



Основан в 2016 году

Выходит 4 раза в год

Научный журнал  
**Вестник**  
**Университета гражданской защиты**  
**МЧС Беларуси**  
**(Journal of Civil Protection)**  
**Том 8, № 2, 2024**

**Редакционная коллегия:**

*главный редактор:*

**Полевода**  
**Иван Иванович**

кандидат технических наук,  
доцент

*зам. главного редактора:*

**Гончаренко**  
**Игорь Андреевич**

доктор физико-математических наук,  
профессор

**Платонов**  
**Александр Сергеевич**

кандидат физико-математических  
наук, доцент

**Редакционный совет:**

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

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

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

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

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

С декабря 2023 г. журнал включен в российский перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук, по 5 научным специальностям отрасли технических наук: 1.3.17. Химическая физика, горение и взрыв, физика экстремальных состояний вещества, 2.10.1. Пожарная безопасность, 2.10.2. Экологическая безопасность, 2.10.3. Безопасность труда, 3.2.6. Безопасность в чрезвычайных ситуациях.

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

Статьи, поступающие для публикации в журнале, рецензируются.

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

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

Контактные телефоны: +37517 340-53-93 (главный редактор)

+37517 341-32-99

Сайт Университета гражданской защиты: [www.ucsp.by](http://www.ucsp.by)

Email редакции: [vestnik@ucsp.by](mailto:vestnik@ucsp.by)

**ISSN 2519-237X (print)**

**ISSN 2708-017X (online)**

© Государственное учреждение образования  
«Университет гражданской защиты  
Министерства по чрезвычайным ситуациям  
Республики Беларусь», 2024

## СОДЕРЖАНИЕ

### **Пожаробезопасность и взрывозащита. Огнестойкость строительных материалов**

Полевода И.И. Научно обоснованная концепция комплексной оценки огнестойкости современных строительных конструкций из бетона ..... 123

Кудряшов В.А., Ивлев Ю.П., Дробыш А.С., Ботян С.С. Свойства горючего экструдированного пенополистирола в условиях допиролизного высокотемпературного нагрева..... 143

### **Материалы, применяемые в сфере предупреждения и ликвидации ЧС, производстве техники. Технологии их применения**

Лихоманов А.О., Навроцкий О.Д., Жуковский С.А., Камлюк А.Н. Влияние концентрации пенообразователя на смачивающую способность и кратность пены при дозировании в автоматических спринклерных установках пожаротушения ..... 156

### **Технологии и программное обеспечение в сфере предупреждения и ликвидации ЧС, промышленной и пожарной безопасности**

Лахвич В.В., Сивуда А.В. Электронный помощник начальника штаба на пожаре .. 168

### **Промышленная безопасность. Повышение надежности технических объектов и оборудования. Охрана труда**

Короткевич С.Г., Ковтун В.А., Ковалев П.В. 3D-моделирование и исследование напряженного состояния современных конструкций резервуаров пожарных автоцистерн объемом 5 м<sup>3</sup> из композитного материала и высоколегированной стали ..... 177

Гендлер С.Г., Степанцова А.Ю., Мозжанов Д.Б. Изменение газоносности углей при их транспортировке до места временного хранения ..... 188

### **Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Экологическая безопасность**

Саланович С.А., Полевода И.И., Тихонов М.М., Олесиук Н.М. Разработка обновленной Национальной стратегии по снижению риска чрезвычайных ситуаций в Республике Беларусь до 2030 года..... 199

Миканович Д.С., Морозов А.А., Гнищевич А.И., Гусев А.С. Методика оценки рисков чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера..... 209

### **История и развитие пожарно-спасательной службы. Культура безопасности жизнедеятельности**

Ковалева Т.Г., Дементьева Т.Г., Луц Л.Н. Ритуал и традиция как средство трансляции корпоративной культуры спасателей-пожарных..... 225

### **Нормативно-правовое и методическое обеспечение деятельности МЧС**

Суриков А.В., Зайнудинова Н.В., Барыш С.А. Информационная концептуальная модель профессиональной деятельности должностных лиц органов государственного пожарного надзора при осуществлении надзорно-профилактических мероприятий (на примере организации проведения мониторинга)..... 233

Правила предоставления статей ..... 246

## CONTENTS

### **Fire safety and explosion protection of buildings and structures. Fire resistance of building materials**

**Palevoda I.I.** Scientifically based conception for integrated assessing the fire resistance of modern building structures ..... 123

**Kudryashov V.A., Ivlev Yu.P., Drobysh A.S., Botyan S.S.** Pre-combustion thermal properties of combustible extruded polystyrene obtained by high temperature heating ..... 143

### **Materials used for emergency prevention and elimination, as well as equipment production. Application technologies of these materials**

**Likhomanov A.O., Navrotsky O.D., Zhukovskiy S.A., Kamlyuk A.N.** The influence of foaming agent concentration on the wetting ability and foam expansion rate when dosing in automatic sprinkler systems ..... 156

### **Technologies and software in the sphere of emergency prevention and elimination, industrial and fire safety**

**Lakhvich V.V., Sivuda A.V.** Electronic assistant to the chief of fire staff ..... 168

### **Industrial safety. Improving the reliability of technical facilities and equipment. Labor protection**

**Korotkevich S.G., Kovtun V.A., Kovalev P.V.** 3D-modeling and the research of the stress state of modern 5 m<sup>3</sup> tank's construction of fire trucks made of composite materials and high-alloy steel ..... 177

**Gendler S.G., Stepantsova A.Yu., Mozzhanov D.B.** Change of coal's gas content during transportation to the temporary storage ..... 188

### **Safety in emergencies. Ecological safety**

**Salanovich S.A., Palevoda I.I., Tikhonov M.M., Olesiyuk N.M.** Development of an updated National strategy of reducing the risk of emergencies in the Republic of Belarus until 2030 ..... 199

**Mikanovich D.S., Morozov A.A., Gnitsevich A.I., Gusev A.S.** Methodology of risk assessment of natural and technogenic emergencies ..... 209

### **History and development of fire and rescue service. Life safety culture**

**Kovaleva T.G., Dement'eva T.G., Luts L.N.** Ritual and tradition as a means of transmission firefighter-rescuers' corporate culture ..... 225

### **Legal and methodic support of the activity of the Ministry of Emergency Situations**

**Surikov A.V., Zaynudinova N.V., Barysh S.A.** Information conceptual model of professional activity of officials of state fire supervision when implementing supervision and prevention measures (based on the example of organizing monitoring) ..... 233

Rules of submitting articles for publication ..... 246

## НАУЧНО ОБОСНОВАННАЯ КОНЦЕПЦИЯ КОМПЛЕКСНОЙ ОЦЕНКИ ОГНЕСТОЙКОСТИ СОВРЕМЕННЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ИЗ БЕТОНА

Полева И.И.

*Цель.* Систематизировать подходы к определению пределов огнестойкости и разработать научно обоснованную концепцию комплексной оценки огнестойкости современных строительных конструкций из бетона, охватывающую три уровня детализации: экспертная оценка, оптимизирующий расчет, обоснование новых решений.

*Методы.* Анализ и обобщение результатов теоретических и экспериментальных исследований.

*Результаты.* Разработана научно обоснованная концепция комплексной оценки огнестойкости современных строительных конструкций из бетона, основанная на концептуальном развитии подходов, связанных с моделированием работы конструкций при пожаре, позволяющая обеспечить пожарную безопасность зданий и снизить экономический риск пожара за счет увеличения доли предотвращенных потерь.

*Область применения исследований.* Полученные результаты могут применяться при разработке норм проектирования и конструирования строительных конструкций из бетона, для решения задач по оценке огнестойкости при проектировании и строительстве зданий и сооружений, подборе эффективных решений конструктивной огнезащиты.

*Ключевые слова:* предел огнестойкости, строительные конструкции из бетона, температурный режим пожара, конструктивная огнезащита, алгоритм, концепция.

(Поступила в редакцию 15 апреля 2024 г.)

### Введение

Проблема обеспечения пожарной безопасности остается актуальной. В Республике Беларусь ежегодно происходят около шести тысяч пожаров<sup>1</sup>, приводящих к гибели людей и экономическому ущербу. В таких условиях задача обеспечения устойчивости зданий при пожаре, характеризуемой огнестойкостью, требует постоянного внимания. Согласно ст. 5 технического регламента «Здания и сооружения, строительные материалы и изделия. Безопасность»<sup>2</sup> обеспечение огнестойкости как существенного требования безопасности является ключевым фактором, определяющим область применения строительных конструкций.

Современные тенденции развития строительной практики связаны с внедрением конструкций из высокопрочного, модифицированного и центрифугированного бетонов, без сцепления арматуры с бетоном, совместно работающих конструкций из бетона и конструктивной огнезащиты. Их работа при пожаре, схемы разрушения, факторы, влияющие на огнестойкость и эффективность огнезащиты, изучены недостаточно, применяемые расчетные методы не систематизированы. Значительная часть существующих подходов к оценке огнестойкости базируется на использовании упрощенных методов, ориентированных на получение конечной классификационной характеристики и имеющих ограничения по использованию. Решение указанных проблем базируется на комплексном экспериментальном исследовании огнестойкости современных конструкций из бетона, установлении закономерностей их поведения и механизмов разрушения при пожаре, разработке и систематизации методов определения их пределов огнестойкости и эффективных решений огнезащиты, основанных на концептуальном развитии подходов, связанных с моделированием работы конструкций при пожаре.

<sup>1</sup> Среднее ежегодное значение с 01.01.2013 по 31.12.2023 согласно базе данных программного комплекса «Учет ЧС».

<sup>2</sup> Технический регламент Республики Беларусь. Здания и сооружения, строительные материалы и изделия. Безопасность: ТР 2009/013/ВУ. – Введ. 31.12.09. – Минск: Госстандарт Республики Беларусь, 2015. – 28 с.

## Основная часть

**Базовые положения.** Огнестойкость характеризуется способностью строительных конструкций, зданий и сооружений сохранять свои функции при пожаре. Ее оценка реализуется через предел и степень огнестойкости. Последняя является нормативно обусловленной характеристикой здания и определяется свойствами строительных конструкций, из которых оно сделано. Таким образом, для конструкций из бетона основной показатель, подлежащий комплексному исследованию, – предел огнестойкости. Важным условием является регламентирование горючести вводимых в состав бетонной смеси добавок и наполнителей, использование которых должно сохранять класс пожарной опасности конструкции К0 (не пожароопасная). Оценка безопасности в системе противопожарного нормирования основана на сопоставлении фактического и требуемого пределов огнестойкости (далее –  $ПО_{ф}$ ,  $ПО_{тр}$ ). Последний определяется нормативно исходя из геометрических и функциональных характеристик здания. Задается условие безопасности  $ПО_{ф} \geq ПО_{тр}$ . Реализуемая на практике тенденция повышения технико-экономических показателей строительной продукции приводит к вариативности конструктивных решений и оптимизации их параметров, активному использованию конструктивной огнезащиты. Как следствие, выполнение условия безопасности может обеспечиваться применением различных вариантов, выбор оптимального из которых производится путем оценки их экономической эффективности по (7) с учетом выполнения системы (8). Таким образом, комплексная оценка огнестойкости современных конструкций из бетона включает систематизацию подходов к оценке их огнестойкости, разработку алгоритма выбора конструктивных решений с учетом обеспечения их эффективности, проведение необходимых экспериментальных исследований, моделирования работы конструкций при пожаре и их инженерной адаптации, как итог – обобщение совокупности результатов в виде концепции.

**Систематизация подходов к оценке огнестойкости.** Комплексная оценка основана на анализе видов применяемого конструктива, тепловых воздействий, методов и условий их применения. Предлагается выделить три вида оценки огнестойкости:

- $A_1$  – экспертная оценка;
- $A_2$  – расчет (моделирование работы при пожаре);
- $A_3$  – экспериментальное исследование.

Экспертную оценку ( $A_1$ ) следует применять для типовых решений конструкций с известными свойствами применяемых материалов. На практике вид реализуется с использованием инженерных методов на основе табличных данных.  $A_1$  может быть применен строго в рамках установленных граничных условий, в противном случае должен производиться расчет. Для оптимизации параметров конструкции  $A_2$  является приоритетным. Экспериментальное исследование ( $A_3$ ) целесообразно для оценки огнестойкости новых (современных) конструктивных решений и представляет наиболее достоверный результат. При невозможности корректного определения схемы разрушения конструкции при пожаре  $A_3$  является безальтернативным. Ввиду наличия специфики исследуемых величин  $A_3$  подразделяются на:

- $A_3(F)$  – стандартизированные испытания на предел огнестойкости;
- $A_3(E)$  – модельные испытания на огнезащитную эффективность;
- $A_3(N)$  – натурное моделирование поведения зданий при пожаре;
- $A_3(C)$  – исследование поведения бетона при пожаре.

$A_3(F)$  регламентируется СН 2.02.05-2020<sup>3</sup>,  $A_3(E)$  – СТБ 11.03.02-2010<sup>4</sup>.  $A_3(E)$  также может быть использован для определения свойств огнезащитных материалов. Указанные

<sup>3</sup> Пожарная безопасность зданий и сооружений: СН 2.02.05-2020. – Введ. 04.04.21 (взамен СН 2.02.01-2019, с отменой ТКП 45-2.02-315-2018 (33020)). – Минск: Минстройархитектуры, 2021. – 70 с.

<sup>4</sup> Система стандартов пожарной безопасности. Средства огнезащитные. Общие технические требования и методы испытаний: СТБ 11.03.02-2010. – Введ. 20.10.10. – Минск: Госстандарт Республики Беларусь, 2010. – 40 с.

испытания проводятся с использованием стандартизированного испытательного оборудования на базе аккредитованных лабораторий и являются наиболее приоритетными из всех. Вместе с тем их реализация связана с рядом трудностей, обусловленных невозможностью соблюдения условий, адекватных разработанной проектной документации, поскольку используемые методы ограничены конструктивными особенностями испытательных установок<sup>5, 6</sup>: устройство огневых печей не позволяет воспроизводить все расчетные схемы работы конструкций, имитировать консольное опирание и жесткое защемление; не разработан механизм корректной замены сложных конструктивных решений на отдельные элементы, ограничены их форма и внешние параметры; сложно адекватно оценить работу статически неопределимых конструкций. А<sub>3</sub>(N) позволяет решить указанные проблемы. Реализация А<sub>3</sub>(N) осуществляется путем разработки методики, соответствующей ГОСТ Р 53309<sup>7</sup>, НПБ 233-96<sup>8</sup> и ГОСТ 30247.0<sup>9</sup>. Следует отметить, что натурные огневые испытания являются фундаментальными при обосновании области применения новых видов конструктивных решений.

Для строительных материалов нормируется только пожарная опасность. Вместе с тем огнестойкость конструкции напрямую связана со свойствами материала, из которого она изготовлена. Это обуславливает необходимость использования показателя, сочетающего совокупность свойств, влияющих на работу конструкции при пожаре. В качестве интегральной характеристики поведения бетона при пожаре предлагается  $k_c(\theta)$  ( $f_{cd}(\theta) = f_{ck} \cdot k_c(\theta)$ ,  $E_{cm}(\theta) = E_{cm} \cdot [k_c(\theta)]^2$ , где  $k_c(\theta)$  – коэффициент условий работы бетона при пожаре;  $\theta$  – температура нагрева, °С;  $f_{cd}$ ,  $f_{cd}(\theta)$  – расчетная прочность бетона на сжатие в нормальных условиях и при температуре нагрева  $\theta$  соответственно, МПа;  $f_{ck}$  – характеристическая прочность бетона на сжатие, МПа;  $E_{cm}$ ,  $E_{cm}(\theta)$  – средний модуль упругости бетона в нормальных условиях и при температуре нагрева  $\theta$  соответственно, МПа). Основным методом определения  $k_c(\theta)$  являются испытания на кубиковую прочность (А<sub>3</sub>(С)), в зависимости от вида образцов и особенностей проведения испытаний в рамках общей предлагается частная классификация (табл. 1). Проведенный анализ [1] показал, что наиболее предпочтительным является метод А<sub>3</sub>(С<sub>1</sub>).

**Таблица 1. – Метод исследования поведения бетона при пожаре**

Метод исследования	Образец	Стадии теплового воздействия			Момент приложения нагрузки	Наличие необходимого оборудования в Республике Беларусь
		нагрев	выдержка	охлаждение		
А <sub>3</sub> (С <sub>1</sub> )	куб	+	+	+	после охлаждения	более 20 ед.
А <sub>3</sub> (С <sub>2</sub> )	призма	+	+	–	после выдержки	нет
А <sub>3</sub> (С <sub>3</sub> )	полюй цилиндр	+	–	–	до нагрева	нет

Проведенный анализ моделей конструкций для оценки огнестойкости [1; 2] позволил выделить три вида конструктива:

- К<sub>1</sub> – строительная конструкция (элемент);
- К<sub>2</sub> – конструктивная система (К<sub>1</sub> с конструктивной огнезащитой);
- К<sub>3</sub> – фрагмент (часть) здания, который(-ую) невозможно корректно отнести к К<sub>1</sub>, К<sub>2</sub>.

<sup>5</sup> Конструкции строительные. Методы испытаний на огнестойкость. Общие требования: ГОСТ 30247.0-94. – Введ. 01.01.96. – М.: ИПК Изд-во стандартов, 2003. – 11 с.

<sup>6</sup> Конструкции строительные. Методы испытаний на огнестойкость. Несущие и ограждающие конструкции: ГОСТ 30247.1-94. – Введ. 01.01.96. – М.: ИПК Изд-во стандартов, 2003. – 11 с.

<sup>7</sup> Здания и фрагменты зданий. Метод натурных огневых испытаний. Общие требования: ГОСТ Р 53309-2009. – Введ. 01.01.10. – М.: Стандартинформ, 2019. – 8 с.

<sup>8</sup> Здания и фрагменты зданий. Метод натурных огневых испытаний. Общие требования: НПБ 233-96. – Введ. 01.01.97. – М.: ВНИИПО МВД России, 1997. – 15 с.

<sup>9</sup> См. сноску 5.

$K_1$  является базовым конструктивом в принятой системе противопожарного нормирования. Использование  $K_3$  обусловлено невозможностью корректного вычленения отдельного элемента из общей схемы здания и используется, скорее, как исключение.

Нормирование огнестойкости строительных конструкций базируется на унификации температурного режима пожара, под которым понимается зависимость температуры огневой среды вблизи поверхности строительной конструкции от времени пожара. С учетом проведенного анализа [1; 3] предлагается следующая их классификация:

- $T_1$  – равномерный рост температуры с заданной скоростью;
- $T_2$  – стандартный температурный режим пожара по ISO 834;
- $T_2^*$  – углеводородный температурный режим пожара по СН 2.01.03<sup>10</sup>;
- $T_3$  – параметрический режим пожара;
- $T_3^*$  – параметрический режим пожара, эквивалентный стандартному.

Использование режима  $T_1$  обоснованно только для оценки поведения строительных материалов с целью оценки влияния их поведения при нагреве на огнестойкость выполненных из них конструкций. Режим  $T_2$  наиболее распространен в мировой практике и применяется для стандартизированных испытаний с целью обеспечения возможности сравнения конструкций, испытанных в разных лабораториях. Данный режим является номинальным и используется для обеспечения устойчивости классификации по огнестойкости.  $T_2^*$  следует рассматривать как перспективную альтернативу  $T_2$  с учетом значительно изменившейся за последние десятилетия реальной усредненной пожарной нагрузки в зданиях. Режим  $T_3$  задается моделью пожара, определяющей состояние среды в конкретном помещении со строго заданной пожарной нагрузкой и проемностью. К данному режиму применимо определение «реальный» пожар.  $T_3^*$  является частным случаем  $T_3$  и характеризуется таким же воздействием на конструкцию, как и  $T_2$ . Правила сочетания видов конструктивов и температурных режимов приведены в таблице 2.

**Таблица 2. – Сочетание видов конструктива и температурных режимов пожара**

Температурный режим пожара	Вид конструктива			Метод исследования поведения бетона при пожаре		
	$K_1$	$K_2$	$K_3$	$A_3(C_1)$	$A_3(C_2)$	$A_3(C_3)$
$T_1$	–	–	–	+	+	–
$T_2$	+	+	–	–	–	+
$T_3$	+*	+*	+	–	–	–

*Примечание.* \* Применяется в исключительных случаях для обоснования уникальных решений.

Для установления соответствия между видами анализа и видами конструктива введена классификация базовых условий оценки огнестойкости:

- $U_1$  – соответствие граничным условиям экспертной оценки;
- $U_2$  – неизвестны свойства материалов, из которых изготовлена конструкция;
- $U_3$  – исходные параметры конструкции позволяют произвести расчет;
- $U_4$  – невозможно корректное проведение расчета, параметры конструкции позволяют провести экспериментальное исследование с использованием стандартизированных методов;
- $U_5$  – невозможно корректное использование расчета и стандартизированных экспериментальных методов.

Выбор вида оценки огнестойкости осуществляется исходя из выполнения базовых условий ( $U_1$ – $U_5$ ) и вида применяемого конструктива ( $K_1$ – $K_3$ ) по таблице 3.

<sup>10</sup> Воздействия на конструкции. Общие воздействия. Воздействия для определения огнестойкости: СН 2.01.03-2019. – Введ. 01.01.10 (с отменой ТКП EN 1991-1-2-2009 (02250)). – Минск: Минстройархитектуры, 2020. – 43 с.



Таблица 3. – Определение вида оценки огнестойкости

Базовые условия оценки огнестойкости	Вид конструктива		
	K <sub>1</sub>	K <sub>2</sub>	K <sub>3</sub>
U <sub>1</sub>	A <sub>1</sub>	A <sub>1</sub>	–
U <sub>2</sub>	A <sub>3</sub> (C <sub>1</sub> ) → A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub> (E) → A <sub>2</sub>	–
U <sub>3</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>2</sub> *
U <sub>4</sub>	A <sub>3</sub> (F)	A <sub>3</sub> (E)	–
U <sub>5</sub>	–	–	A <sub>3</sub> (N)

Примечание. \* Допускается только с использованием численного моделирования работы здания при пожаре.

**Алгоритм комплексной оценки огнестойкости строительных конструкций из бетона.** На основе проведенной систематизации подходов разработан алгоритм комплексной оценки огнестойкости конструкций из бетона (рис. 1).

