное издание
ТЕХНИЧЕСКИЕ КОДЕКСЫ УСТАНОВИВШЕЙСЯ ПРАКТИКИ	
1.	ТКП 247–2010 (02300) Противодымная защита путей эвакуации из платформенных залов станций метрополитена. Правила расчета
2.	ТКП 253–2010 (02300) Автозаправочные станции. Пожарная безопасность. Нормы проектирования и правила устройства
3.	ТКП 254–2010 (02300) Пожарная безопасность атомных станций. Общие технические требования
4.	ТКП 260-2010 (02300) Приспособление объектов коммунально-бытового назначения для санитарной обработки людей, специальной обработки одежды и подвижного состава автотранспорта
5.	ТКП 268-2010 (02300) Обеспечение населения в чрезвычайных ситуациях
6.	ТКП 295–2011 (02300) Пожарная техника. Огнетушители. Требования к выбору и эксплуатации
7.	ТКП 311–2011 (02300) Световая маскировка. Общие положения
8.	ТКП 316–2011 (02300) Система технического обслуживания и ремонта автоматических установок пожаротушения, систем противодымной защиты, пожарной сигнализации, систем оповещения о пожаре и управления эвакуацией. Организация и порядок проведения работ
9.	ТКП 334–2011 (02300) Приемка в эксплуатацию законченных строительством защитных сооружений гражданской обороны
10.	ТКП 364–2011 (02300) Автоматические установки пожаротушения. Правила производства и приемки работ
11.	ТКП 365–2011 (02300) Системы пожарной сигнализации. Правила производства и приемки работ
12.	ТКП 368–2012 (02300) Организация планирования и порядок проведения временного отселения населения, эвакуации материальных и историко-культурных ценностей в безопасные районы
13.	ТКП 474–2013 (02300) Категорирование помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности
14.	ТКП 475–2013 (02300) Применение средств индивидуальной защиты органов дыхания и зрения, необходимых для эвакуации людей в случае возникновения пожара
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ И ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКИЕ ИЗДАНИЯ	
15.	Научно-технический журнал «Чрезвычайные ситуации: предупреждение и ликвидация» № 2 (48)-2020
16.	Научно-технический журнал «Чрезвычайные ситуации: предупреждение и ликвидация» № 1 (49)-2021
17.	Научно-технический журнал «Чрезвычайные ситуации: предупреждение и ликвидация» № 2 (50)-2021
18.	Научно-технический журнал «Чрезвычайные ситуации: предупреждение и ликвидация» № 1 (51)-2022
19.	Научно-технический журнал «Чрезвычайные ситуации: предупреждение и ликвидация» № 2 (52)-2022
20.	Научно-технический журнал «Чрезвычайные ситуации: предупреждение и ликвидация» № 1 (53)-2023
21.	Научно-технический журнал «Чрезвычайные ситуации: предупреждение и ликвидация» № 2 (54)-2023
22.	Практическое пособие для руководителей субъектов хозяйствования «Обеспечение пожарной безопасности на объектах субъектов хозяйствования»