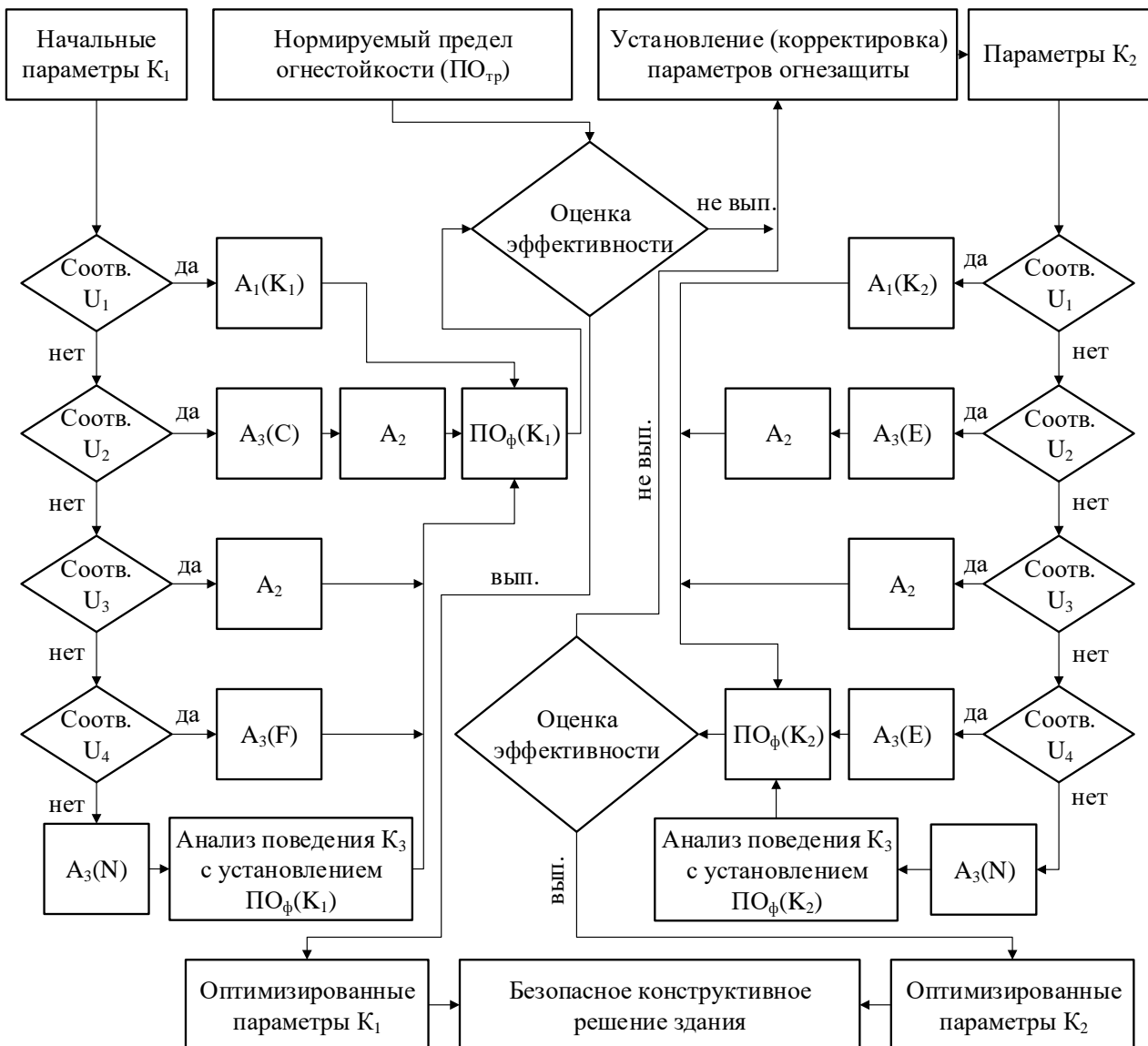


Рисунок 1. – Алгоритм комплексной оценки огнестойкости конструкций из бетона

Исходными данными для оценки являются параметры конструкции (K<sub>1</sub>), необходимые для определения ее предела огнестойкости. Последовательно производится проверка базовых условий оценки огнестойкости (U<sub>1</sub>...U<sub>4</sub>) с целью определения вида оценки (A<sub>1</sub>...A<sub>3</sub>). Если ни один из сценариев не реализован (базовое условие U<sub>5</sub>), то проводится натурное моделирование поведения здания при пожаре для K<sub>3</sub>. Выбор температурного режима (T<sub>1</sub>...T<sub>3</sub>)

для каждого вида оценки определяется исходя из вида конструктива по таблице 2. Результатом каждого из сценариев является определение фактического предела огнестойкости конструкции ( $ПО_{\phi}(K_1)$ ). При наличии нескольких вариантов конструктивных решений обработка этого блока алгоритма производится для каждого из них. Далее производится оценка эффективности, для чего на основании геометрических и функциональных характеристик здания определяется  $ПО_{тр}$ . При невозможности эффективного обеспечения требуемой огнестойкости устанавливаются параметры огнезащиты, вид конструктива меняется на  $K_2$ , далее по аналогии производится проверка базовых условий оценки огнестойкости ( $U_1 \dots U_4$ ). Результатом реализации данного блока алгоритма является определение огнезащитной эффективности конструктивной защиты и определение фактического предела огнестойкости конструктивной системы в целом ( $ПО_{\phi}(K_2)$ ). Далее производится оценка эффективности по аналогии с  $K_1$ . В данном блоке с  $ПО_{тр}$  сопоставляются как  $ПО_{\phi}(K_2)$ , так и  $ПО_{\phi}(K_1)$  для всех вариантов решений. В результате выбирается базовое конструктивное решение, для которого экономическая эффективность будет максимальной.

Для обеспечения реализации указанного алгоритма для современных строительных конструкций из бетона с целью выявления и учета специфики их работы при пожаре выполнен комплекс экспериментальных и теоретических исследований:

- проведено комплексное экспериментальное исследование ( $A_3$ );
- разработан метод моделирования их работы при пожаре ( $A_2$ );
- разработаны инженерные методы для экспертной оценки ( $A_1$ ).

**Комплексные экспериментальные исследования оценки огнестойкости современных конструкций из бетона ( $A_3$ ).** С учетом недостаточной изученности закономерностей поведения и механизмов разрушения при пожаре указанных конструкций для оценки их огнестойкости использован экспериментальный подход (рис. 2).

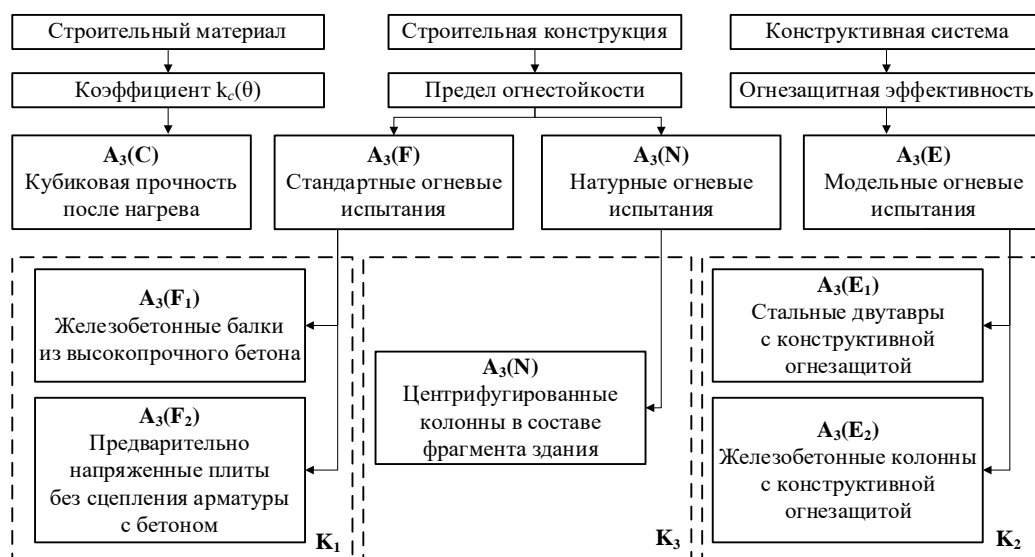


Рисунок 2. – Схема комплексных исследований огнестойкости современных конструкций из бетона

В основу положен комплексный эксперимент, реализованный на трех уровнях: строительный материал (бетон), строительная конструкция, конструктивная система. Проведено 5 серий стандартизированных огневых испытаний на огнестойкость, 8 серий модельных огневых испытаний на огнезащитную эффективность, натурное огневое испытание здания, 2187 лабораторных испытаний на кубиковую прочность. Для реализации испытаний разработаны методики для  $A_3(N)$ ,  $A_3(E_2)$ , адаптированы под специфику конструкций  $A_3(F_1)$ ,  $A_3(F_2)$ ,  $A_3(C_1)$ . Результаты исследований представлены:

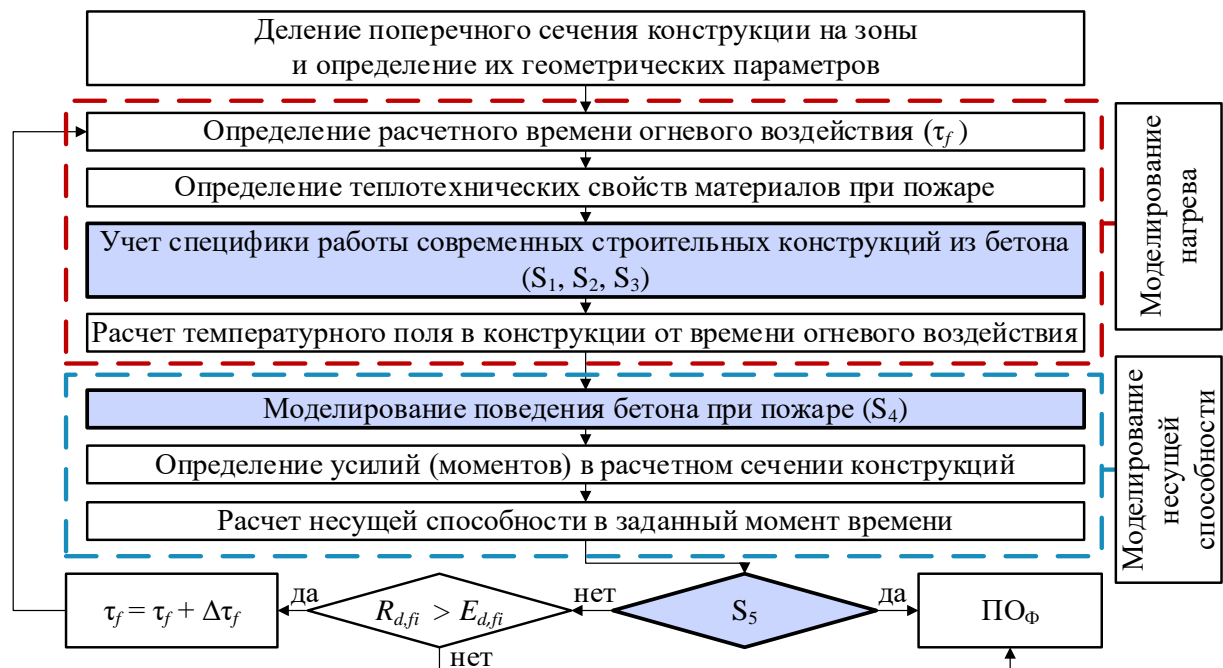
- для высокопрочного, модифицированного и центрифугированного бетонов ( $A_3(C_1)$ ) – [1–5];
- балок из высокопрочного бетона ( $A_3(F_1)$ ) – [1; 2];
- преднапряженных плит ( $A_3(F_2)$ ) – [1; 6];

- центрифугированных колонн ( $A_3(N)$ ) – [1; 7];
- конструкций из бетона с конструктивной огнезащитой ( $A_3(E_2)$ ) – [1; 8–10].

Итогом стала методика и результаты комплексного исследования огнестойкости балок из высокопрочного бетона, плит с предварительно напряженной арматурой без сцепления арматуры с бетоном, центрифугированных колонн, эффективности конструктивной огнезащиты из огнестойких гипсовых плит, включающие пределы огнестойкости, зависимости температур бетона, арматуры и гипсовых плит, избыточного давления паровоздушной смеси в замкнутых полостях и прогибов конструкций от времени огневого воздействия, которые в совокупности позволили выявить и описать механизмы разрушения конструкций, установить эффективные значения теплофизических характеристик огнестойких гипсовых плит толщиной от 12,5 до 50 мм и модернизировать алгоритм моделирования их работы при пожаре, необходимые для обоснования новых конструктивных решений.

### Моделирование работы современных конструкций из бетона при пожаре ( $A_2$ ).

Анализ результатов экспериментальных исследований [1–10] позволил разработать метод определения пределов огнестойкости современных строительных конструкций из бетона, сущность которого заключается в определении длительности пожара, при которой остаточная несущая способность конструкции ( $R_{d,fi}$ ) становится равной внешней нагрузке ( $E_{d,fi}$ ). Для реализации метода разработан алгоритм моделирования работы конструкций из бетона при пожаре (рис. 3), состоящий из двух последовательно реализуемых частей: моделирование нагрева и моделирование несущей способности [3; 11–15]. Использование для моделирования нагрева с применением метода конечных элементов программного комплекса Ansys Workbench детально рассмотрено в [16–21].

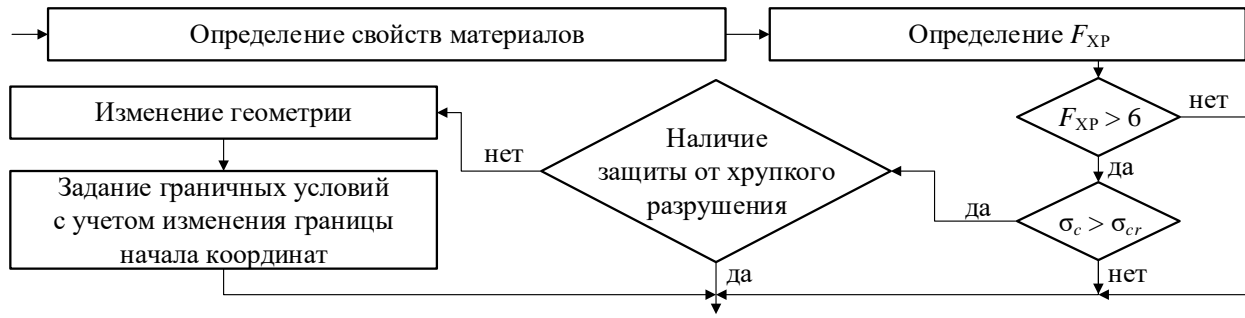


$\tau_f$  – время огневого воздействия;  $\Delta\tau_f$  – шаг расчета времени огневого воздействия;  $R_{d,fi}$  – остаточное расчетное сопротивление конструкции при пожаре;  $E_{d,fi}$  – расчетное значение эффекта воздействия при пожаре

Рисунок 3. – Алгоритм моделирования работы конструкций из бетона при пожаре

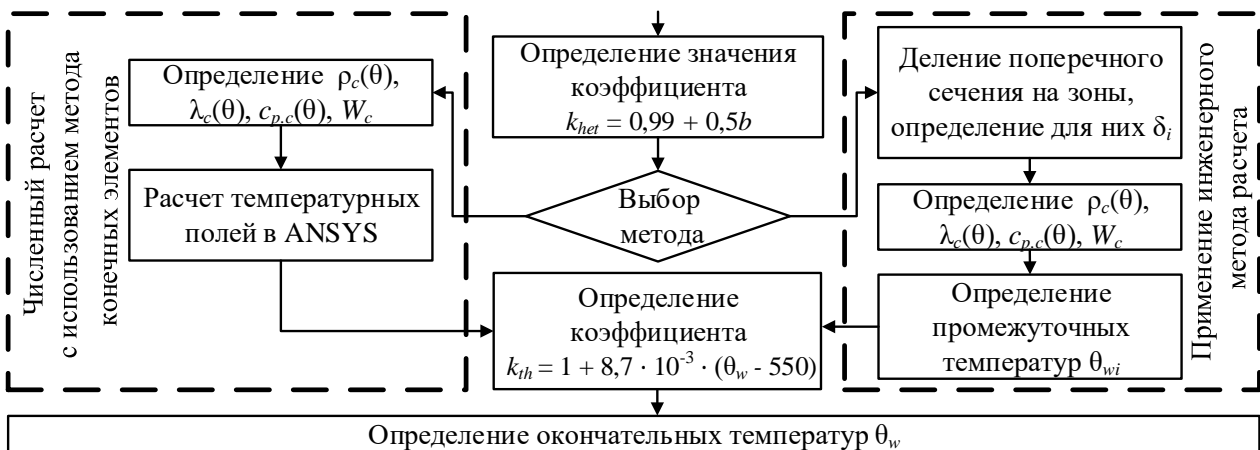
Для учета специфики работы современных конструкций из бетона в алгоритм введены блоки «Учет специфики работы современных конструкций из бетона» и «Моделирование поведения бетона при пожаре». Специфика работы реализуется путем учета:

- изменения расчетных геометрических характеристик конструкции при хрупком взрывообразном разрушении защитного слоя (далее – ХР) (блок  $S_1$ ) (рис. 4);
- неоднородности бетона по толщине поперечного сечения при пожаре (блок  $S_2$ ) (рис. 5);
- работы конструктивной огнезащиты (блок  $S_3$ ) (рис. 6).



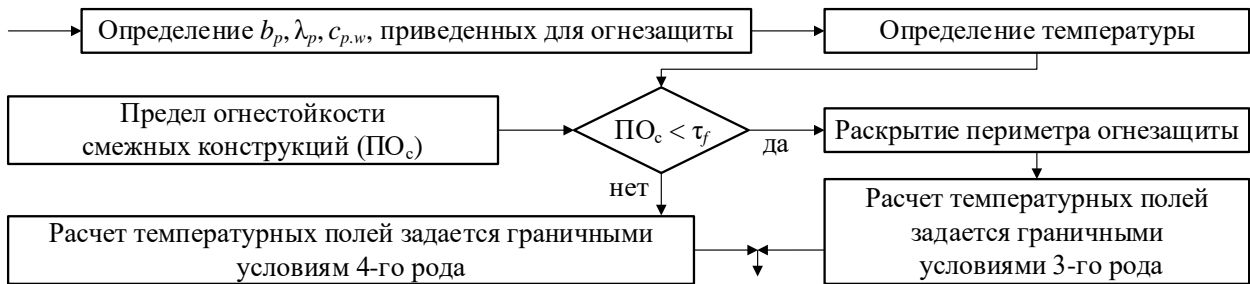
$F_{XP}$  – критерий хрупкого взрывообразного разрушения бетона при пожаре;  $\sigma_c$  – напряжение сжатия;  $\sigma_{cr}$  – критическое напряжение сжатия

Рисунок 4. – Учет изменения расчетных геометрических характеристик конструкции при XP защитного слоя бетона (блок S<sub>1</sub>)



$\rho_c(\theta)$  – средняя плотность бетона при температуре  $\theta$ ;  $\lambda_c(\theta)$  – эффективный коэффициент теплопроводности бетона при температуре  $\theta$ ;  $c_{p,c}(\theta)$  – эффективная удельная изобарная теплоемкость бетона при температуре  $\theta$ ;  $W_c$  – весовая влажность бетона;  $\theta_{wi}$  – температура материала без учета трещинообразования, °C;  $k_{het}$  – коэффициент учета неоднородности бетона в поперечном сечении; 0,5 – размерный коэффициент, м<sup>-1</sup>;  $k_{th} \geq 1,4$  – коэффициент учета ускорения нагрева вследствие трещинообразования при  $\theta_{wi} > 550$  °C; 550 °C – температура трещинообразования;  $8,7 \cdot 10^{-3}$  – эмпирический коэффициент, °C<sup>-1</sup>

Рисунок 5. – Учет неоднородности бетона по толщине поперечного сечения при пожаре (блок S<sub>2</sub>)



$b_p$  – толщина огнестойких гипсовых плит конструктивной огнезащиты;  $\lambda_p$  – эффективный коэффициент теплопроводности огнестойкой гипсовой плиты;  $c_{p,w}$  – эффективная удельная изобарная теплоемкость материала

Рисунок 6. – Учет работы конструктивной огнезащиты (блок S<sub>3</sub>)

Моделирование поведения бетона при пожаре (блок S<sub>4</sub>) позволяет определять необходимые для моделирования работы конструкции характеристики материалов с учетом специфики поведения высокопрочного, модифицированного и центрифугированного бетонов при нагреве.

Учет каскадного обрушения каркаса здания при расчете пределов огнестойкости отдельных его элементов (балок, колонн и др.) учитывается блоком S<sub>5</sub>, предусматривающим дополнительную оценку несущей способности указанных элементов, учитывающую изменение свойств материалов при пожаре, блоки S<sub>1</sub>–S<sub>4</sub>, а также перераспределение усилий в результате потери устойчивости одного или нескольких элементов каркаса.

Обосновано применение блока  $S_1$  для конструкций из высокопрочного бетона и преднапряженных конструкций без сцепления арматуры с бетоном [1; 6], блока  $S_2$  – для центрифугированных конструкций [1; 7]. В случае использования конструктивной огнезащиты блок  $S_3$  используется последовательно совместно с другими:  $S_1$ - $S_3$  или  $S_2$ - $S_3$ , для типовых бетонов блок может быть применен самостоятельно [1; 8–10]. В случаях эксплуатации центрифугированных колонн в условиях повышенной влажности и при уровне нагрузки при пожаре не менее 0,7 возможен вариант  $S_1$ - $S_2$ - $S_3$ .

Для высокопрочного бетона и предварительно напряженных плит без сцепления арматуры с бетоном характерно интенсивное взрывообразное хрупкое разрушение защитного слоя бетона, которое существенно влияет на остаточную несущую способность конструкции. Ключевая величина, необходимая для оценки указанного явления, – параметр  $F_{ХР}$ , определяемый по формуле (5). Результаты исследований в данном направлении представлены в [1; 4–6; 17; 22; 23]. Для центрифугированного бетона характерно проявление неоднородности физико-механических и теплофизических свойств по толщине поперечного сечения конструкции, которое усиливается при пожаре. Проведенный анализ показал, что данное явление существенно влияет на результаты расчета и подлежит обязательному учету [4; 5; 24–26]. Блок  $S_2$  может быть реализован двумя методами: численным моделированием с использованием метода конечных элементов либо с помощью разработанного инженерного метода [1; 20; 22; 25; 26].

Адаптация алгоритма при переходе от  $K_1$  к  $K_2$  включает при проведении моделирования нагрева конструкции учет дополнительного защитного слоя и их совместную оценку при определении распределения температур в конструктивной системе. Анализ совместной работы конструкций из бетона и конструктивной огнезащиты приведен в [8–10]. В алгоритме учтен сценарий достижения предела огнестойкости смежными конструкциями с раскрытием периметра огнезащиты, что позволяет повысить объективность расчетов и разработать эффективные способы применения конструктивной огнезащиты для снижения температур в поперечном сечении защищаемых конструкций при пожаре.

Итогом стал метод определения пределов огнестойкости современных строительных конструкций из бетона, в том числе с конструктивной огнезащитой из огнестойких гипсовых плит, основанный на моделировании их нагрева и несущей способности при пожаре, отличающийся учетом состава бетонной смеси, возможности изменения расчетных геометрических характеристик конструкции в случае хрупкого взрывообразного разрушения защитного слоя, переменных свойств бетона по толщине поперечного сечения, позволяющий оптимизировать параметры конструкций из высокопрочного, модифицированного и центрифугированного бетонов, без сцепления арматуры с бетоном с учетом обеспечения их огнестойкости и разработать эффективные способы применения конструктивной огнезащиты.

**Моделирование поведения бетона при пожаре (блок  $S_4$ ).** На основании анализа результатов экспериментальных исследований поведения высокопрочного, модифицированного и центрифугированных бетонов при высокотемпературном нагреве разработана теоретическая модель поведения бетона при пожаре, учитывающая его возможное хрупкое взрывообразное разрушение [1; 22]. Разработанная модель позволяет определить критическую температуру ( $\theta_{cr}$ ) бетона заданного состава, опираясь на условие безопасности элементарной зоны  $k_c(\theta_{cr}) = k_{CF} \cdot \eta_{fi}$ , где  $k_{CF} = f_{cd}/f_{ck}$ ;  $\eta_{fi}$  – уровень нагрузки при пожаре (рис. 7). Для определения коэффициента условий работы бетона при пожаре предложены и обоснованы формулы (1) и (2), которые хорошо согласуются с экспериментальными данными (рис. 8). Учет состава бетонной смеси и возможности хрупкого взрывообразного разрушения производится с помощью (3) и (4). Для учета переменных свойств бетона по толщине сечения конструкции при пожаре предложен и обоснован коэффициент  $k_{cz}$  в формуле (2) (рис. 9), полученные с помощью которого результаты  $k_c(\theta)$  для центрифугированного бетона хорошо согласуются с эмпирическими данными (рис. 10). За основу для оценки взрывообразного хрупкого разрушения бетона при пожаре взят критерий хрупкого взрывообразного разрушения ( $F_{ХР}$ ) по

В.В. Жукову. Для оценки ХР высокопрочного и центрифугированного бетона предложена и обоснована формула (5) и использование коэффициента  $k_{sz}$  (рис. 11).

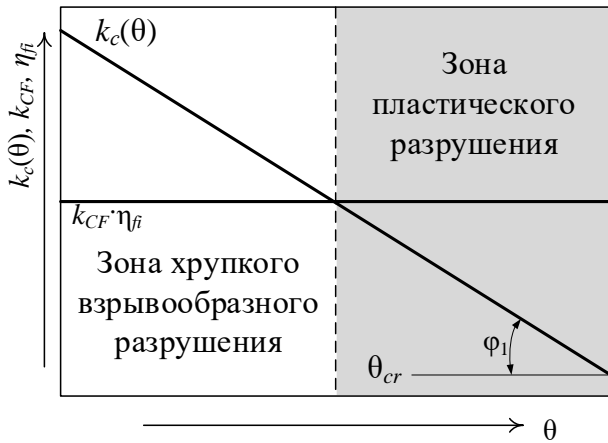


Рисунок 7. – Комплексная оценка поведения бетона при пожаре

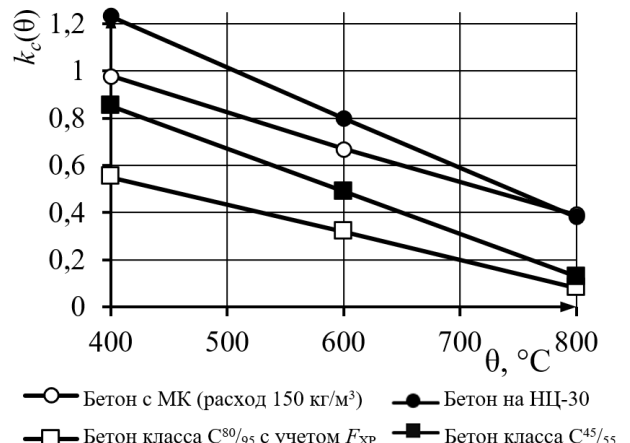


Рисунок 8. – Зависимость  $k_c(\theta)$  от температуры

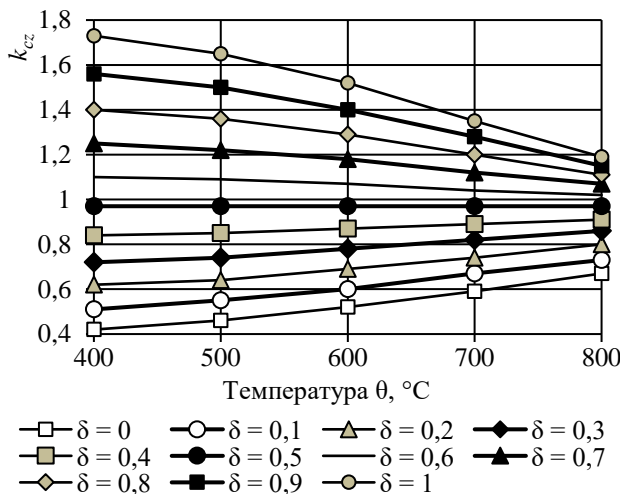


Рисунок 9. – Зависимость  $k_{cz}$  от температуры

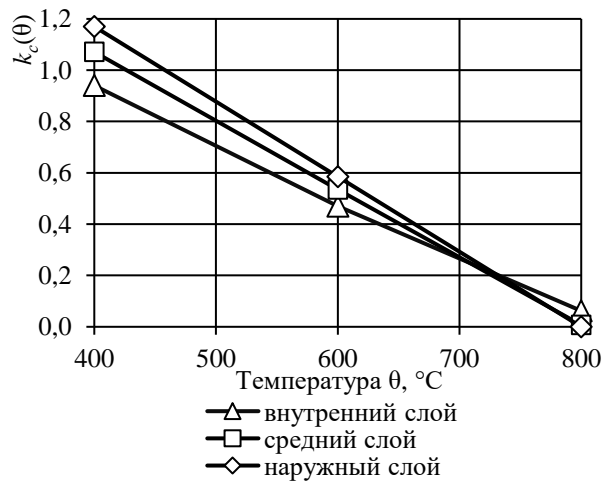


Рисунок 10. – Зависимость  $k_c(\theta)$  от температуры для центрифугированного бетона

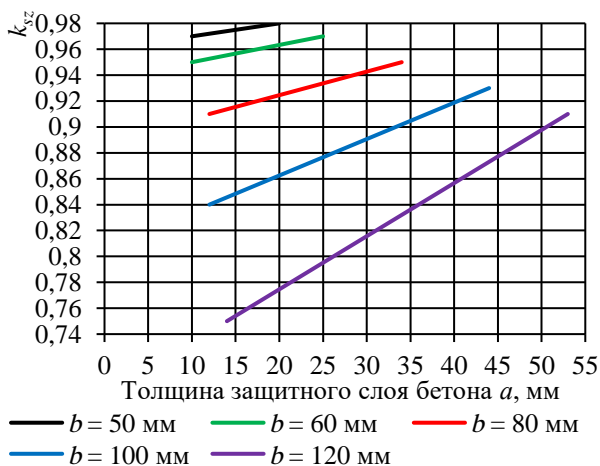


Рисунок 11. – Зависимость  $k_{sz}$  от толщины защитного слоя бетона  $a$

При  $\theta < 400$  °C:

$$k_c(\theta) = k_{cz} [1 - 0,00263 \cdot (\theta - 20) \cdot (1 - 0,88\alpha_k)]; \quad (1)$$

при  $400 \leq \theta \leq 800$  °C:

$$k_c(\theta) = k_{cz} \cdot [0,88\alpha_k - \xi \cdot (\theta - 400)], \quad (2)$$

$$\alpha_k = \begin{cases} 5 \cdot \alpha_{B/Ц} \cdot \alpha_{ТВО} \cdot \alpha_A / F_{XP} & \text{при } F_{XP} \geq 6; \\ \alpha_{B/Ц} \cdot \alpha_{ТВО} \cdot \alpha_A & \text{при } F_{XP} < 6, \end{cases} \quad (3)$$

$$\xi = \begin{cases} 5 \cdot \xi_G \cdot \xi_{ТВО} \cdot \xi_A / F_{XP} & \text{при } F_{XP} \geq 6; \\ \xi_G \cdot \xi_{ТВО} \cdot \xi_A & \text{при } F_{XP} < 6, \end{cases} \quad (4)$$

$$F_{XP} = 0,045 \cdot E_{cm} \cdot \Pi^{0,2} \cdot k_{sz}, \quad (5)$$

где  $\delta$  – относительная толщина зоны (слоя);  $b$  – толщина (ширина) конструкции, мм;  $k_{cz} = [1 + 6,25b \cdot (\delta - 0,5) \cdot \text{tg}\varphi] \cdot (0,975 - 2,36b + 4,6b\delta)$  – поправочный коэффициент, учитывающий

влияние переменной прочности бетона на сжатие в поперечном сечении конструкции на ее несущую способность при пожаре [22; 26];  $\alpha_k$  – коэффициент, учитывающий накопленные дефекты структуры бетона при температуре 400 °С с учетом возможности хрупкого взрывообразного разрушения бетона при пожаре;  $\alpha_{в/ц}$  – коэффициент учета влияния водоцементного отношения;  $\alpha_{тво}$  – коэффициент учета влияния ТВО при нагреве до 400 °С;  $\alpha_A$  – коэффициент учета влияния добавок при нагреве до 400 °С;  $\xi$  – коэффициент интенсивности деструктивных процессов с учетом возможности хрупкого взрывообразного разрушения бетона при пожаре;  $\xi_G$  – коэффициент учета объемных концентраций компонентов, °С<sup>-1</sup>;  $\xi_{тво}$  – коэффициент учета влияния ТВО при нагреве выше 400 °С;  $\xi_A$  – коэффициент учета влияния добавок при нагреве выше 400 °С; 0,045 – эмпирико-аналитический коэффициент пропорциональности, МПа<sup>-1</sup>·кг<sup>-0,2</sup>·м<sup>0,6</sup>; Ц – расход цемента, кг/м<sup>3</sup>;  $k_{sz}$  – коэффициент относительного изменения критерия ХР бетона при пожаре в области защитного слоя центрифугированной железобетонной конструкции.

Итогом стала теоретическая модель поведения бетона при пожаре, основанная на комплексных экспериментальных исследованиях характеристик высокопрочного, модифицированного и центрифугированного бетонов после высокотемпературного нагрева и впервые установленных закономерностях влияния состава бетонной смеси, вводимых добавок, наполнителей и условий изготовления на коэффициент условий работы бетона при пожаре, позволяющая прогнозировать наступление хрупкого взрывообразного разрушения бетона при пожаре, подбирать составы бетонной смеси с наивысшей критической температурой разрушения и объективно рассчитать необходимую для оценки огнестойкости несущую способность конструкций из бетона при пожаре.

**Экспертная оценка огнестойкости современных конструкций из бетона (А1).** По методике (рис. 3) с помощью компьютерного моделирования исследованы обеспечивающие требуемую огнестойкость минимальные значения параметров современных конструкций из бетона, в том числе с конструктивной огнезащитой, на основании которых разработаны инженерные методы оценки их огнестойкости [27]. Проведена корректировка подходов действующих норм для железобетонных стен, колонн, балок, плит и ферм. С учетом использования отечественного сырья и технологий определены значения поправочных коэффициентов для конструкций из высокопрочного бетона (1,1–1,6), предложены способы защиты указанных конструкций от хрупкого взрывообразного разрушения при пожаре. Впервые получены и обоснованы обеспечивающие требуемый предел огнестойкости минимальные параметры полых центрифугированных железобетонных колонн, предварительно напряженных плит без сцепления арматуры с бетоном, совместно работающих конструкций из бетона и конструктивной огнезащиты.

Итогом стали инженерные методы определения пределов огнестойкости, основанные на компьютерном моделировании обеспечивающих требуемую огнестойкость минимальных значений параметров современных строительных конструкций из бетона, в том числе впервые разработанные для конструкций из высокопрочного и центрифугированного бетонов, конструкций с предварительно напряженной арматурой без сцепления арматуры с бетоном, совместно работающих конструкций из бетона и конструктивной огнезащиты. Совокупность инженерных методов формализована в виде правил определения пределов огнестойкости строительных конструкций из бетона [27].

**Оценка величины предотвращенного экономического ущерба.** Экономическая эффективность систем, влияющих на пожарную безопасность, определяется по ГОСТ 12.1.004-91<sup>11</sup> и [28; 29].

$$E_3 = \alpha_3 \cdot (\Pi_i - 3_i) = (1 + E_n)^{t_p - t} \cdot (\Pi_i - 3_i), \quad (6)$$

<sup>11</sup> Система стандартов безопасности труда. Пожарная безопасность. Общие требования: ГОСТ 12.1.004-91 – Введ. 01.07.92. – М.: Стандартинформ, 2006. – 68 с.

где  $\Pi_i$  – стоимостная оценка предотвращенных потерь за расчетный период при использовании мероприятий противопожарной защиты;  $Z_i$  – стоимостная оценка затрат по реализации мероприятий противопожарной защиты;  $\alpha_3$  – коэффициент приведения разновременных затрат и предотвращенных потерь к расчетному году (коэффициент дисконтирования);  $t_p$  – расчетный год;  $t$  – год, затраты которого приводятся к расчетному;  $E_n$  – нормативный коэффициент капитальных вложений, устанавливаемый на уровне нормативной рентабельности капитальных вложений. На стадии проектирования суть оценки эффективности инноваций в строительстве заключается в том числе в рассмотрении их соответствия установленным критериям, основными из которых являются критерии безопасности, анализируемые с учетом возможных рисков. Согласно методу *Net Present Value* эффект инноваций определяется [29]:

$$E_3 = \sum_j \frac{P_j}{(1 + \alpha_3)^j} - I_n, \quad (7)$$

где  $P_j$  – денежные поступления, генерируемые инновацией в  $j$ -м году;  $I_n$  – величина первоначальных инвестиций. Таким образом, эффективность внедрения строительных конструкций оценивается по (7), а эффективность обеспечения их огнестойкости – по (6). Учитывая, что огнестойкость является составной частью характеристик строительной конструкции и вычленив составляющую себестоимости ее обеспечения из итоговой цены не представляется возможным, а также принимая  $E_3 > 0$  и фиксируя затраты стадией строительства ( $Z_i = I_n$ ), формулы (6) и (7) преобразуются в систему (8), с учетом выполнения условия безопасности может быть проведена оценка эффективности для определенной конструкции на заданном объекте (здании).

$$I_n \leq \alpha_3 \cdot \Pi_i; \quad I_n \leq \sum_j \frac{P_j}{(1 + \alpha_3)^j}. \quad (8)$$

В ряде случаев целесообразна экспертная оценка с использованием риск-ориентированного подхода, основанного на обработке статистических данных, принимая совокупный экономический риск пожара  $R_{п}$  равным сочетанию вероятности пожара в год  $P_{п}$  и ожидаемого при пожаре ущерба  $U_{п}$ :

$$R_{п} = P_{п} \cdot U_{п} = \frac{N_{об.пж}}{N_{об} \cdot T} \cdot U_{п}, \quad (9)$$

где  $N_{об.пж}$  – количество пожаров, произошедших на однотипных анализируемых объектах за расчетный период;  $N_{об}$  – количество однотипных анализируемых объектов;  $T$  – расчетный период, год. Численное значение величины снижения экономического риска пожара за счет предотвращения разрушения строительных конструкций вследствие обеспечения их огнестойкости можно представить в виде:

$$\Delta R_{п} = P_{п} \cdot U_{п} \cdot \alpha_{ПО} = P_{п} \cdot \frac{U_{сум}}{N_{об.пж}} \cdot \alpha_{ПО}, \quad (10)$$

где  $\alpha_{ПО} = U_{ск} / U_{п}$  – статистический коэффициент, указывающей на долю ущерба, определяемую разрушением строительных конструкций при пожаре, т.е. необеспечением их огнестойкости;  $U_{ск}$  – стоимостная оценка ущерба от разрушения строительных конструкций;  $U_{ск}$  – величина ущерба принимается эквивалентной статистически ожидаемому ущербу на отдельном анализируемом объекте; где  $U_{сум}$  – суммарный ущерб от пожаров, произошедших на анализируемых объектах. Результаты расчетов приведены в таблице 4.

Принимая  $U_{п} = \Pi_i$ , можно констатировать, что  $\Delta R_{п}$  также указывает на снижение экономического риска пожара за счет повышения доли предотвращенных потерь вследствие эффективности конструктивных решений по обеспечению огнестойкости строительных конструкций. Величина  $\Delta R_{п}$  является минимальной оценкой и не учитывает каскадного характера



накопления предотвращенного ущерба вследствие учета влияния разрушения конструкций на технологическое оснащение здания. Таким образом, реализация конструктивных решений по приведению к нормируемым значениям пределов огнестойкости строительных конструкций, наряду с обеспечением эффективности инноваций в строительстве, позволяет уменьшить экономический риск от негативных эффектов пожара на  $0,8\text{--}46,2$  тыс. руб. год<sup>-1</sup> · объект<sup>-1</sup> за счет увеличения доли предотвращенных потерь.

Таблица 4. – Экспертная оценка экономических рисков пожара

Вид объекта	$P_{п,}$ 1/(год·объект)	$U_{п,}$ тыс.руб./ (год·объект)	$R_{п,}$ тыс.руб./ (год·объект)	$\alpha_{ПО}$	$\Delta R_{п,}$ тыс.руб./ (год·объект)
Производственные и складские здания	$1,75 \cdot 10^{-2}$	33417,97	584,81	0,079	46,2
Здания для хранения автомобилей	$4,10 \cdot 10^{-2}$	12092,90	495,80	0,089	44,1
Здания библиотек, архивов, музеев	$1,12 \cdot 10^{-3}$	1792,30	2,01	0,400	0,8
Здания объектов образования	$1,04 \cdot 10^{-2}$	8052,88	83,74	0,109	9,1
Здания розничной торговли	$1,96 \cdot 10^{-2}$	19643,54	385,01	0,034	13,1

**Концепция комплексной оценки огнестойкости современных строительных конструкций из бетона.** В развитие алгоритма (рис. 1) на основании обобщения результатов проведенных исследований разработана научно обоснованная концепция комплексной оценки огнестойкости современных конструкций из бетона с учетом обеспечения их огнестойкости (рис. 12).

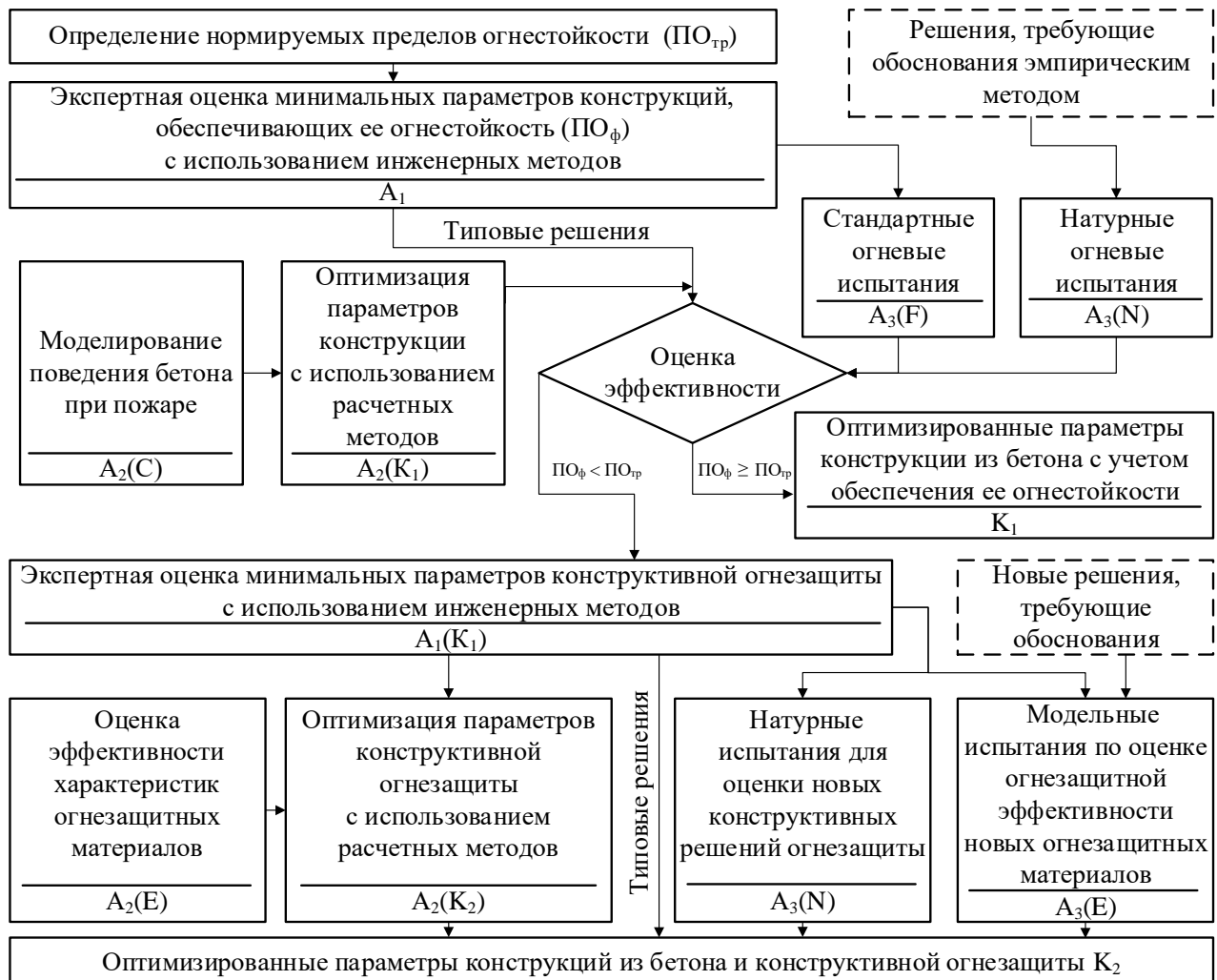


Рисунок 12. – Концепция комплексной оценки огнестойкости современных конструкций из бетона

## Заключение

В работе систематизированы подходы к определению пределов огнестойкости, классифицированы виды температурных режимов, строительных конструкций, базовых условий оценки, проведены экспериментальные и теоретические исследования, разработаны соответствующие методы, как их совокупность разработана научно обоснованная концепция комплексной оценки огнестойкости современных строительных конструкций из бетона, основанная на концептуальном развитии подходов, связанных с моделированием работы конструкций при пожаре, позволяющая обеспечить пожарную безопасность зданий и снизить экономический риск пожара за счет увеличения доли предотвращенных потерь. Концепция и ее составляющие внедрены органами и организациями, занимающимися нормотворческой и надзорной деятельностью, учреждениями и предприятиями, занимающимися проектированием, изготовлением и монтажом строительных конструкций, научной, экспертной и инжиниринговой деятельностью, профильными учебными учреждениями.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Полевада, И.И. Огнестойкость современных строительных конструкций из железобетона: монография / И.И. Полевада [и др.]: под ред. И.И. Полевады. – Минск: УГЗ, 2023. – 420 с.
2. Полевада, И.И. Огнестойкость изгибаемых железобетонных конструкций из высокопрочного бетона: дис. ... канд. техн. наук: 05.23.01 / И.И. Полевада. – Минск, 2004. – 202 л.
3. Полевада, И.И. Трансформация базовых диаграмм деформирования тяжелого бетона на гранитном заполнителе в условиях кратковременного высокотемпературного воздействия / И.И. Полевада, В.А. Кудряшов, В.М. Кодеба // Вестник Командно-инженерного института МЧС Республики Беларусь. – 2008. – № 1 (7). – С. 21–34. – EDN: SMTLIL.
4. Исследование физико-механических свойств центрифугированного бетона / И.И. Полевада [и др.] // Наука и техника. – 2019. – Т. 18, № 4. – С. 319–329. – DOI: 10.21122/2227-1031-2019-18-4-319-329. – EDN: KIXBAR.
5. Полевада, И.И. Экспериментальные и теоретические исследования физических и теплофизических характеристик центрифугированного бетона / И.И. Полевада, Д.С. Нехань // Вестник Университета гражданской защиты МЧС Беларуси. – 2019. – Т. 3, № 3. – С. 255–267. – DOI: 10.33408/2519-237X.2019.3-3.255. – EDN: RNCLOG.
6. Полевада, И.И. Результаты испытания на огнестойкость железобетонных предварительно напряженных плит без сцепления арматуры с бетоном / И.И. Полевада, Н.В. Зайнудинова, Н.И. Чайчиц // Вестник Командно-инженерного института МЧС Республики Беларусь. – 2016. – № 1 (23). – С. 37–44. – EDN: VKXNSJ.
7. Полевада, И.И. Результаты натуральных огневых испытаний центрифугированных железобетонных колонн кольцевого сечения / И.И. Полевада, Д.С. Нехань // Вестник Университета гражданской защиты МЧС Беларуси. – 2020. – Т. 4, № 2. – С. 142–159. – DOI: 10.33408/2519-237X.2020.4-2.142. – EDN: ASBKFB.
8. Полевада, И.И. Модельные огневые испытания железобетонных центрифугированных колонн с конструктивной огнезащитой / И.И. Полевада, С.М. Жамойдик, Д.С. Нехань // Вестник Университета гражданской защиты МЧС Беларуси. – 2021. – Т. 5, № 3. – С. 289–299. – DOI: 10.33408/2519-237X.2021.5-3.289. – EDN: HJXXED.
9. Полевада, И.И. Огнестойкость железобетонных колонн с конструктивной огнезащитой // И.И. Полевада, С.М. Жамойдик, Д.С. Нехань // Пожары и чрезвычайные ситуации: предотвращение, ликвидация. – 2022. – № 2. – С. 67–81. – DOI: 10.25257/FE.2022.2.67-81. – EDN: OVMPIXF.
10. Басакович, И.А. Огнезащитная эффективность гипсовых плит Knauf Fireboard для вертикальных стальных профилей различного сортамента / И.А. Басакович [и др.] // Вестник Университета гражданской защиты МЧС Беларуси. – 2019. – Т. 3, № 3. – С. 268–282. – DOI: 10.33408/2519-237X.2019.3-3.268. – EDN: JCWJCS.
11. Касперов, Г.И. Использование «зонного» метода для расчета пределов огнестойкости железобетонных колонн из высокопрочного бетона / Г.И. Касперов, И.И. Полевада // Вестник Командно-инженерного института МЧС Республики Беларусь. – 2005. – № 2 (2). – С. 32–40. – EDN: SMTKJG.

12. Касперов, Г.И. Расчет пределов огнестойкости изгибаемых строительных конструкций из высокопрочного бетона в безразмерных величинах / Г.И. Касперов, И.И. Полевода // Вестник Командно-инженерного института МЧС Республики Беларусь. – 2005. – № 1 (1). – С. 4–13. – EDN: SMNXML.
13. Голоднов, А.И. Сопоставительная оценка огнестойкости железобетонных многопустотных плит с использованием стандартов Беларуси, Украины, Европейского союза, а также расчетных методов / А.И. Голоднов [и др.] // Вестник Командно-инженерного института МЧС Республики Беларусь. – 2015. – № 1 (21). – С. 30–39. – EDN: ТКРҮНІ.
14. Ширко, А.В. Прочностной расчет железобетонных плит при пожаре с использованием программной среды ANSYS / А.В. Ширко [и др.] // Вестник Командно-инженерного института МЧС Республики Беларусь. – 2014. – № 1 (19). – С. 48–58. – EDN: SYKPYX.
15. Нехань, Д.С. Решение статической задачи огнестойкости центрифугированных железобетонных колонн / Д.С. Нехань, И.И. Полевода // Вестник Полоцкого государственного университета. Серия F. Строительство. Прикладные науки. – 2021. – № 8. – С. 94–106. – EDN: FONZFL.
16. Ширко, А.В. Теплотехнический расчет огнестойкости элементов железобетонных конструкций с использованием программой среды ANSYS / А.В. Ширко [и др.] // Вестник Командно-инженерного института МЧС Республики Беларусь. – 2013. – № 2 (18). – С. 260–269. – EDN: SNFAML.
17. Полевода, И.И. Моделирование поведения бетона при теплотехническом нагружении с учетом трещинообразования методом конечных элементов на примере российского стандарта / И.И. Полевода [и др.] // Вестник Кокшетауского технического института МЧС Республики Казахстан. – 2014. – № 2 (14). – С. 3–14.
18. Полевода, И.И. Определение предела огнестойкости железобетонных предварительно напряженных плит без сцепления арматуры с бетоном / И.И. Полевода, Н.В. Зайнудинова // Вестник Командно-инженерного института МЧС Республики Беларусь. – 2016. – № 2 (24). – С. 32–38. – EDN: WEZNOL.
19. Полевода, И.И. Моделирование поведения железобетонных предварительно напряженных плит без сцепления арматуры с бетоном в программном комплексе ANSYS / И.И. Полевода, Н.В. Зайнудинова // Вестник Университета гражданской защиты МЧС Беларуси. – 2017. – Т. 1, № 4. – С. 385–391. – DOI: 10.33408/2519-237X.2017.1-4.385. – EDN: ZRKOZD.
20. Полевода, И.И. Решение теплотехнической задачи огнестойкости центрифугированных железобетонных колонн / И.И. Полевода, Д.С. Нехань // Пожаровзрывобезопасность. – 2021. – Т. 30, № 2. – С. 49–70. – DOI: 10.22227/PVB.2021.30.02.49-70. – EDN: ONYDWP.
21. Полевода, И.И. Определение пределов огнестойкости современных строительных конструкций из железобетона с применением компьютерного моделирования в ANSYS / И.И. Полевода // Вестник Университета гражданской защиты МЧС Беларуси. – 2022. – Т. 6, № 1. – С. 42–57. – DOI: 10.33408/2519-237X.2022.6-1.42. – EDN: EJENKP.
22. Полевода, И.И. Теоретическая модель стойкости высокопрочного, модифицированного и центрифугированного бетонов при пожаре / И.И. Полевода, Д.С. Нехань // Вестник Брестского государственного технического университета. – 2023. – № 2 (131). – С. 52–61. – DOI: 10.36773/1818-1112-2023-131-2-52-61.
23. Полевода, И.И. Огнестойкость изгибаемых железобетонных предварительно напряженных плит без сцепления арматуры с бетоном / И.И. Полевода, Н.В. Зайнудинова // Вестник Университета гражданской защиты МЧС Беларуси. – 2018. – Т. 2, № 2. – С. 161–167. – DOI: 10.33408/2519-237X.2018.2-2.161. – EDN: XPAHNF.
24. Нехань, Д.С. Моделирование прогрева центрифугированной железобетонной колонны с учетом анизотропии теплофизических характеристик бетона по сечению / Д.С. Нехань, С.М. Жамойдик, И.И. Полевода // Вестник Университета гражданской защиты МЧС Беларуси. – 2019. – Т. 3, № 4. – С. 366–377. – DOI: 10.33408/2519-237X.2019.3-4.366. – EDN: ENCGRI.
25. Полевода, И.И. Огнестойкость центрифугированных железобетонных колонн / И.И. Полевода, Д.С. Нехань // Вестник Университета гражданской защиты МЧС Беларуси. – 2021. – Т. 5, № 2. – С. 139–158. – DOI: 10.33408/2519-237X.2021.5-2.139. – EDN: KGKYBX.
26. Полевода, И.И. Поведение центрифугированного бетона при пожаре / И.И. Полевода, Д.С. Нехань, Д.С. Батан // Вестник Университета гражданской защиты МЧС Беларуси. – 2018. – Т. 2, № 4. – С. 455–469. – DOI: 10.33408/2519-237X.2018.2-4.455. – EDN: MHTDVR.

27. Полевода, И.И. Нормирование огнестойкости современных строительных конструкций из железобетона / И.И. Полевода [и др.] // Вестник Университета гражданской защиты МЧС Беларуси. – 2023. – Т. 7, № 2. – С. 144–163. – DOI: 10.33408/2519-237X.2023.7-2.144. – EDN: ILCPEE.
28. Руководство по определению экономической эффективности повышения качества и долговечности строительных конструкций / НИИЖБ Госстроя СССР. – М.: Стройиздат, 1981 – 56 с.
29. Методические рекомендации по оценке эффективности инноваций на этапе проекта: метод. указания / Комитет по совершенствованию тендерных процедур и инновационной деятельности Национального объединения проектировщиков; сост.: Н.П. Четверик, С.В. Чижов, О.В. Вязовиченко, А.В. Максименко, А.А. Постовалова, И.Д. Сахарова, Х.М. Ханухов. – М.: НОП, 2014. – 53 с.

**Научно обоснованная концепция комплексной оценки огнестойкости  
современных строительных конструкций из бетона**

**Scientifically based conception for integrated assessing the fire resistance  
of modern building structures**

***Полевода Иван Иванович***

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

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

Email: ip@ucp.by

SPIN-код: 1662-9457

***Ivan I. Palevoda***

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

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

Email: ip@ucp.by

ORCID: 0000-0003-2469-3553

## SCIENTIFICALLY BASED CONCEPTION FOR INTEGRATED ASSESSING THE FIRE RESISTANCE OF MODERN BUILDING STRUCTURES

Palevoda I.I.

*Purpose.* To systematize the approaches to determining fire resistance limits and develop a scientifically based concept for a comprehensive assessment of fire resistance of modern building structures made of concrete, covering three levels of detail: expert assessment, optimizing calculation, justification of new solutions.

*Methods.* Analysis and generalization of the results of theoretical and experimental research.

*Findings.* A scientifically based conception for integrated assessing the fire resistance of modern building structures has been developed, based on the conceptual development of approaches related to modeling the operation of structures in case of fire, which makes it possible to ensure the fire safety of buildings and reduce the economic risk of fire by increasing the share of prevented losses.

*Application field of research.* The obtained research results can be used in developing standards for the design and construction of building structures made of concrete, for solving problems of assessing fire resistance in the design and construction of buildings and structures, as well as while selecting effective solutions for structural fire protection.

*Keywords:* fire resistance limit, concrete building structures, fire temperature conditions, structural fire protection, algorithm, conception.

(The date of submitting: April 15, 2024)

### REFERENCES

1. Palevoda I.I., Zhamoydik S.M., Zaynudinova N.V., Nekhan' D.S. *Ognestoykost' sovremennykh stroitel'nykh konstruksiy iz zhelezobeta* [Fire resistance of modern reinforced concrete building structures]: monograph. Ed. by I.I. Palevoda. Minsk: University of Civil Protection, 2023. 420 p. (rus)
2. Palevoda I.I. *Ognestoykost' izgibaemykh zhelezobetonnykh konstruksiy iz vysokoprochnogo betona* [Fire resistance of bending reinforced concrete structures made of high-strength concrete]. PhD tech. sci. diss.: 05.23.01. Minsk, 2004. 202 p. (rus)
3. Palevoda I.I., Kudryashov V.A., Kodeba V.M. Transformatsiya bazovykh diagramm deformirovaniya tyazhelogo betona na granitnom zapolnitele v usloviyakh kratkovremennogo vysokotemperaturnogo vozdeystviya [Transformation of the basic diagrams of deformation of heavy concrete on a granite aggregate under conditions of short-term high-temperature impact]. *Vestnik Komandno-inzhenernogo instituta MChS Respubliki Belarus'*, 2008. No. 1 (7). Pp. 21–34. (rus). EDN: SMTLIL.
4. Palevoda I.I., Zhamoydik S.M., Nekhan' D.S., Batan D.S. Issledovanie fiziko-mekhanicheskikh svoystv tsentrifugirovannogo betona [Study of the physical and mechanical properties of centrifuged concrete]. *Science & Technique*, 2019. Vol. 18, No. 4. Pp. 319–329. (rus). DOI: 10.21122/2227-1031-2019-18-4-319-329. EDN: KIXBAR.
5. Palevoda I.I., Nekhan' D.S. Eksperimental'nye i teoreticheskie issledovaniya fizicheskikh i teplofizicheskikh kharakteristik tsentrifugirovannogo betona [Experimental and theoretical researches of physical and thermophysical characteristics of centrifuged concrete]. *Journal of Civil Protection*, 2019. Vol. 3, No. 3. Pp. 255–267. (rus). DOI: 10.33408/2519-237X.2019.3-3.255. EDN: RNCLOG.
6. Palevoda I.I., Zaynudinova N.V., Chaychits N.I. Rezul'taty ispytaniya na ognestoykost' zhelezobetonnykh predvaritel'no napryazhennykh plit bez stsepleniya armatury s betonom [The results of the fire test concrete slabs with unbonded reinforcement of the fire resistance]. *Vestnik Komandno-inzhenernogo instituta MChS Respubliki Belarus'*, 2016. No. 1 (23). Pp. 37–44. (rus). EDN: VKXNSJ.
7. Palevoda I.I., Nekhan' D.S. Rezul'taty naturnykh ognevykh ispytaniy tsentrifugirovannykh zhelezobetonnykh kolonn kol'tseвого secheniya [Results of full-scale fire test of spun reinforced concrete columns of annular section]. *Journal of Civil Protection*, 2020. Vol. 4, No. 2. Pp. 142–159. (rus). DOI: 10.33408/2519-237X.2020.4-2.142. EDN: ASBKFB.
8. Palevoda I.I., Zhamoydik S.M., Nekhan' D.S. Model'nye ognevye ispytaniya zhelezobetonnykh tsentrifugirovannykh kolonn s konstruktivnoy ognezashchitoy [Reinforced concrete centrifuged columns with structural fire protection model fire tests]. *Journal of Civil Protection*, 2021. Vol. 5, No. 3. Pp. 289–299. (rus). DOI: 10.33408/2519-237X.2021.5-3.289. EDN: HJXXED.

9. Palevoda I.I., Zhamoydik S.M., Nekhan' D.S. Ognestoykost' zhelezobetonnykh kolonn s konstruktivnoy ognezashchitoy [Fire resistance of reinforced concrete columns with structural fire retardance]. *Fire and Emergencies: Prevention, Elimination*, 2022. No. 2. Pp. 67–81. (rus). DOI: 10.25257/FE.2022.2.67-81. EDN: OBMPXF.
10. Basakovich I.A., Botyan S.S., Zhamoydik S.M., Kudryashov V.A., Osyayev V.A., Palevoda I.I. Ogneshchitnaya effektivnost" gipsovykh plit Knauf Fireboard dlya vertikal"nykh stal"nykh profiley razlichnogo sortamenta [Knauf Fireboard fire protection efficiency for vertical steel profiles of various cross section shapes]. *Journal of Civil Protection*, 2019. Vol. 3, No. 3. Pp. 268–282. (rus). DOI: 10.33408/2519-237X.2019.3-3.268. EDN: JCWJCS.
11. Kasperov G.I., Palevoda I.I. Ispol'zovanie «zonnoy» metoda dlya rascheta predelov ognestoykosti zhelezobetonnykh kolonn iz vysokoprochnogo betona [Use of the «zone» method for calculating the fire resistance limits of reinforced concrete columns made of high-strength concrete]. *Vestnik Komandno-inzhenernogo instituta MChS Respubliki Belarus'*, 2005. No. 2 (2). Pp. 32–40. (rus). EDN: SMTKGJ.
12. Kasperov G.I., Palevoda I.I. Raschet predelov ognestoykosti izgibaemykh stroitel'nykh konstruksiy iz vysokoprochnogo betona v bezrazmernykh velichinakh [Calculation of fire resistance limits of bent building structures from high-strength concrete in dimensionless quantities]. *Vestnik Komandno-inzhenernogo instituta MChS Respubliki Belarus'*, 2005. No. 1 (1). Pp. 4–13. (rus). EDN: SMNXML.
13. Golodnov A.I., Kudryashov V.A., Palevoda I.I., Otrosh Yu.A., Tkachuk I.A., Seminog N.N., Drobysh A.S. Sopostavitel'naya otsenka ognestoykosti zhelezobetonnykh mnogopustotnykh plit s ispol'zovaniem standartov Belarusi, Ukrainy, Evropeyskogo soyuza, a takzhe raschetnykh metodov [Comparative assessment fire resistance concrete hollow-core slabs using standards of Belarus, Ukraine, the European Union, and computational methods]. *Vestnik Komandno-inzhenernogo instituta MChS Respubliki Belarus'*, 2015. No. 1 (21). Pp. 30–39. (rus). EDN: TKPYHJ.
14. Shirko A.V., Kamlyuk A.N., Palevoda I.I., Zaynudinova N.V. Prochnostnoy raschet zhelezobetonnykh plit pri pozhare s ispol'zovaniem programmnoy sredy ANSYS [The strength calculation of concrete slabs in a soft-ware environment ANSYS]. *Vestnik Komandno-inzhenernogo instituta MChS Respubliki Belarus'*, 2014. No. 1 (19). Pp. 48–58. (rus). EDN: SYKPYX.
15. Nekhan' D.S., Palevoda I.I. Reshenie staticheskoy zadachi ognestoykosti tsentrifugirovannykh zhelezobetonnykh kolonn [The static analysis problem of fire resistance of spun reinforced concrete columns]. *Vestnik of Polotsk State University. Part F. Constructions. Applied Sciences*, 2021. No. 8. Pp. 94–106. (rus). EDN: FONZFL.
16. Shirko A.V., Kamlyuk A.N., Palevoda I.I., Zaynudinova N.V. Teplotekhnicheskyy raschet ognestoykosti elementov zhelezobetonnykh konstruksiy s ispol'zovaniem programmoy sredy ANSYS [Thermotechnical calculation of fire resistance of elements of reinforced concrete structures using the ANSYS program]. *Vestnik Komandno-inzhenernogo instituta MChS Respubliki Belarus'*, 2013. No. 2 (18). Pp. 260–269. EDN: SNFAML. (rus)
17. Palevoda I.I., Kamlyuk A.N., Shirko A.V., Zaynudinova N.V. Modelirovanie povedeniya betona pri teplotekhnicheskoy nagruzhennii s uchetom treshchinoobrazovaniya metodom konechnykh elementov na primere rossiyskogo standarta [Modeling the behavior of concrete under thermal engineering loading taking into account crack formation by the finite element method on the example of the Russian standard]. *Vestnik Kokshetauskogo tekhnicheskogo instituta MChS Respubliki Kazakhstan*, 2014. No. 2 (14). Pp. 3–14. (rus)
18. Palevoda I.I., Zaynudinova N.V. Opredelenie predela ognestoykosti zhelezobetonnykh predvaritel'no napryazhennykh plit bez stsepleniya armatury s betonom [Determination of the fire resistance of prestressed concrete slab with unbonded reinforcement]. *Vestnik Komandno-inzhenernogo instituta MChS Respubliki Belarus'*, 2016. No. 2 (24). Pp. 32–38. (rus). EDN: WEZNOL.
19. Palevoda I.I., Zaynudinova N.V. Modelirovanie povedeniya zhelezobetonnykh predvaritel'no napryazhennykh plit bez stsepleniya armatury s betonom v programmnom komplekse ANSYS [Modelling of the behavior of concrete slabs with unbonded reinforcement in the ANSYS program complex]. *Journal of Civil Protection*, 2017. Vol. 1, No. 4. Pp. 385–391. (rus). DOI: 10.33408/2519-237X.2017.1-4.385. EDN: ZRKOZD.
20. Palevoda I.I., Nekhan' D.S. Reshenie teplotekhnicheskoy zadachi ognestoykosti tsentrifugirovannykh zhelezobetonnykh kolonn [A solution to the thermal problem of fire resistance of spun reinforced concrete columns]. *Fire and Explosion Safety*. 2021. Vol. 30, No. 2. Pp. 49–70. (rus). DOI: 10.22227/PVB.2021.30.02.49-70. EDN: ONYDWP.

21. Palevoda I.I. Opredelenie predelov ognestoykosti sovremennykh stroitel'nykh konstruksiy iz zhelezobetona s primeneniem komp'yuternogo modelirovaniya v ANSYS [Determination of fire resistance limits for modern reinforced concrete building structures using computer simulation in ANSYS]. *Journal of Civil Protection*, 2022. Vol. 6, No. 1. Pp. 42–57. (rus). DOI: 10.33408/2519-237X.2022.6-1.42. EDN: EJENKP.
22. Palevoda I.I., Nekhan' D.S. Teoreticheskaya model' stoykosti vysokoprochnogo, modifitsirovannogo i tsentrifugirovannogo betonov pri pozhare [Theoretical model of resistance of high-strength, modified and spun concrete in fire]. *Vestnik of Brest State Technical University*, 2023. No. 2 (131). Pp. 52–61. (rus). DOI: 10.36773/1818-1112-2023-131-2-52-61.
23. Palevoda I.I., Zaynudinova N.V. Ognestoykost' izgibaemykh zhelezobetonnykh predvaritel'no napryazhennykh plit bez stsepleniya armatury s betonom [Fire resistance of binding prestressed concrete slab with unbonded reinforcement]. *Journal of Civil Protection*, 2018. Vol. 2, No. 2. Pp. 161–167. (rus). DOI: 10.33408/2519-237X.2018.2-2.161. EDN: XPAXHF.
24. Nekhan' D.S., Zhamoydik S.M., Palevoda I.I. Modelirovanie progreva tsentrifugirovannoy zhelezobetonnoy kolonny s uchedom anizotropii teplofizicheskikh kharakteristik betona po secheniyu [Modeling of heating of a centrifuged reinforced concrete column taking into account anisotropy of thermophysical characteristics of concrete in cross section]. *Journal of Civil Protection*, 2019. Vol. 3, No. 4. Pp. 366–377. (rus). DOI: 10.33408/2519-237X.2019.3-4.366. EDN: ENCGRI.
25. Palevoda I.I., Nekhan' D.S. Ognestoykost' tsentrifugirovannykh zhelezobetonnykh kolonn [Fire resistance of spun reinforced concrete columns]. *Journal of Civil Protection*, 2019. Vol. 5, No. 2. Pp. 139–158. (rus). DOI: 10.33408/2519-237X.2021.5-2.139. EDN: KGKYBX.
26. Palevoda I.I., Nekhan' D.S., Batan D.S. Povedenie tsentrifugirovannogo betona pri pozhare [Behavior of centrifuged concrete in case of fire]. *Journal of Civil Protection*, 2018. Vol. 2, No. 4. Pp. 455–469. (rus). DOI: 10.33408/2519-237X.2018.2-4.455. EDN: MHTDVR.
27. Palevoda I.I., Zhamoydik S.M., Zaynudinova N.V., Nekhan' D.S. Normirovanie ognestoykosti sovremennykh stroitel'nykh konstruksiy iz zhelezobetona [Regulation of the fire resistance of modern building structures of reinforced concrete]. *Journal of Civil Protection*, 2023. Vol. 7, No. 2. Pp. 144–163. (rus). DOI: 10.33408/2519-237X.2023.7-2.144. EDN: ILCPED.
28. *Rukovodstvo po opredeleniyu ekonomicheskoy effektivnosti povysheniya kachestva i dolgovechnosti stroitel'nykh konstruksiy* [Guidelines for determining the cost-effectiveness of improving the quality and durability of building structures]. *Research Institute for Reinforced Concrete Construction of the USSR State Construction Committee*. Moscow. Stroyizdat, 1981. 56 p. (rus)
29. Chetverik N.P., Chizhov S.V., Vyazovichenko O.V., Maksimenko A.V., Postovalova A.A., Sakharova I.D., Khanukhov Kh.M. *Metodicheskie rekomendatsii po otsenke effektivnosti innovatsiy na etape proekta* [Methodological recommendations for assessing the effectiveness of innovations at the project stage]. Committee for Improving Tender Procedures and Innovation Activities of the National Association of Designers. Moscow: National Association of Designers, 2014. 53 p. (rus)



## СВОЙСТВА ГОРЮЧЕГО ЭКСТРУДИРОВАННОГО ПЕНОПОЛИСТИРОЛА В УСЛОВИЯХ ДОПИРОЛИЗНОГО ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОГО НАГРЕВА

Кудряшов В.А., Ивлев Ю.П., Дробыш А.С., Ботян С.С.

*Цель.* На основе экспериментальных данных и теоретических исследований оценить свойства горючих утеплителей из плит пенополистирольных экструзионных в условиях допиролизного высокотемпературного нагрева и их влияние на огнестойкость и класс пожарной опасности конструкций бесчердачных покрытий с профилированными листами.

*Методы.* Для подробного изучения поведения горючего экструдированного пенополистирола в условиях воздействия повышенных температур проводили испытания модельных образцов на установках по оценке воспламеняемости и определению температуры вспышки в открытом тигле ТВО-ЛАБ-01 с расширенной базой измерительного оборудования.

*Результаты.* Результаты модельных испытаний свидетельствуют о том, что для образцов различных производителей характерны идентичные термические повреждения, приобретаемые после повышения температуры поверхности выше 100 °С, с образованием скопления (сгустков) квазирасплавленного (поврежденного) материала на обогреваемой поверхности с температурой около 120...140 °С. При приближении температуры к 160 °С повреждения более выражено соответствуют расплаву. Если мощности теплового потока недостаточно для образования расплава по всему объему материала, его усадка происходит до понижения температур вдоль оси теплового потока до температуры расплава (120...140 °С).

Для оценки термических повреждений в условиях крупномасштабных испытаний целесообразно сопоставлять повреждения экструдированного полистирола с таблицей 2 настоящей статьи, с учетом данных температурных измерений. Факт горения экструдированного пенополистирола может быть подтвержден только наличием вспененного остатка, свидетельствующего о кипении расплава.

Для моделирования термического повреждения экструдированного пенополистирола в виде термической усадки целесообразно использовать критическую температуру, не превышающую 100 °С.

*Область применения исследований.* Результаты исследований могут быть применены при проектировании и строительстве бесчердачных покрытий на основе профилированных листов с применением комбинированного подхода в части набора необходимой величины горючих и негорючих утеплителей, горючего кровельного покрытия и пароизоляции.

*Ключевые слова:* воспламеняемость, температура вспышки, модельные испытания, пенополистирол экструзионный, профилированный лист, повреждение материала, пожарная опасность.

(Поступила в редакцию 29 марта 2024 г.)

### Введение

Применение современных технологий проектирования и строительства зданий и сооружений различного функционального назначения позволяет сократить сроки строительства, повысить качество возводимых объектов, минимизировать экономические издержки<sup>1</sup>. В настоящее время легкие металлические конструкции широко применяются при строительстве крупных зданий и сооружений. Использование легких металлических конструкций

<sup>1</sup> О приоритетных направлениях развития строительной отрасли [Электронный ресурс]: директива Президента Республики Беларусь, 4 марта 2019 г., № 8 // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь. – Режим доступа: <https://www.pravo.by/document/?guid=3871&p0=P01900008>. – Дата доступа: 20.01.2021.

обусловлено значительным снижением материалоемкости, трудоемкости, а соответственно, сокращением сроков и стоимости строительства таких объектов. Одним из способов снижения удельного веса в объеме зданий и сооружений является облегчение бесчердачных покрытий на основе профилированных листов в части замены ряда слоев утеплителя из минеральной ваты на плиты пенополистирольные экструзионные.

Следует отметить, что последние годы на рынке теплоизоляции, в том числе в сегменте минеральной ваты, сформировался повышенный спрос. В профессиональном строительстве потребление каменной ваты за пять месяцев 2023 г. выросло на 12 %, причем тенденция сохраняется<sup>2</sup>. Данный аспект подталкивает к поиску альтернативных решений в части замены в кровлях минеральной ваты на альтернативные материалы, которые по своим свойствам не уступают заменяемым.

Замена части слоев минеральной ваты на плиты пенополистирольные экструзионные в составе покрытий на основе профилированных листов на первый взгляд выглядит весьма заманчиво, но при этом появляется дополнительная опасность в части поведения таких конструкций в условиях пожара. Если учесть, что в таких конструкциях, как правило, применяют рулонные ковры из горючих материалов и пароизоляционные пленки, то суммарный объем горючих материалов может оказать существенное влияние на огнестойкость покрытия и площадь пожара. Общий прирост температуры в условиях пожара с учетом вклада таких горючих материалов может повлиять на сохранение общей устойчивости ограждающих и несущих элементов зданий, внести дополнительные риски в обеспечение безопасной эвакуации людей и создание условий для тушения пожара пожарными аварийно-спасательными подразделениями.

Ряд исследований по определению пожарной опасности экструзионного пенополистирола однозначно констатирует, что при воздействии пламени горелки на его поверхности образуется расплав и горящие капли, продолжительность которых наблюдается 10–15 с на первой-второй минутах эксперимента. При этом остальные параметры горючести соответствуют значениям, установленным для группы Г1 (вследствие высокой вязкотекучести материала под воздействием пламени), наличие горящих капель расплава однозначно относит такой материал к группе Г4 (сильногорючие материалы) по ГОСТ 30244<sup>3</sup> [1]. Также при испытании пенополистирольных плит ПСБ, ПСБ-С в ряде случаев не наблюдалось появления горящих капель расплава, однако по остальным параметрам эти материалы относятся к группе горючести Г3 или Г4<sup>4</sup> [2].

Оценка пожарной опасности строительных конструкций в Республике Беларусь определяется путем проведения натурных испытаний по соответствующей методике и заключается в определении размеров повреждения строительной конструкции за пределами зоны нагрева (в контрольной зоне в результате огневого воздействия) в течение времени, определяемого требованиями к этой конструкции по огнестойкости с целью ее классификации по пожарной опасности<sup>5</sup>.

При присвоении класса пожарной опасности конструкции учитываются следующие факторы: наличие пламенного горения газов или расплавов, выделяющихся из конструкции в результате термического разложения составляющих ее материалов; размеры повреждения конструкции и составляющих ее материалов, возникшего при испытании конструкции, вследствие их горения или термического разложения; пожарно-технические характеристики

---

<sup>2</sup> В России резко вырос спрос на теплоизоляцию [Электронный ресурс] // Корпорация ТЕХНОНИКОЛЬ. – Режим доступа: <https://www.tn.ru/about/press/news/v-rossii-rezko-vyros-spros-na-teploizolyatsiyu/>. – Дата доступа: 12.04.2024.

<sup>3</sup> ГОСТ 30244. Межгосударственный стандарт. Материалы строительные. Методы испытаний на горючесть. – Введ. 01.01.97. – М.: Межгосударственная научно-техническая комиссия по стандартизации, техническому нормированию и сертификации в строительстве, 1996. – 28 с.

<sup>4</sup> См. сноску 3.

<sup>5</sup> СТБ 1961-2009. Государственный стандарт Республики Беларусь. Конструкции строительные. Методы определения пожарной опасности. – Введ. 01.01.10. – Минск: РУП «Стройтехнорм», 2009. – 26 с.

составляющих конструкцию материалов, поврежденных в ходе испытаний<sup>6</sup>. При этом в качестве пожарно-технических характеристик материалов, используемых при изготовлении строительных конструкций, принимают горючесть – по ГОСТ 30244, воспламеняемость – по ГОСТ 30402<sup>7</sup>, дымообразующую способность – по ГОСТ 12.1.044<sup>8</sup>. За критерии оценки по повреждению принимаются обугливание, оплавление и выгорание материалов, из которых изготовлена конструкция, на глубину более 2 мм.

Как показывает практика, при испытаниях по определению класса пожарной опасности конструкций покрытий на основе профилированных листов с применением в качестве одного из слоев утепления горючего экструдированного пенополистирола, характер его повреждения после удаления источника огневого воздействия является не совсем однозначным, при этом температура воспламенения пенополистирола колеблется от 210 до 440 °С в зависимости от используемых добавок [3]. Для поврежденного материала характерны следующие особенности: изменение цвета (потемнение), появление стеклования, спекание. Возникает закономерный вопрос: как указанные выше особенности могут быть соотнесены с повреждениями, описанными в методе определения пожарной опасности<sup>9</sup>? Для ответа на него сначала необходимо разобраться с процессами, протекающими в структуре экструдированного пенополистирола при его высокотемпературном воздействии, и насколько на первый взгляд очевидные структурные изменения попадают под критерии повреждения.

### Основная часть

**Модельные испытания экструдированного пенополистирола на установке по оценке воспламеняемости.** Для подробного изучения поведения экструдированного пенополистирола в условиях воздействия повышенных температур испытания проводили для модельных образцов на установках по оценке воспламеняемости по ГОСТ 30402 и определению температуры вспышки в открытом тигле ТВО-ЛАБ-01 по ГОСТ 4333<sup>10</sup>. Основная цель испытаний – уточнение предельных значений температур, при которых для образцов наблюдаются процессы стеклования (теплового сокращения), плавления и кипения (вспышки).

В связи со сложностью физико-химических процессов, происходящих при нагреве и пиролизе экструдированного пенополистирола, для более подробного анализа его повреждений при высокотемпературном нагреве важно рассмотреть следующие концептуальные понятия, характеризующие процессы его разложения/горения:

*Пиролиз* – необратимый термический процесс разложения веществ без окислителя<sup>11</sup>.

*Термическая деструкция (термодеструкция)* – совокупность разрушительных химических процессов в пластмассе, протекающих при повышенной температуре<sup>12</sup> [4].

*Горение* – экзотермическая реакция материала с окислителем, сопровождающаяся выделением значительного количества теплоты и обычно ярким свечением (пламенем) и (или) образованием дыма [4].

<sup>6</sup> См. сноску 5.

<sup>7</sup> ГОСТ 30402-96. Межгосударственный стандарт. Материалы строительные. Метод испытания на воспламеняемость. – Введ. 30.03.97. – М.: Межгосударственная научно-техническая комиссия по стандартизации, техническому нормированию и сертификации в строительстве, 1997. – 27 с.

<sup>8</sup> ГОСТ 12.1.044. Система стандартов безопасности труда. Пожаровзрывобезопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения. – Введ. 17.12.92. – Минск: Госстандарт Республики Беларусь, 1992. – 104 с.

<sup>9</sup> См. сноску 5.

<sup>10</sup> ГОСТ 4333-2014. Межгосударственный стандарт. Нефтепродукты. Методы определения температур вспышки и воспламенения в открытом тигле. – Введ. 01.07.16. – М.: Межгосударственная научно-техническая комиссия по стандартизации, техническому нормированию и сертификации в строительстве, 2017. – 22 с.

<sup>11</sup> СТ СЭВ 383-87. Пожарная безопасность в строительстве. Термины и определения. – Введ. 01.01.88. – Магдебург: Постоянная Комиссия по сотрудничеству в области стандартизации, 1987. – 8 с.

<sup>12</sup> См. сноску 11.

*Обугливание* – образование карбонизированного остатка в результате пиролиза или неполного сгорания<sup>13</sup> [5].

*Термическое расширение* – изменение размеров или объема образца, вызванное изменением его температуры<sup>14</sup> [4].

*Температура стеклования полимера* – температура, при которой аморфный полимер изменяет свои свойства в результате фазового перехода из стеклообразного состояния в высокоэластическое или вязкотекучее состояние. Обычно за температуру стеклования принимают примерную середину температурного интервала, в котором происходит переход стеклования<sup>15</sup> [4].

*Температура плавления* – температура равновесного фазового перехода кристаллического твердого тела в жидкое состояние при постоянном внешнем давлении. Для кристаллических полимеров под температурой плавления понимают максимальную температуру интервала плавления кристаллической фазы<sup>16</sup> [4].

*Температура вспышки* – это наименьшая температура испытуемого образца, скорректированная на барометрическое давление 101,3 кПа, при которой при поднесении источника зажигания происходит воспламенение паров образца и распространение пламени на поверхности жидкости при установленных условиях испытания<sup>17</sup>.

*Температура воспламенения* – наименьшая температура испытуемого образца, скорректированная на барометрическое давление 101,3 кПа, при которой при поднесении источника зажигания происходит воспламенение паров образца и устойчивое горение в течение не менее 5 с при установленных условиях испытания<sup>18</sup>.

Как следует из приведенных выше понятий, горение материалов не всегда можно однозначно выявить по фактам термической деструкции. По своей сути горение – химическая реакция высокотемпературного окисления материала, сопровождающаяся выделением тепла и потерей массы, однако в условиях анализа крупномасштабных испытаний горючих материалов в остывшем состоянии не всегда можно однозначно ответить на вопрос, имело ли место горение, либо это всего лишь термическая деструкция материала от воздействия повышенных, но допиролизных температур. Для многих материалов единственным возможным критерием горения остается обугливание, однако для термопластичных полимеров эта характеристика вряд ли может быть однозначно определена. Поэтому для более качественной интерпретации результатов крупномасштабных испытаний авторами рекомендованы и проведены модельные испытания экструдированного пенополистирола в условиях воздействия повышенных температур на установке по оценке воспламеняемости по ГОСТ 30402 и определению температуры вспышки по ГОСТ 4333.

Общий вид экспериментальной установки для проведения тепловых испытаний экструдированного пенополистирола представлен на рисунке 1.

Для проведения испытаний на установке по оценке воспламеняемости изготовлено 5 и 6 стандартных мелкомасштабных образцов различных производителей с усредненными размерами 170×170×58(*h*) мм. Параметры образцов, отобранных для испытаний, представлены в таблице 1.

Методика эксперимента заключалась в следующем. Модельные образцы горючего утеплителя подвергали лучистому тепловому потоку посредством радиационной панели 1 экспериментальной установки, значение которого условно соответствовало температуре

---

<sup>13</sup> См. сноску 11.

<sup>14</sup> ГОСТ 32794-2014. Межгосударственный стандарт. Композиты полимерные. Термины и определения. – Введ. 01.09.15. – М.: Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации, 2014. – 94 с.

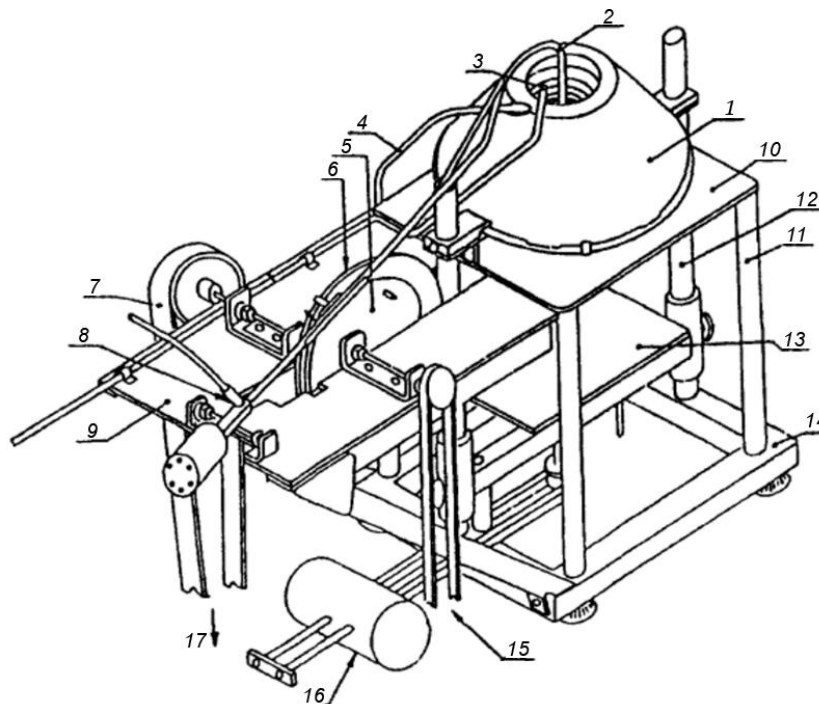
<sup>15</sup> См. сноску 14.

<sup>16</sup> См. сноску 14.

<sup>17</sup> См. сноску 10.

<sup>18</sup> См. сноску 10.

нагревательного элемента радиационной панели: 175, 200, 230, 260, 300 и 330 °С (что эквивалентно тепловому потоку на исходном уровне верха образца, соответственно, 1,43; 1,79; 2,48; 3,00; 4,32 и 5,00 кВт).



1 – радиационная панель с нагревательным элементом; 2 – подвижная горелка; 3 – вспомогательная стационарная горелка; 4 – силовой кабель нагревательного элемента; 5 – кулачок с ограничителем хода для ручного управления подвижной горелкой; 6 – кулачок для автоматического управления подвижной горелкой; 7 – приводной ремень; 8 – втулка для подсоединения подвижной горелки к системе подачи топлива; 9 – монтажная плита для системы зажигания и системы перемещения подвижной горелки; 10 – защитная плита; 11 – вертикальная опора; 12 – вертикальная направляющая; 13 – подвижная платформа для образца; 14 – основание опорной станины; 15 – ручное управление; 16 – рычаг с противовесом; 17 – привод к электродвигателю

Рисунок 1. – Общий вид установки по оценке воспламеняемости<sup>19</sup>

Таблица 1. – Параметры образцов экструдированного пенополистирола, отобранных для испытаний

Наименование производителя изделий для образцов	№ образца	Масса, г	Размеры 1-й стороны, мм	Размеры 2-й стороны, мм	Средняя толщина, мм
Производитель «А»	1	36,85	168	165	49,10
	2	38,70	167	169	49,35
	3	38,15	169	169	48,33
	4	37,70	168	167	49,05
	5	38,55	167	168	49,35
Производитель «Б»	1	42,80	167	168	57,8
	2	42,71	166	167	57,7
	3	44,33	169	170	58,5
	4	44,29	170	170	58,2
	5	42,88	169	169	58,3
	6	43,18	169	169	57,9

Модельный образец подвергали нагреву только после установления равновесия стационарного лучистого теплового потока с одновременным удалением экранирующей пластины и включением регистратора времени. Тепловое воздействие на каждый образец осуществляли в течение 10 мин. Изменение температуры в геометрическом центре обогреваемой поверхности и в геометрическом центре среднего по толщине сечения образцов

<sup>19</sup> См. сноску 7.

фиксируют посредством двух термоэлектрических преобразователей, установленных в соответствии со схемой (рис. 2). Для части образцов фиксируют изменение температуры в геометрическом центре нижней необогреваемой поверхности (при термической усадке более половины толщины образца)<sup>20</sup>. Дополнительно фиксируют характер и степень повреждения образцов в результате теплового воздействия, а также массу образцов до и после испытаний.



Рисунок 2. – Схема измерения температуры

Результаты испытаний экструдированного пенополистирола производителей «А» и «Б» представлены в таблице 2.

Таблица 2. – Результаты испытаний экструдированного пенополистирола производителей «А» и «Б»

№ п/п	Значения температур, °С T1 / T2 / T3 / T4		Экструдированный пенополистирол производителя «А» толщиной 50 мм		Экструдированный пенополистирол производителя «Б» толщиной 58 мм	
	А	Б	фото повреждений	$\Delta L$ , мм / $\Delta m$ , %	фото повреждений	$\Delta L$ , мм / $\Delta m$ , %
0.	$\frac{150}{79}$ $\frac{46}{-}$	$\frac{150}{79}$ $\frac{46}{-}$		$\frac{0}{0,001}$	испытание не проводилось	-
1.	$\frac{175}{110}$ $\frac{62}{-}$	$\frac{175}{84}$ $\frac{53}{-}$		$\frac{2,0}{0,081}$		$\frac{0}{0,023}$

<sup>20</sup> Вследствие высокой термической усадки схема измерения представлена для начального состояния образцов и не в полной мере соответствует схеме измерения деформированных образцов.

№ п/п	Значения температур, °C T1 / T2 / T3 / T4		Экструдированный пенополистирол производителя «А» толщиной 50 мм		Экструдированный пенополистирол производителя «Б» толщиной 58 мм	
	А	Б	фото повреждений	$\Delta L$ , мм / $\Delta m$ , %	фото повреждений	$\Delta L$ , мм / $\Delta m$ , %
2.	$\frac{200}{111}$ $\frac{60}{-}$	$\frac{200}{104}$ $\frac{51}{-}$		$\frac{5,0}{0,052}$		$\frac{-0,5}{0,047}$
3.	$\frac{230}{108}$ $\frac{115}{-}$	$\frac{230}{120}$ $\frac{65}{-}$		$\frac{15...24}{0,393}$		$\frac{6,0...10}{0,013}$
4.	$\frac{260}{-}$ $\frac{133}{58}$	$\frac{260}{120}$ $\frac{100}{-}$		$\frac{39...45}{0,743}$		$\frac{27...30}{0,316}$
5.	$\frac{300}{-}$ $\frac{157}{-}$	$\frac{300}{115}$ $\frac{136}{-}$		$\frac{50}{0,778}$		$\frac{48...50}{0,443}$
6.	$\frac{330}{137}$ $\frac{46}{-}$	$\frac{330}{137}$ $\frac{139}{-}$	испытание не проводилось	-		$\frac{58}{0,533}$

Примечание. T1 – температура на поверхности нагревательного элемента установки; T2 – на поверхности образца; T3 – в середине образца; T4 – на необогреваемой поверхности образца;  $\Delta L$  – термическая усадка, мм;  $\Delta m$  – потеря по массе, %.

Анализ результатов испытаний экструдированного пенополистирола производителя «А» для образца:

– № 0 температура обогреваемой поверхности составила 79 °С, в середине образца – 49 °С, видимые повреждения отсутствовали;

– № 1 температура обогреваемой поверхности составила 110 °С, в середине образца – 62 °С, зафиксирована термическая усадка неправильной в плане формы размером 50...100 мм и глубиной до 2 мм;

– № 2 температура обогреваемой поверхности составила 111 °С, в середине образца – 60 °С, зафиксирована термическая усадка сферической в плане формы диаметром 120...130 мм и глубиной до 5 мм;

– № 3 температура обогреваемой поверхности составила 108 °С, в середине образца – 115 °С, зафиксирована термическая усадка сферической в плане формы диаметром 145 мм и глубиной 15...24 мм (что составляет практически 50 % толщины образца), для поверхности, подверженной усадке, характерно трещинообразование и более темный оттенок цвета. В дальнейшем для указанных образцов фиксировали изменение температуры в геометрическом центре необогреваемой поверхности;

– № 4 температура обогреваемой поверхности составила 133 °С, на его необогреваемой поверхности – 58 °С, зафиксирована термическая усадка сферической в плане формы диаметром 155...160 мм и глубиной 39,0...45,0 мм (что составляет более 80 % толщины образца), поверхность, подверженная усадке, имела видимые скопления (сгустки) квазирасплавленного (поврежденного) материала на участках (вершинах) между трещинами шириной 3...20 мм, цвет сгустков варьировался от светло-серого к темно-серому;

– № 5 температура обогреваемой поверхности составила 157 °С, на его необогреваемой поверхности – 91 °С, зафиксирована термическая усадка сферической в плане формы диаметром 150–152 мм на всю толщину образца, скопления (сгустки) квазирасплавленного (поврежденного) материала на поверхности приобрели более выраженный характер, цвет сгустков приближался к черному с характерным остеклованным отблеском.

Анализ результатов испытаний экструдированного пенополистирола производителя «Б» для образца:

– № 1 температура обогреваемой поверхности составила 84 °С, в середине образца – 53 °С, видимые повреждения отсутствовали;

– № 2 температура обогреваемой поверхности составила 104 °С, в середине образца – 51 °С, зафиксировано незначительное термическое расширение;

– № 3 температура обогреваемой поверхности составила 120 °С, в середине образца – 65 °С, зафиксирована термическая усадка сферической в плане формы диаметром 130 мм и глубиной 6,0...10,0 мм;

– № 4 температура обогреваемой поверхности составила 120 °С, в середине образца – 100 °С, зафиксирована термическая усадка сферической в плане формы диаметром 145 мм и глубиной 27...30 мм (что составляет 50 % толщины образца), поверхность, для поверхности, подверженной усадке, характерно трещинообразование и более темный оттенок цвета;

– № 5 температура обогреваемой поверхности составила 115 °С, в середине образца – 136 °С, зафиксирована термическая усадка сферической в плане формы диаметром 150 мм и глубиной 48...50 мм (что составляет более 80 % толщины образца), поверхность, подверженная усадке, имела видимые скопления (сгустки) квазирасплавленного (поврежденного) материала на участках (вершинах) между трещинами шириной 5...15 мм, цвет сгустков варьировался от темно-серого к черному;

– № 6 температура обогреваемой поверхности составила 137 °С, в середине образца – 139 °С, зафиксирована термическая усадка сферической в плане формы диаметром 160–165 мм на всю толщину образца, скопления (сгустки) квазирасплавленного (поврежденного) материала на поверхности приобрели более выраженный характер, цвет сгустков



приближался к черному с характерным остеклованным отблеском. После демонтажа образца из установки произошло его деформирование от краев к геометрическому центру.

Во всех испытаниях потеря массы образцов не превысила 0,778 %, что свидетельствует об отсутствии процессов активного пиролиза, т.е. факта горения.

Анализ повреждений экструдированного пенополистирола свидетельствует о том, что для образцов различных производителей характерны идентичные термические повреждения, приобретаемые после повышения температуры поверхности выше 100 °С, с образованием скопления (сгустков) квазирасплавленного (поврежденного) материала на обогреваемой поверхности с температурой около 120...140 °С, при приближении температуры к 160 °С повреждения более выражено соответствуют расплаву. Однако, если термическому повреждению не подвержена вся толщина образца, температура на поверхности остается в диапазоне 120...140 °С в связи с постоянным снижением интенсивности лучистого теплового потока в ходе процесса усадки (за счет увеличения расстояния от радиационной панели в процессе усадки).

Очевидно, что температура стеклования пенополистиролов определяется химическим составом и строением полимерной цепи и не является жестко определенной величиной, однако для моделирования термического повреждения экструдированного пенополистирола в виде термической усадки целесообразно использовать критическую температуру, не превышающую 100 °С, что соответствует результатам других исследований в этой области [6]. Согласно результатам исследований [6] температура стеклования пенополистиролов определяется химическим составом и строением полимерной цепи и не является жестко определенной величиной.

**Модельные испытания экструдированного пенополистирола на установке по оценке температуры вспышки.** Методика эксперимента заключалась в следующем. Для проведения испытаний предварительно вырезали заготовки из экструдированного пенополистирола средним размером 50×20×20 мм. После чего заготовки помещали в открытый тигель, разогретый до температуры порядка 160 °С (температуру корректировали исходя из равновесия процессов плавления и испарения материала) для получения расплава (рис. 3). Количество заготовок выбирали для получения необходимого объема расплава для проведения испытаний по определению температуры вспышки по ГОСТ 4333.



Рисунок 3. – Общий вид испытаний

Тигель с расплавом помещали в установку ТВО-ЛАБ-01, предварительно нагретую до температуры 160 °С. При повышении температуры образца на каждые 2 °С в автоматическом режиме применялось зажигательное устройство, которое в течение 1 с проводило пламенем по дуге в одном направлении через центр тигля.

Результаты испытаний (рис. 4–5) показали, что для экструдированного пенополистирола вспышка паров может происходить только при достижении температуры кипения, сопровождающегося парообразованием по всему объему жидкости (расплава).

Полученные данные свидетельствуют, что нагрев экструдированного пенополистирола в других условиях испытаний до меньших температур весьма маловероятно приведет

к его вспышке и воспламенению. Вместе с тем процесс вспышки и воспламенения экструдированного пенополистирола соответствует кипению расплава, а значит, при его неполном выгорании всегда будут сохраняться следы газообразования.



Рисунок 4. – Фиксация температуры вспышки на установке ТВО-ЛАБ-01 по ГОСТ 4333 экструдированного пенополистирола производителя «А»



Рисунок 5. – Фиксация температуры вспышки на установке ТВО-ЛАБ-01 по ГОСТ 4333 экструдированного пенополистирола производителя «Б»

### Заключение

Проведены модельные испытания экструдированного пенополистирола различных производителей на установке по оценке воспламеняемости ГОСТ 30402, а также на установке по оценке температуры вспышки ГОСТ 4333.

Результаты исследований экструдированного пенополистирола на установке по оценке воспламеняемости представлены в таблице 2 настоящей статьи. Во всех испытаниях потеря массы образцов не превысила 0,778 %, что свидетельствует об отсутствии процессов активного пиролиза.

Анализ повреждений экструдированного пенополистирола свидетельствует о том, что для образцов характерны, независимо от производителя, идентичные термические повреждения, приобретаемые после повышения температуры поверхности выше 100 °С, с образованием скоплений (сгустков) квазирасплавленного (поврежденного) материала на обогреваемой поверхности с температурой около 120...140 °С. При приближении температуры к 160 °С повреждения более выражено соответствуют расплаву, однако, если термическому повреждению не подвержена вся толщина образца, температура на поверхности остается в диапазоне 120...140 °С в связи с постоянным снижением интенсивности лучистого теплового потока в ходе процесса усадки. При изменении состава (читай – производителя) экструдированного полистирола может быть получена несколько более высокая термостойкость, выражающаяся в меньшей глубине повреждений при равных значениях теплового потока.

Для моделирования термического повреждения экструдированного пенополистирола в виде термической усадки целесообразно использовать критическую температуру, не превышающую 100 °С.

Результаты испытаний на установке по оценке температуры вспышки показали, что для экструдированного пенополистирола вспышка паров происходит при достижении температуры кипения, сопровождающегося парообразованием по всему объему жидкости (расплава). Для исследованных образцов экструдированного пенополистирола температура вспышки (кипения) составила 241...252 °С. Полученные данные свидетельствуют, что нагрев экструдированного пенополистирола в других условиях испытаний до меньших температур весьма маловероятно приведет к его вспышке и воспламенению. Кроме того, процесс вспышки и воспламенения экструдированного пенополистирола соответствует кипению расплава, а значит, при его неполном выгорании всегда будут сохраняться следы газообразования.

Для оценки термических повреждений в условиях крупномасштабных испытаний целесообразно сопоставлять повреждения экструдированного полистирола с таблицей 2 настоящей статьи, с учетом данных температурных измерений. Факт горения экструдированного пенополистирола может быть подтвержден только наличием вспененного остатка, свидетельствующего о кипении расплава.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Белорусского фонда фундаментальных исследований (БРФФИ) в рамках проекта Ф23В-013 «Анализ композитных строительных конструкций в условиях высокой температуры с использованием методов компьютерного моделирования» (государственная регистрация № 20230543).

## ЛИТЕРАТУРА

1. Гуюмджян, П.П. О пожароопасности полистирольных пенопластов строительного назначения / П.П. Гуюмджян, С.В. Коканин, А.А. Пискунов // Пожаровзрывобезопасность. – 2011. – Т. 20, № 8. – С. 4–8. – EDN: OFXCMD.
2. Етумян, А.С. Пожарная опасность теплоизоляционных материалов из пенополистирола / А.С. Етумян, О.И. Молчадский, Н.И. Константинова // Пожарная безопасность. – 2006. – № 6. – С. 66–68. – EDN: KPYGNL.
3. Кодолов, В.И. Горючесть и огнестойкость полимерных материалов / В.И. Кодолов. – М.: Химия, 1976. – 157 с.
4. Тугов, И.И. Химия и физика полимеров: учебное пособие для хим. технол. специальностей вузов / И.И. Тугов, Г.И. Кострыкина. – М.: Химия, 1989. – 430 с.
5. Нильсен, Л.Е. Механические свойства полимеров и полимерных композиций / Л.Е. Нильсен: пер. с англ. П.Г. Бабаевского. – М.: Химия, 1978. – 312 с.
6. Кобелев, А.А. Термическое поведение полимерной теплоизоляции пониженной горючести / А.А. Кобелев [и др.] // Пожаровзрывобезопасность. – 2018. – Т. 27, № 4 – С. 13–23. – DOI: 10.18322/PVB/2018.27.04.13-23. – EDN: OVBTQD.

**Свойства горючего экструдированного пенополистирола в условиях допиролизного высокотемпературного нагрева**

**Pre-combustion thermal properties of combustible extruded polystyrene obtained by high temperature heating**

***Кудряшов Вадим Александрович***

кандидат технических наук, доцент  
Государственное учреждение образования  
«Университет гражданской защиты  
Министерства по чрезвычайным ситуациям  
Республики Беларусь», кафедра  
пожарной безопасности, профессор  
Адрес: ул. Машиностроителей, 25,  
220118, Беларусь, г. Минск  
Email: vadkud@gmail.com  
SPIN-код: 1417-4096

***Vadim A. Kudryashov***

PhD in Technical Sciences, Associate Professor  
State Educational Establishment «University  
of Civil Protection of the Ministry for Emergency  
Situations of the Republic of Belarus»,  
Chair of Fire Safety, Professor  
Address: Mashinostroiteley str., 25,  
220118, Belarus, Minsk  
Email: vadkud@gmail.com  
ORCID: 0000-0003-4889-1060

***Ивлев Юрий Петрович***

Учреждение «Научно-исследовательский  
институт пожарной безопасности и проблем  
чрезвычайных ситуаций» Министерства  
по чрезвычайным ситуациям Республики  
Беларусь, начальник испытательно-  
исследовательского полигона  
Адрес: ул. Солтыса, 183а,  
220046, Минск, Беларусь  
Email: ivlev\_83@outlook.com

***Yuriy P. Ivlev***

Institution «Scientific and Research Institute  
of Fire Safety and Emergency Situations»  
of the Ministry for Emergency Situations  
of the Republic of Belarus,  
Head of the Testing and Research Ground  
Address: Soltysa str., 183a,  
220046, Minsk, Belarus  
Email: ivlev\_83@outlook.com

***Дробыш Антон Сергеевич***

Государственное учреждение образования  
«Университет гражданской защиты  
Министерства по чрезвычайным ситуациям  
Республики Беларусь», отдел научной  
и инновационной деятельности,  
начальник отдела  
Адрес: ул. Машиностроителей, 25,  
220118, Беларусь, г. Минск  
Email: aantox@mail.ru  
SPIN-код: 3169-0097

***Anton S. Drobysch***

State Educational Establishment «University  
of Civil Protection of the Ministry for Emergency  
Situations of the Republic of Belarus»,  
Department of Scientific and Innovation Activity,  
Head of Department  
Address: Mashinostroiteley str., 25,  
220118, Belarus, Minsk  
Email: aantox@mail.ru  
ORCID: 0000-0002-9528-3108

***Ботян Сергей Сергеевич***

кандидат технических наук, доцент  
Государственное учреждение образования  
«Университет гражданской защиты МЧС  
Беларуси», кафедра пожарной безопасности,  
начальник кафедры  
Адрес: ул. Машиностроителей, 25,  
220118, Беларусь, г. Минск  
Email: aseckis@mail.ru  
SPIN-код: 5948-1623

***Sergey S. Botyan***

PhD in Technical Sciences, Associate Professor  
State Educational Establishment «University  
of Civil Protection of the Ministry for Emergency  
Situations of the Republic of Belarus»,  
Chair of Fire Safety, Head of Chair  
Address: Mashinostroiteley str., 25,  
220118, Belarus, Minsk  
Email: aseckis@mail.ru  
ORCID: 0000-0002-8593-4413

## PRE-COMBUSTION THERMAL PROPERTIES OF COMBUSTIBLE EXTRUDED POLYSTYRENE OBTAINED BY HIGH TEMPERATURE HEATING

Kudryashov V.A., Ivlev Yu.P., Drobysh A.S., Botyan S.S.

*Purpose.* Based on experimental data and theoretical research, to assess the pre-combustion thermal properties of combustible extruded polystyrene insulation obtained by high-temperature heating and their influence on the fire resistance and fire hazard class of structures with profiled sheet roofing.

*Methods.* Detailed examination of the behavior of combustible extruded polystyrene under elevated temperature conditions was conducted through testing of model samples using equipment for assessing flammability and determining flash point in an open crucible TVO-LAB-01 with an expanded base of measuring instruments.

*Findings.* Model test results indicate that identical thermal damage is characteristic for samples from different manufacturers, acquired after surface temperature increases above 100 °C, with the formation of accumulations (clusters) of quasi-molten (damaged) material on the heated surface at temperatures around 120...140° C. As the temperature approaches to 160 °C, the damage becomes more pronounced, corresponding to melting. If the thermal power is insufficient to form a melt throughout the material volume, its shrinkage occurs until the temperature decreases along the axis of the heat flow to the melt temperature (120...140 °C).

To assess thermal damage in large-scale tests, it is advisable to compare the damage to extruded polystyrene with Table 2 of this article, considering temperature measurement data. The fact of burning of extruded polystyrene can only be confirmed by the presence of foamed residue indicating boiling of the melt.

To model the thermal damage of extruded polystyrene in the form of thermal shrinkage it is advisable to use a critical temperature which does not exceed 100 °C.

*Application field of research.* The research results can be applied in the design and construction of structures with profiled sheet roofing using a combined approach to determine the required amount of combustible and non-combustible insulation, combustible roofing material, and vapor barrier.

*Keywords:* flammability, flash point, model tests, extruded polystyrene, profiled sheet, material damage, fire danger.

(The date of submitting: March 29, 2024)

### REFERENCES

1. Guyumdzhyan P.P., Kokanin S.V., Piskunov A.A. O pozharoopasnosti polistirol'nykh penoplastov stroitel'nogo naznacheniya [About fire danger of styrene polyfoams of building appointment]. *Fire and Explosion Safety*, 2011. Vol. 20, No. 8. Pp. 4–8. (rus). EDN: OFXCMD.
2. Etumyan A.S., Molchadskiy O.I., Konstantinova N.I. Pozharnaya opasnost' teploizolyatsionnykh materialov iz penopolistirola [Fire hazard of heat insulating materials based on cellular polystyrene]. *Fire Safety*, 2006. No. 6. Pp. 66–68. (rus). EDN: KPYGNL.
3. Kodolov V.I. *Goryuchest' i ognestoykost' polimernykh materialov* [Flammability and fire resistance of polymeric materials]. Moscow: Khimiya, 1976. 157 p. (rus)
4. Tugov I.I., Kostyrykina G.I. *Khimiya i fizika polimerov* [Chemistry and physics of polymers]: tutorial for chemical engineering specialties of universities. Moscow: Khimiya, 1989. 430 p. (rus)
5. Nielsen L.E. *Mechanical properties of polymers and composites*: translation from English. Moscow: Khimiya, 1978. 312 p. (rus)
6. Kobelev A.A., Kruglov E.Yu., Aseeva R.M., Serkov B.B., Shutov F.A. Termicheskoe povedenie polimernoy teploizolyatsii ponizhennoy goryuchesti [Thermal behavior of polymer thermal insulation with the reduced combustibility]. *Fire and Explosion Safety*, 2018. Vol. 27, No. 4. Pp. 13–23. (rus). DOI: 10.18322/PVB/2018.27.04.13-23. EDN: OVBTQD.

## ВЛИЯНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ ПЕНООБРАЗОВАТЕЛЯ НА СМАЧИВАЮЩУЮ СПОСОБНОСТЬ И КРАТНОСТЬ ПЕНЫ ПРИ ДОЗИРОВАНИИ В АВТОМАТИЧЕСКИХ СПРИНКЛЕРНЫХ УСТАНОВКАХ ПОЖАРОТУШЕНИЯ

Лихоманов А.О., Навроцкий О.Д., Жуковский С.А., Камлюк А.Н.

*Цель.* Определить зависимость смачивающей способности и кратности пены от концентрации пенообразователя (смачивателя) для тушения пожаров, а также установить концентрационные пределы пенообразователя, при которых огнетушащий раствор соответствует требованиям технических нормативных правовых актов и технической документации производителя по кратности пены и показателю смачивающей способности. На примере модельного помещения выполнить гидравлический расчет автоматической спринклерной установки пожаротушения и проанализировать возможность поддержания необходимой концентрации пенообразователя дозирующим устройством напорного типа с шайбой.

*Методы.* Общая методология работы предусматривала использование теоретических (анализ, синтез, сравнение) и экспериментальных методов исследования. Смачивающая способность пенообразующего раствора и кратность генерируемой пены определялись экспериментально с использованием метода испытаний, описанного в СТБ 2459-2016. Обработка экспериментальных данных выполнена с использованием статического регрессионного анализа, а также с установлением неопределенности измерений.

*Результаты.* По результатам экспериментальных исследований установлено, что концентрация пенообразователей (смачивателей) ОПС-0,4 более 0,67 % и СП-01 более 0,77 % в растворе может привести к повышению кратности пены, образующейся на выходе из оросителей автоматической спринклерной установки пожаротушения (УП), более 5 и, соответственно, ухудшению эффективности работы установки при тушении пожара. По этой причине в спринклерных УП дозирующее устройство должно обеспечивать некоторый минимальный (работа одного диктующего оросителя) и максимальный расход пенообразователя для поддержания достаточной для эффективного тушения концентрации. На примере модельного помещения размером 12,5×7,7 м показано, что при использовании дозирующего устройства напорного типа с шайбой, имеющей фиксированный диаметр отверстия для ввода пенообразователя в подводящий трубопровод УП, превышение рекомендуемой производителями концентрации пенообразователя марки СП-01 более чем в 7,7 раза происходит при вскрытии трех из двадцати четырех оросителей потолочной секции УП. На основании этого необходимо сделать вывод, что при проектировании спринклерных УП следует проводить детальный расчет дозирования пенообразователя при последовательном срабатывании оросителей в секции либо применять дозирующие устройства, способные в автоматическом режиме регулировать дозирование в зависимости от расхода воды в подводящем трубопроводе.

*Область применения исследований.* Проектирование автоматических установок пожаротушения с применением спринклерных оросителей.

*Ключевые слова:* пенообразователь, смачиватель, смачивающая способность, кратность пены, автоматическая установка пожаротушения, спринклер.

(Поступила в редакцию 12 апреля 2024 г.)

### Введение

Для противопожарной защиты производственных помещений, жилых, общественных и административных зданий применяют автоматические установки пожаротушения (далее – УП), наиболее распространенными среди которых являются УП водой и водой со смачивателем [1]. В качестве смачивателей могут использоваться пенообразователи типа S или WA

по СТБ 2459-2016<sup>1</sup>. Добавление пенообразователя к воде увеличивает ее огнетушащую способность и поэтому в соответствии с СН 2.02.03-2019<sup>2</sup> интенсивность орошения принимают в 1,5 раза меньше, чем для водяных, что позволяет сэкономить на насосном оборудовании и трубопроводной арматуре [2–6].

Для эффективного использования пенообразователей необходимо обеспечить их смешивание с водой в концентрации<sup>3</sup>, установленной в технической документации завода-производителя, с помощью специальных дозаторов. Дозаторы могут иметь различную конструкцию – от самой простой в виде шайбы с отверстием (дозирующая или дроссельная шайба) до сложных систем в виде дозаторов с балансировкой давления и баков дозаторов [2].

Основное техническое требование к дозаторам – обеспечение точного дозирования пенообразователя во всех режимах работы УП. И именно необходимость выполнения данного требования является причиной разработки и использования сложных и дорогостоящих дозаторов. В то же время для снижения стоимости УП на практике часто используются простые и дешевые, но менее точные дозаторы в виде дозирующих шайб с отверстием определенного диаметра, подобранных на основании теоретического расчета, и насосных агрегатов с заданными значениями давления и расхода, подающих пенообразователь через отверстие в дозирующей шайбе.

Использование дозирующих шайб целесообразно в УП с постоянным расходом воды, например в дренчерных системах. В то же время в спринклерных УП расход воды при тушении изменяется, и использование такого способа дозирования пенообразователя имеет существенный недостаток: дозирующая шайба не позволяет поддерживать постоянную рабочую концентрацию раствора в диапазоне изменения расхода для секции УП, состоящей из множества оросителей при их последовательном вскрытии по мере развития пожара.

Отклонение от рекомендуемой производителем концентрации пенообразователя в растворе может привести к изменению эффективности работы спринклерной УП при тушении пожара. Здесь целесообразно рассмотреть два варианта отклонения концентрации: первый в сторону уменьшения реальной концентрации пенообразователя в растворе от установленной производителем, второй – в сторону увеличения. В первом случае логично предположить, что при уменьшении концентрации пенообразователя в растворе смачивающая способность будет снижаться и огнетушащая эффективность тоже будет снижаться. Во втором случае, при значительном повышении концентрации пенообразователя в растворе, на розетке спринклера будет образовываться плотная пена, которая распыляется значительно хуже водного раствора, что может привести к уменьшению реальной площади орошения по отношению к расчетной [7]. Здесь также следует отметить, что увеличение кратности пены выше допустимой (для пенообразователей общего назначения, используемых в качестве смачивателей, кратность должна быть, как правило, не более 5) приводит к уменьшению растекаемости раствора по поверхности твердых горючих материалов, ухудшает его способность проникать в структуру материалов, что в совокупности может привести к снижению эффективности тушения пожара с помощью УП [7; 8].

В связи с изложенным целью наших исследований было экспериментально установить концентрационные пределы (минимальную и максимальную концентрацию) пенообразователя (смачивателя) типа WA, при которых он соответствует требованиям СТБ 2459-2016 и технической документации производителя по кратности пены и показателю смачивающей способности. Кроме того, на примере модельного помещения выполнить гидравлический расчет автоматической спринклерной УП и проанализировать возможность поддержания необходимой концентрации пенообразователя дозирующим устройством напорного типа с шайбой.

<sup>1</sup> Вещества огнетушащие. Пенообразователи для тушения пожаров. Общие технические требования. Методы испытаний: СТБ 2459-2016. – Взамен СТБ ГОСТ Р 50588-99; введ. 12.08.16. – Минск, Госстандарт, 2016. – 50 с.

<sup>2</sup> Строительные нормы Республики Беларусь. Пожарная автоматика зданий и сооружений СН 2.02.03-2019. – Введ. 29.11.19 (с отменой на территории Беларуси ТКП 45-2.02-317-2018 (33020)). – Минск, 2019. – 104 с.

<sup>3</sup> В данной работе рассматривается объемная концентрация в растворе.

## Основная часть

**Определение смачивающей способности.** Показатель смачивающей способности рабочего раствора пенообразователя определялся по методике, изложенной в СТБ 2459-2016, суть которой заключается в определении времени смачивания образца материала при его погружении в испытуемый раствор аналогично методу, описанному в SN NS-EN 1772<sup>4</sup>. Данная методика была использована нами для определения зависимости показателя смачивающей способности от концентрации пенообразователей ОПС-0,4 и СП-01 в огнетушащем растворе.

Для проведения исследований использовались аппаратура, материалы, растворы и посуда, характеристики которых соответствуют СТБ 2459-2016. Перед проведением эксперимента были подготовлены образцы круглой формы из неотбеленной хлопковой ткани диаметром  $(30 \pm 1)$  мм, выдержанные при относительной влажности воздуха около 65 % в течение 3 суток. При температуре воды  $(28 \pm 2)$  °С были приготовлены экспериментальные образцы растворов с концентрацией пенообразователя ОПС-0,4 в растворе 1,6; 0,8; 0,4; 0,2; 0,1; 0,05; 0,025 % и концентрацией пенообразователя СП-01 – 0,4; 0,2; 0,1; 0,05; 0,025 % (согласно паспорту производителя рабочая концентрация пенообразователя ОПС-0,4 находится в диапазоне от 0,4 до 1,0 %, а пенообразователя СП-01 – от 0,1 до 1,0 %). Далее экспериментальные образцы охлаждались и при достижении температуры раствора  $(20 \pm 1)$  °С проводились испытания. Образец из хлопчатобумажной ткани, помещенный в зажимное приспособление, вертикально погружался в стакан вместимостью 1000 мл и диаметром дна 95 мм, в который предварительно заливался раствор пенообразователя в количестве 700 мл. Одновременно измерялось время с момента погружения образца ткани до момента, когда образец свободно начинал тонуть (рис. 1). Полученное время принималось за показатель смачивающей способности. За результат испытания принималось среднеарифметическое значение десяти параллельных определений показателя смачивающей способности для одной концентрации. Минимально допустимая концентрация пенообразователя в растворе должна быть не менее концентрации, при которой значение показателя смачивающей способности составляет  $45 \text{ с}^5$ .

В результате проведения экспериментов получены зависимости показателя смачивающей способности от концентрации растворов пенообразователя, которые представлены на рисунке 2. На данном рисунке указано значение коэффициента детерминации  $R^2$ , характеризующего точность описания рассматриваемой зависимости подобранным уравнением регрессии.

Из рисунка 2 видно, что показатель смачивающей способности (время смачивания образца) уменьшается с увеличением концентрации пенообразователя в растворе (т.е. смачивающая способность повышается). Уравнения регрессии, описывающие зависимость показателя смачивающей способности  $\tau$  от концентрации пенообразователя  $C$  (рис. 2а и 2б), имеют следующий вид [9]:

$$\tau = 1,31C^{-1,23} \text{ для ОПС-0,4;} \quad (1)$$

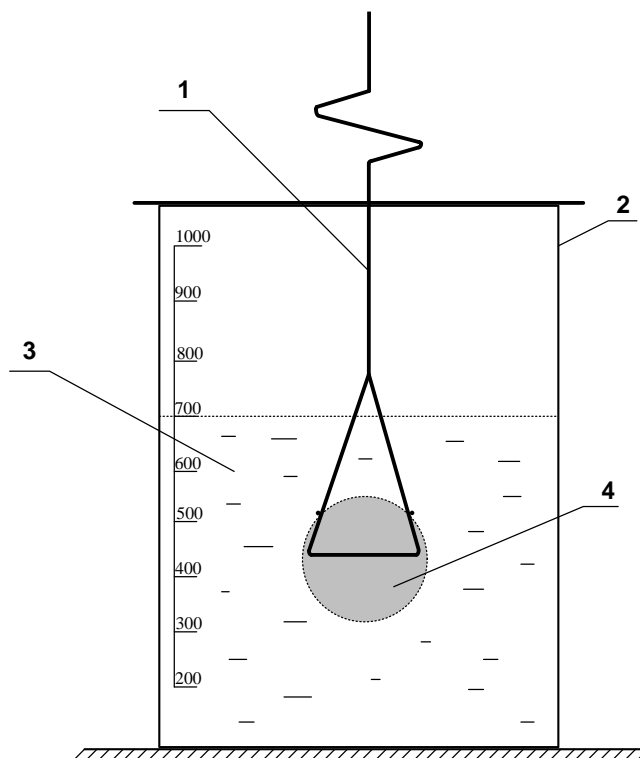
$$\tau = 0,65C^{-1,33} \text{ для СП-01.} \quad (2)$$

С учетом представленных выше выражений (1) и (2) минимальная концентрация пенообразователей ОПС-0,4 и СП-01 составляет  $\approx 0,06$  и  $\approx 0,05$  % соответственно. При этом при концентрации пенообразователя  $\approx 0,2$  (для ОПС-0,4) и  $\approx 0,1$  % (для СП-01) и более показатель смачивающей способности перестает существенно изменяться, т.е. дальнейшее повышение концентрации пенообразователя не увеличивает смачивающую способность раствора [9].

<sup>4</sup> SN NS-EN 1772:2000 Surface active agents – Determination of wetting power by immersion (ISO 8022:1990 modified) [Electronic resource]. – Mode of access: <https://docs.cntd.ru/document/431948578>. – Date of access: 20.04.2024.

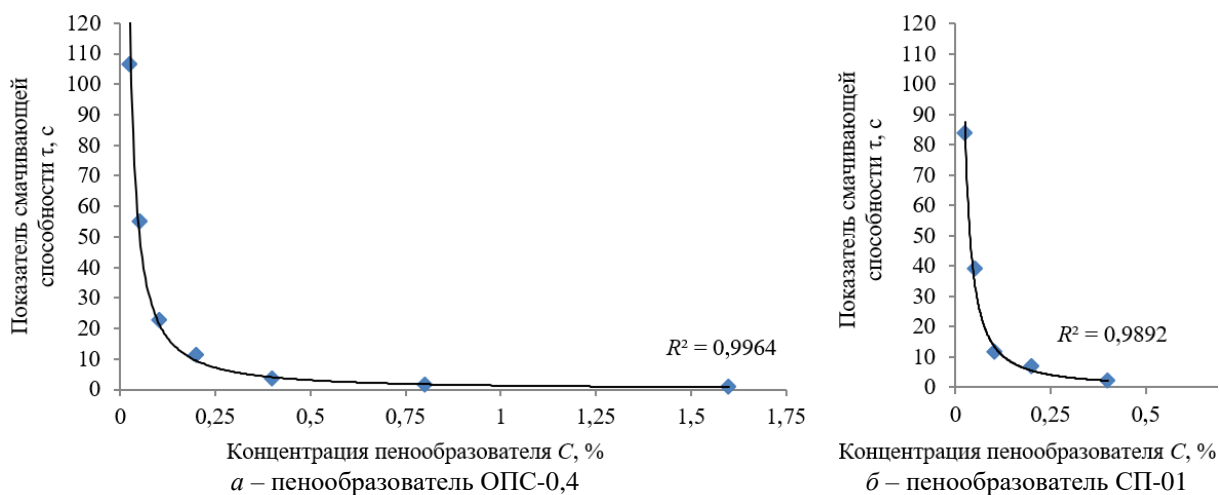
<sup>5</sup> См. сноску 1.





1 – зажимное приспособление для погружения образца из хлопковой ткани в раствор пенообразователя;  
 2 – стакан стеклянный цилиндрической формы; 3 – раствор пенообразователя;  
 4 – образец из хлопковой ткани круглой формы

**Рисунок 1. – Принципиальная схема для проведения эксперимента по определению смачивающей способности пенообразователя**

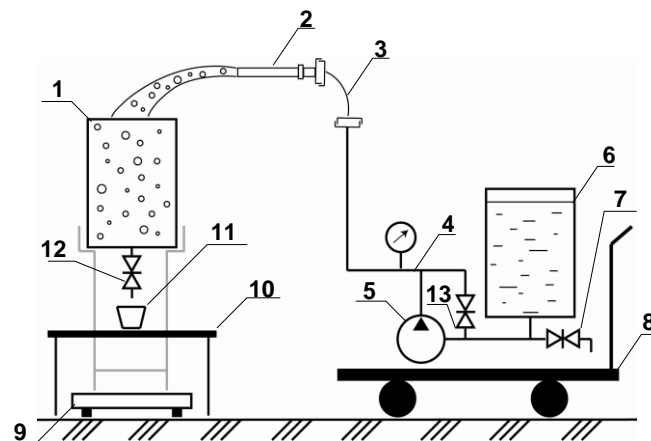


**Рисунок 2. – Зависимость показателя смачивающей способности от концентрации пенообразователя в растворе**

**Определение кратности пены.** Для проведения эксперимента по определению кратности применялась установка (рис. 3) и методика в соответствии с СТБ 2459-2016<sup>6</sup>.

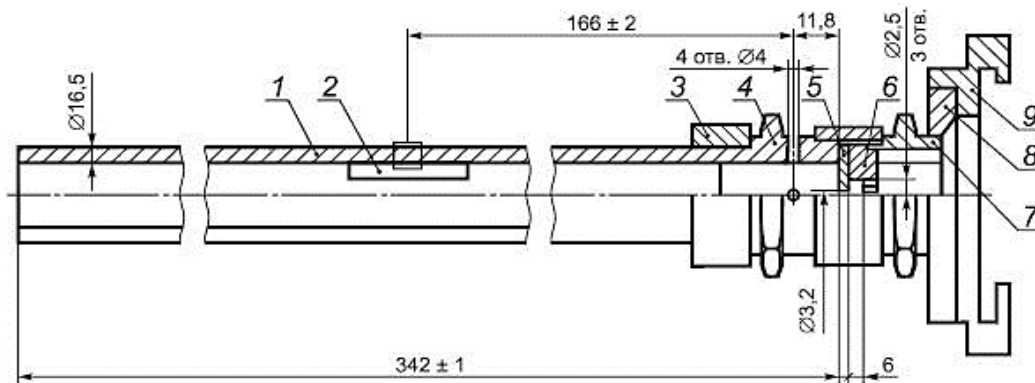
При проведении эксперимента применялся пожарный ствол для получения пены низкой кратности с распылителем (рис. 4) в соответствии с СТБ 2459-2016, позволяющий обеспечить объемный расход пенообразующего раствора  $0,166 \pm 0,001$  дм<sup>3</sup>/с при давлении во входном сечении ствола  $0,58 \pm 0,02$  МПа.

<sup>6</sup> См. сноску 1.



1 – емкость с подставкой для сбора пены; 2 – ствол низкой кратности; 3 – напорный рукав; 4 – патрубок с манометром; 5 – насос; 6 – емкость с рабочим раствором пенообразователя; 7, 12, 13 – запорный вентиль; 8 – каркас установки; 9 – весы; 10 – подставка для емкости; 11 – емкость для сбора раствора

Рисунок 3. – Схема установки для определения кратности пены



1 – труба; 2 – успокоитель; 3 – муфта; 4, 7 – штуцер; 5 – распылитель; 6 – смеситель; 8 – переходник; 9 – соединительная муфтовая головка

Рисунок 4. – Пожарный ствол пены низкой кратности<sup>7</sup>

Эксперименты проводились с использованием пенообразователей ОПС-0,4 и СП-01. Экспериментальные образцы растворов приготавливались при температуре  $20 \pm 2$  °С с концентрацией пенообразователя 0,10; 0,19; 0,38; 0,75 и 1,50 (согласно паспорту производителя рабочая концентрация пенообразователя ОПС-0,4 находится в диапазоне от 0,4 до 1,0 %, а пенообразователя СП-01 – от 0,1 до 1,0 %). Для получения пены низкой кратности рабочий раствор пенообразователя подавался на пожарный ствол под давлением  $0,60 \pm 0,01$  МПа (определялось по манометру 4, рис. 3). После получения устойчивой струи пены емкость для сбора пены наполнялась равномерным слоем в течение  $25 \pm 5$  с. Затем измерялась масса и объем полученной пены низкой кратности в емкости для сбора пены. Кратность пены вычислялась по формуле:

$$K = \frac{V_n}{V_p} = \frac{V_n \rho_p}{m_p},$$

где  $V_n$  – объем пены,  $\text{дм}^3$ ;

$V_p$  – объем раствора пенообразователя,  $\text{дм}^3$ ;

$\rho_p$  – плотность раствора пенообразователя,  $\text{кг}/\text{дм}^3$  (для пенообразователя плотность раствора принималась  $1 \text{ кг}/\text{дм}^3$ );

$m_p$  – масса раствора пенообразователя, кг.

За результат испытания принималось среднее арифметическое значение трех измерений кратности пены для одной концентрации пенообразователя.

<sup>7</sup> См. сноску 1.

В результате проведения экспериментов получены зависимости кратности пены от концентрации пенообразователя в рабочем растворе, приготовленном с использованием пенообразователей ОПС-0,4 и СП-01, графики которых представлены на рисунках 5а и 5б соответственно. На данных рисунках указано значение коэффициента детерминации  $R^2$ , характеризующего точность описания рассматриваемой зависимости подобранным уравнением регрессии.

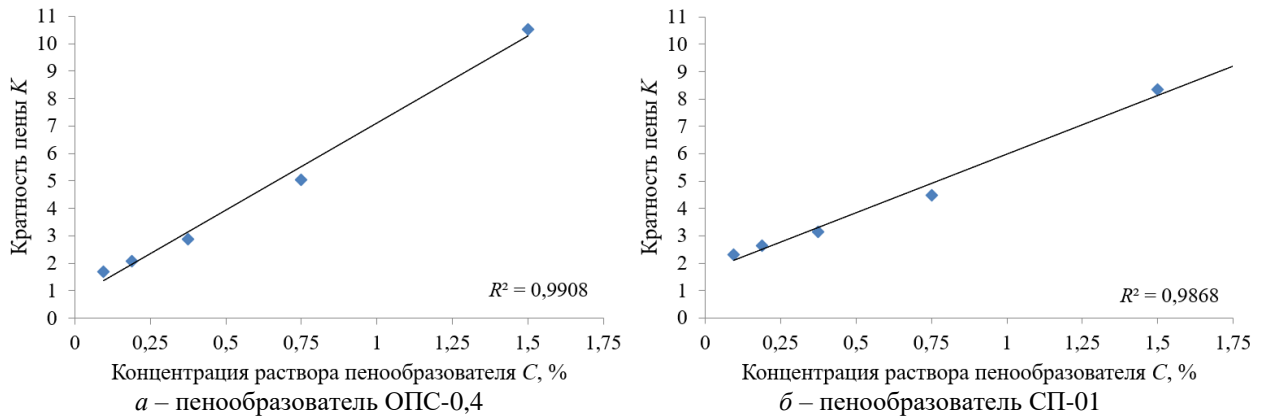


Рисунок 5. – Зависимость кратности пены от концентрации пенообразователя

Из рисунка 5 видно, что кратность увеличивается с ростом концентрации пенообразователя. Уравнения регрессии, описывающие зависимость кратности пены  $K$  от концентрации раствора пенообразователя  $C$  (рис. 5а и 5б) в рассматриваемом диапазоне изменения значений (от 0,1 до 1,5 %), имеют следующий вид:

$$K = 6,34C + 0,76 \text{ для ОПС-0,4;} \quad (3)$$

$$K = 4,29C + 1,69 \text{ для СП-01.} \quad (4)$$

С помощью выражений (3) и (4) можно определить предельную концентрацию пенообразователя, при которой кратность пены не превысит 5. Так, предельная концентрация для ОПС-0,4 составляет 0,67 %, а для СП-01 – 0,77 %.

Таким образом, при проектировании спринклерных УП с применением дозаторов напорного типа с шайбами для ввода пенообразователя в поток воды следует учитывать наличие предельной концентрации пенообразователя в растворе, при превышении которой может происходить повышение кратности пены выше нормы, а также существенный перерасход дорогостоящего пенообразователя. В результате может быть снижена эффективность работы спринклерной УП по сравнению с заложенными параметрами при проектировании, а также повышены расходы ввиду дополнительных трат на поддержание системы в работоспособном состоянии (перерасход пенообразователя приведет к дополнительным затратам на восстановление необходимого запаса огнетушащего вещества).

**Пример расчета автоматической спринклерной УП и системы дозирования.** Для наглядного примера приведем гидравлический расчет спринклерной УП и расчет дозирования пенообразователя в помещении производственно-складского комплекса. Гидравлический расчет УП производился по методике, изложенной в приложении В СН 2.02.03-2019<sup>8</sup>.

По степени опасности развития пожара помещение склада относится к группе помещений б (твердые горючие материалы) согласно таблице А.1<sup>9</sup>. Применяем ороситель спринклерный VK503<sup>10</sup> розеткой вниз с коэффициентом производительности  $K_p = 1,28 \text{ л/(с·МПа}^{0,5})$

<sup>8</sup> См. сноску 2.

<sup>9</sup> См. сноску 2.

<sup>10</sup> VK503 – ESFR Pendent Sprinkler (K17) [Электронный ресурс] / Viking Group Inc. – Режим доступа: <https://www.vikinggroupinc.com/vk503-esfr-pendent-sprinkler-k168>. – Дата доступа: 20.04.2024.

и площадью защищаемой зоны  $S = 9,6 \text{ м}^2$ . В качестве огнетушащего вещества потолочной секции принята вода со смачивателем. Для рассматриваемой группы помещений требуемая интенсивность орошения водой со смачивателем составляет  $I = 0,33 \text{ л/(с} \cdot \text{м}^2)$  (при условии применения воды со смачивателем интенсивность тушения снижается в 1,5 раза<sup>11</sup>). Для обеспечения требуемой интенсивности орошения через диктующий ороситель необходимо предусмотреть давление перед ним  $p_d = 0,145 \text{ МПа}$  (согласно эпюре в эксплуатационной документации на ороситель). Расход раствора пенообразователя на пожаротушение потолочной секции с интенсивностью орошения  $0,33 \text{ л/(с} \cdot \text{м}^2)$  и расчетной площадью  $90 \text{ м}^2$  определяется по фактическому расходу всех спринклеров, находящихся в пределах расчетной площади тушения. В пределах  $90 \text{ м}^2$  располагается 24 оросителя (рис. 6). Расход диктующего оросителя  $Q_d$  (л/с) определялся по формуле:

$$Q_d = 10K_{\text{п}} \sqrt{p_d} \quad (5)$$

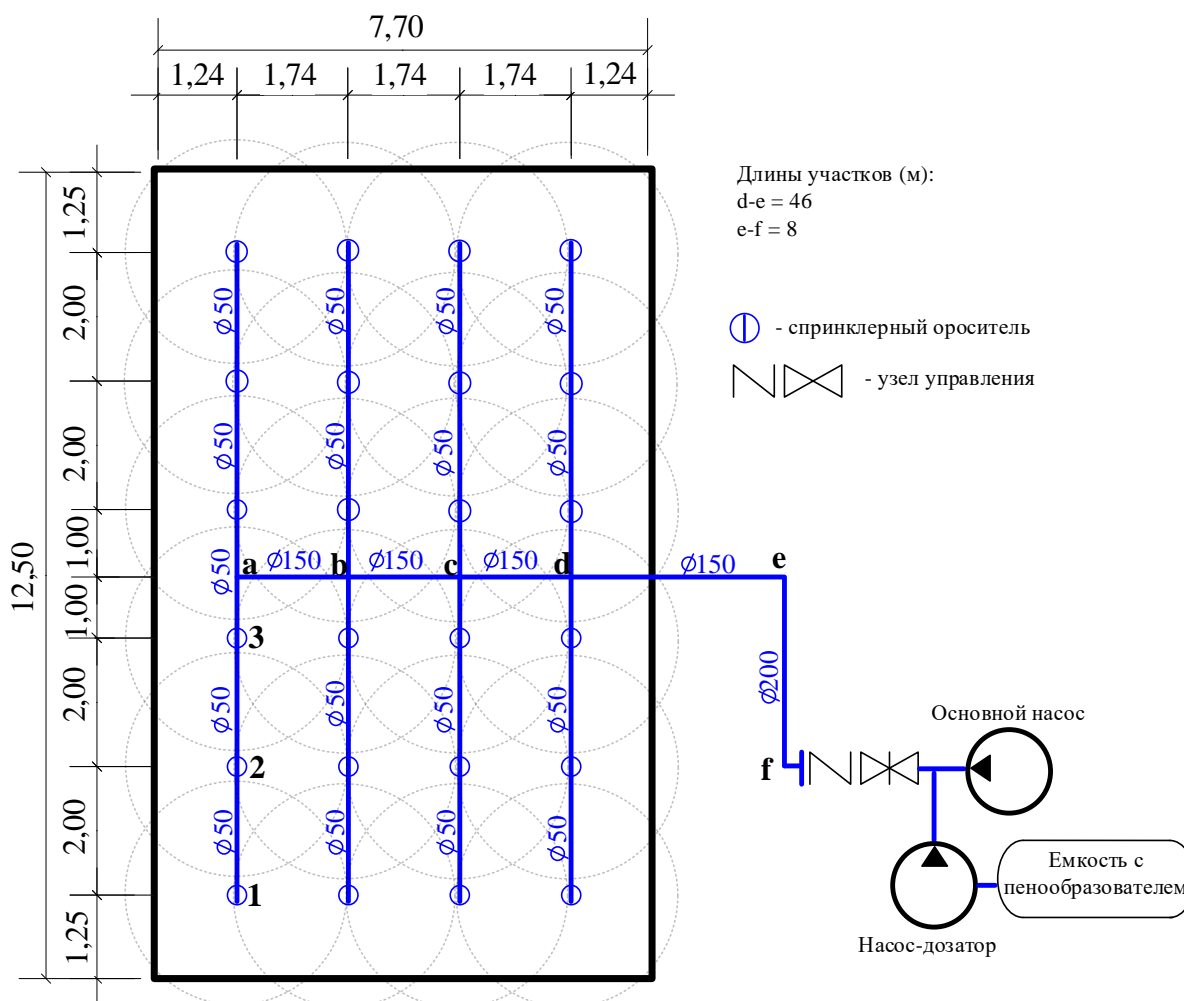


Рисунок 6. – Схема секции автоматической спринклерной УП

Таким образом, расход диктующего оросителя  $Q_d = 4,87 \text{ л/с}$ . Расход раствора пенообразователя из всех спринклерных оросителей на расчетной площади пожара составляет  $Q_{\text{общ}} = 121,12 \text{ л/с}$ . Требуемое давление на насосе составит  $P_n = 0,62 \text{ МПа}$ . В качестве основного подобран насос модели GS2 125-250L-233/B/110, обеспечивающий расход  $121,12 \text{ л/с}$  ( $436 \text{ м}^3/\text{час}$ ) при давлении  $0,62 \text{ МПа}$ .

<sup>11</sup> См. сноску 2.

Для тушения применяется пенообразователь СП-01, для которого рабочая концентрация составляет 0,1 %. Таким образом, для создания рабочей концентрации при работе всех оросителей на расчетной площади необходимо обеспечить расход пенообразователя 0,12 л/с. По данному расходу подобран дозирующий насос и дозирующая шайба в составе дозатора пожарного напорного ДПН «ДЭЗИ-100, 150, 200»<sup>12</sup>:

– дозирующий насос (2/12, 1,1 кВт), обеспечивающий расход 0,12 л/с (0,43 м<sup>3</sup>/час) при давлении 0,9 МПа;

– дозирующая шайба с диаметром отверстия 3 мм.

Фактическая создаваемая дозатором с шайбой концентрация пенообразователя в растворе рассчитывалась по формуле:

$$C = \frac{Q_{\text{по}}}{Q_{\text{в}}} \cdot 100 \%,$$

где  $Q_{\text{по}}$  – расход пенообразователя, л/с;

$Q_{\text{в}}$  – расход воды, л/с.

В таблице 1 приведены расчетные данные при последовательном вскрытии 12 наиболее удаленных от узла управления спринклерной УП оросителей.

**Таблица 1. – Расчетные данные при последовательном вскрытии 12 наиболее удаленных от узла управления УП оросителей**

Кол-во вскрытых оросителей	Расход воды, л/с	Расход пенообразователя, л/с	Давление основного насоса, МПа	Давление дозирующего насоса, МПа	Перепад давления, МПа	Фактическая концентрация пенообразователя, %	Превышение рабочей концентрации (во сколько раз)	Кратность пены по формуле (4)
1	4,87	0,12	0,68	0,9	0,22	2,46	24,6	<b>12,25</b>
2	9,82		0,68	0,9	0,22	1,22	12,2	<b>6,93</b>
3	15,05		0,68	0,9	0,22	0,80	8,0	<b>5,12</b>
4	20,28		0,68	0,9	0,22	0,59	5,9	4,22
5	25,23		0,68	0,9	0,22	0,48	4,8	3,75
6	30,10		0,68	0,9	0,22	0,40	4,0	3,41
7	34,97		0,68	0,9	0,22	0,34	3,4	3,15
8	39,92		0,68	0,9	0,22	0,31	3,1	3,02
9	45,15		0,68	0,9	0,22	0,27	2,7	2,85
10	50,38		0,67	0,9	0,23	0,24	2,4	2,72
11	55,33		0,67	0,9	0,23	0,22	2,2	2,64
12	60,20		0,67	0,9	0,23	0,20	2,0	2,55

### Заключение

В рамках настоящей работы определена зависимость смачивающей способности и кратности пены от концентрации пенообразователя. Экспериментально установлены минимальные и максимальные концентрационные пределы для пенообразователей ОПС-0,4 и СП-01, при которых их рабочие растворы соответствуют требованиям СТБ 2459-2016 и технической документации производителя по кратности пены и показателю смачивающей способности. Так, минимальная концентрация пенообразователей ОПС-0,4 и СП-01 составляет 0,06 и 0,05 % соответственно, а при достижении концентрации пенообразователя  $\approx 0,2$  и  $\approx 0,1$  % показатель смачивающей способности перестает существенно изменяться, т.е. дальнейшее повышение концентрации пенообразователя не увеличивает смачивающую способность раствора. В свою очередь, максимальная концентрация ОПС-0,4 составляет 0,67 %, а СП-01 – 0,77 %. При превышении указанных концентраций кратность генерируемой пены

<sup>12</sup> Дозатор пожарный напорный ДПН «ДЭЗИ-100, 150, 200» [Электронный ресурс] / ООО «Трест безопасности». – Режим доступа: <https://trest21vek.by/dozator-pozharnyj>. – Дата доступа: 20.04.2024.

превысит значение 5, что может привести к уменьшению растекаемости раствора по поверхности твердых горючих материалов, ухудшить его способность проникать в структуру материалов, что в совокупности может привести к снижению эффективности тушения пожара с помощью УП.

На примере расчета системы дозирования пенообразователя СП-01 в помещении производственно-складского комплекса установлено, что при использовании дозирующего устройства напорного типа с шайбой, имеющей фиксированный диаметр отверстия для ввода пенообразователя в подводящий трубопровод УП, превышение рекомендуемой производителями концентрации более чем в 7,7 раза происходит при вскрытии от одного до трех из двадцати четырех оросителей потолочной секции и, соответственно, на начальной стадии пожара может привести к снижению эффективности тушения пожара с помощью УП.

На основании сказанного необходимо сделать вывод, что при проектировании спринклерных УП необходимо проводить детальный расчет дозирования пенообразователя при последовательном срабатывании оросителей в секции либо применять дозирующие устройства, способные в автоматическом режиме регулировать дозирование в зависимости от расхода воды в подводящем трубопроводе.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Ahrens, M. U.S. Experience with sprinklers / M. Ahrens. – Quincy: NFPA Research, 2017. – 35 p.
2. Шароварников, А.Ф. Пенообразователи и пены для тушения пожаров. Состав, свойства, применение / А.Ф. Шароварников, С.А. Шароварников. – М.: Пожнаука, 2005. – 335 с. – EDN: UWCCSP.
3. Холмберг, К. Поверхностно-активные вещества и полимеры в водных растворах / К. Холмберг [и др.]; пер. с англ. – М.: Бином. Лаб. знаний, 2013. – 528 с. – ISBN 978-5-94774-363-0. – EDN: QKBQZV.
4. Корольченко, Д.А. Тушение пламени гидрофобных материалов водными растворами смачивателей / Д.А. Корольченко, А.Ф. Шароварников // Пожаровзрывобезопасность. – 2015. – Т. 24, № 3. – С. 61–68. – EDN: TUBQAX.
5. Воевода, С.С. Закономерности смачивания горючих материалов водой и водными растворами смачивателей / С.С. Воевода [и др.] // Пожаровзрывобезопасность. – 2011. – Т. 20, № 5. – С. 36–40. – EDN: NWHDLN.
6. Воевода, С.С. Тушение пожаров твердых дисперсных материалов путем их пропитки водой со смачивателем / С.С. Воевода, С.А. Макаров, А.Ф. Шароварников // Пожаровзрывобезопасность. – 2005. – Т. 14, № 3. – С. 78–80. – EDN: KPTXQB.
7. Камлюк, А.Н. Пенные оросители для автоматических установок пожаротушения: монография / А.Н. Камлюк, А.О. Лихоманов, А.В. Грачулин. – Минск: УГЗ, 2023. – 244 с.
8. Лихоманов, А.О. Экспериментальное определение эффективности тушения пожара класса В пеной низкой кратности, генерируемой розеточными оросителями / А.О. Лихоманов, А.Н. Камлюк, А.В. Грачулин // Вестник Университета гражданской защиты МЧС Беларуси. – 2020. – Т. 4, № 3. – С. 251–264. – DOI: 10.33408/2519-237X.2020.4-3.251. – EDN: EPIYWF.
9. Лихоманов, А.О. Влияние объемной концентрации пенообразователя в растворе на показатель смачивающей способности / А.О. Лихоманов, С.А. Жуковский // Проблемы обеспечения безопасности людей при пожаре и взрыве: материалы X Междунар. заоч. науч.-практ. конф., Минск, 22 дек. 2023 г. – Минск: УГЗ, 2024. – С. 161–165.

**Влияние концентрации пенообразователя на смачивающую способность и кратность пены при дозировании в автоматических спринклерных установках пожаротушения**

**The influence of foaming agent concentration on the wetting ability and foam expansion rate when dosing in automatic sprinkler systems**

**Лихоманов Алексей Олегович**

кандидат технических наук, доцент  
Государственное учреждение образования  
«Университет гражданской защиты  
Министерства по чрезвычайным ситуациям  
Республики Беларусь», кафедра  
автоматических систем безопасности, доцент  
Адрес: ул. Машиностроителей, 25,  
220118, г. Минск, Беларусь  
Email: alexlikh20@gmail.com  
SPIN-код: 1837-8150

**Aleksey O. Likhomanov**

PhD in Technical Sciences, Associate Professor  
State Educational Establishment «University  
of Civil Protection of the Ministry for Emergency  
Situations of the Republic of Belarus»,  
Chair of Automatic System Security,  
Associate Professor  
Address: Mashinostroiteley str., 25,  
220118, Minsk, Belarus  
Email: alexlikh20@gmail.com  
ORCID: 0000-0002-9374-1486  
ScopusID: 57210911673

**Навроцкий Олег Дмитриевич**

кандидат технических наук, доцент  
Государственное учреждение образования  
«Университет гражданской защиты  
Министерства по чрезвычайным ситуациям  
Республики Беларусь», кафедра  
автоматических систем безопасности, доцент  
Адрес: ул. Машиностроителей, 25,  
220118, г. Минск, Беларусь  
Email: oleg.navrotsky@gmail.com  
SPIN-код: 4031-1141

**Oleg D. Navrotskiy**

PhD in Technical Sciences, Associate Professor  
State Educational Establishment «University  
of Civil Protection of the Ministry for Emergency  
Situations of the Republic of Belarus»,  
Chair of Automatic Safety Systems,  
Associate Professor  
Address: Mashinostroiteley str., 25,  
220118, Minsk, Belarus  
Email: oleg.navrotsky@gmail.com  
ORCID: 0000-0002-4137-2519

**Жуковский Сергей Александрович**

Государственное учреждение образования  
«Университет гражданской защиты  
Министерства по чрезвычайным ситуациям  
Республики Беларусь», факультет  
подготовки руководящих кадров, магистрант  
Адрес: ул. Машиностроителей, 25,  
220118, г. Минск, Беларусь  
Email: sergei.zhukovski@gmail.com

**Sergey A. Zhukovskiy**

State Educational Establishment «University  
of Civil Protection of the Ministry for Emergency  
Situations of the Republic of Belarus»,  
Administration Training Faculty,  
graduate student  
Address: Mashinostroiteley str., 25,  
220118, Minsk, Belarus  
Email: sergei.zhukovski@gmail.com  
ORCID: 0009-0008-0489-0019

**Камлюк Андрей Николаевич**

кандидат физико-математических наук,  
доцент  
Государственное учреждение образования  
«Университет гражданской защиты  
Министерства по чрезвычайным ситуациям  
Республики Беларусь», заместитель  
начальника университета по научной  
и инновационной деятельности  
Адрес: ул. Машиностроителей, 25,  
220118, г. Минск, Беларусь  
Email: kan@ucp.by  
SPIN-код: 8858-0296

**Andrey N. Kamlyuk**

PhD in Physics and Mathematics Sciences,  
Associate Professor  
State Educational Establishment «University  
of Civil Protection of the Ministry for Emergency  
Situations of the Republic of Belarus»,  
Deputy Chief of the University  
on Scientific and Innovative Activity  
Address: Mashinostroiteley str., 25,  
220118, Minsk, Belarus  
Email: kan@ucp.by  
ORCID: 0000-0002-9347-0778  
ScopusID: 57218325403

## THE INFLUENCE OF FOAMING AGENT CONCENTRATION ON THE WETTING ABILITY AND FOAM EXPANSION RATE WHEN DOSING IN AUTOMATIC SPRINKLER SYSTEMS

Likhomanov A.O., Navrotskiy O.D., Zhukovskiy S.A., Kamlyuk A.N.

*Purpose.* To determine the dependence of the wetting ability and expansion ratio of foam on the concentration of the foaming agent (wetting agent) for extinguishing fires, and also establish the concentration limits of the foaming agent at which the fire extinguishing solution meets the requirements of technical regulations and technical documentation of the manufacturer for the expansion ratio of foam and the wetting ability indicator. Using the example of a model room, to perform a hydraulic calculation of an automatic fire extinguishing sprinkler installation and analyze the possibility of maintaining the required concentration of foam concentrate using a pressure-type dosing device with a washer.

*Methods.* The general methodology of the work included the theoretical (analysis, synthesis, comparison) and experimental research methods. Wetting ability of the foaming solution and the expansion rate of generated foam were determined experimentally using the test method described in STB 2459-2016. Processing of experimental data was performed using regression analysis, as well as establishing the uncertainty of measurements.

*Findings.* In the result of experimental studies, it was found that the concentration of foaming agents (wetting agents) OPS-0,4 by more than 0.67 % and SP-01 by more than 0.77 % in the extinguishing solution can lead to an increase in the expansion rate of foam formed at the outlet of the automatic fire sprinkler system by more than 5, and consequently, cause the deterioration of the effectiveness of the fire extinguishing. For this reason, in sprinkler fire extinguishing system (FES), the dosing device must provide a certain minimum (operation of one dictating sprinkler) and maximum flow rate of the foam agent to maintain a concentration sufficient for effective extinguishing. Using the example of a model room measuring 12.5×7.7 m, it is shown that when using a pressure-type dosing device with a washer having a fixed hole diameter for introducing the foam agent into the supply pipeline of the unit, an excess of the concentration of foaming agent SP-01 brand recommended by manufacturers by more than 7.7 times occurs when opening three of the twenty-four sprinklers of the ceiling section of the FES. Based on this, it is necessary to conclude that when designing sprinkler FES, it is necessary to carry out a detailed calculation of the dosing of the foaming agent when the sprinklers are sequentially activated in the section, or to use dosing devices capable of automatically adjusting the dosing depending on the water flow in the supply pipeline.

*Application field of research.* Designing of automatic FES using sprinklers.

*Keywords:* foaming agent, wetting agent, wetting ability, foam expansion rate, automatic fire extinguishing system, sprinkler.

(The date of submitting: April 12, 2024)

### REFERENCES

1. Ahrens M. *U.S. Experience with sprinklers*. Quincy: NFPA Research, 2017. 35 p.
2. Sharovarnikov A.F., Sharovarnikov S.A. *Penoobrazovateli i peny dlya tusheniya pozharov. Sostav, svoystva, primeneniye* [Foam concentrates and fire extinguishing foam, Structure, properties, application]. Moscow: Pozhnauka, 2005. 335 p. (rus). EDN: UWCCSP.
3. Holmberg K., Jönsson B., Kronberg B., Lindman B. *Surfactants and polymers in aqueous solutions: translation from English*. Moscow: BINOM. Laboratoriya znaniy, 2013. 528 p. (rus). ISBN 978-5-94774-363-0. EDN: QKBQZV.
4. Korol'chenko D.A., Sharovarnikov A.F. Tushenie plameni gidrofobnykh materialov vodnymi rastvorami smachivateley [Extinguishing flames of hydrophobic materials by water solutions of wetting agent]. *Fire and Explosion Safety*, 2015. Vol. 24, No. 3. Pp. 61–68. (rus). EDN: TUBQAX.
5. Voevoda S.S., Makarov S.A., Molchanov V.P., Batrikov D.L., Krutov M.A. Zakonomernosti smachivaniya goryuchikh materialov vodoy i vodnymi rastvorami smachivateley [Laws of wetting combustible materials with water and aqueous solutions of wetting agents]. *Fire and Explosion Safety*, 2011. Vol. 20, No. 5. Pp. 36–40. (rus). EDN: NWHDLN.



6. Voevoda S.S., Makarov S.A., Sharovarnikov A.F. Tushenie pozharov tverdykh dispersnykh materialov putem ikh propitki vodoy so smachivatelem [Extinguishing fires of solid dispersed materials by impregnating them with water and a wetting agent]. *Fire and Explosion Safety*, 2005. Vol. 14, No. 3. Pp. 78–80. (rus). EDN: KPTXQB.
7. Kamlyuk A.N., Likhomanov A.O., Grachulin A.V. *Pennye orositeli dlya avtomaticheskikh ustanovok pozharotusheniya* [Foam sprinklers for automatic fire extinguishing installations]: monograph. Minsk: University of Civil Protection, 2023. 244 p. (rus)
8. Likhomanov A.O., Kamlyuk A.N., Grachulin A.V. Eksperimental'noe opredelenie effektivnosti tusheniya pozhara klassa B penoy nizkoy kratnosti, generiruemy rozetochnymi orositelyami [Experimental determination of the Class B fire extinguishing efficiency using low-expansion foam generated by deflector type sprinklers]. *Journal of Civil Protection*, 2020. Vol. 4, No. 3. Pp. 251–264. (rus). DOI: 10.33408/2519-237X.2020.4-3.251. EDN: EPIYWF.
9. Likhomanov A.O., Zhukovskiy S.A. Vliyanie ob'emnoy kontsentratsii penoobrazovatelya v rastvore na pokazatel' smachivayushchey sposobnosti [Effect of volume concentration of foaming agent in solution on the wetting ability index]. *Proc. of X Intern. correspondence scientific-practical conf. «Problemy obespecheniya bezopasnosti lyudey pri pozhare i vzryve»*, Minsk, December 22, 2023. Minsk: University of Civil Protection, 2024. Pp. 161–165. (rus)

## ЭЛЕКТРОННЫЙ ПОМОЩНИК НАЧАЛЬНИКА ШТАБА НА ПОЖАРЕ

Лахвич В.В., Сивуда А.В.

*Цель.* Экспериментальное определение времени, затрачиваемого на сбор информации и последующее принятие решения начальником штаба на пожаре при аудиальном и визуальном получении информации; разработка электронного помощника начальника штаба на пожаре для сбора, обработки, передачи и визуализации данных о пожарных автоцистернах.

*Методы.* Теоретический анализ, моделирование.

*Результаты.* Обоснованы преимущества получения и обработки данных в виде визуализированной графической информации по сравнению с аудиальным получением той же информации о работе подразделений на пожарных автоцистернах при ликвидации чрезвычайных ситуаций. При визуальном получении визуальный сбор информации не только уменьшает время на сбор информации по сравнению с аудиальным (приблизительно в 8 раз), но и позволяет принимать решения на основе собранных данных быстрее (на 27 %). Разработан опытный образец программно-аппаратного модуля для сбора, обработки, передачи и визуализации параметров пожарной автоцистерны, таких как объем воды в цистерне, объем пенообразователя, включение коробки отбора мощности, напряжение питания в бортовой электроцепи автомобиля, геопозиционирование автомобиля.

*Область применения исследований.* Тушение пожаров и ликвидация чрезвычайных ситуаций, на которых сосредоточено значительное количество пожарной техники.

*Ключевые слова:* пожарный аварийно-спасательный автомобиль, автоцистерна, связь.

(Поступила в редакцию 4 января 2024 г.)

### Введение

Крупные пожары, на которых задействовано значительное количество пожарной техники, предъявляют высокие требования к организации штаба тушения такого пожара. Весьма острым вопросом является оперативный сбор и обобщение информации штабом, что непосредственно влияет на время принятия решения руководителем тушения пожара. Особенно ценным становится временной фактор, если такое решение связано (или может быть связано) с действиями, предполагающими большие временные и ресурсные затраты (перегруппировка технических средств, смена позиций ствольщиков и т.п.).

На сегодня в странах ЕАЭС отсутствуют разработки в области телеметрии данных о пожарной аварийно-спасательной технике.

При быстро меняющейся обстановке на пожаре информация носит оперативный характер и используется для принятия решений и выработки управляющих действий, в то же время при задержках при приеме-передаче сообщений она довольно быстро способна устаревать. В результате управление может оказаться неэффективным. Для устранения этого руководитель (оператор) должен экстраполировать полученную информацию на некоторое время вперед, т.е. осуществлять прогнозирование изменения информации во времени. От точности прогноза будет зависеть эффективность управления [1; 2].

Особенно остро информация устаревает на пожарах и чрезвычайных ситуациях, где задействовано более 10 отделений на основной и специальной пожарной аварийно-спасательной технике. И одной из главных причин этого является симплексность голосовой УКВ-радиосвязи, используемой в органах и подразделениях по чрезвычайным ситуациям. Если руководитель тушения пожара начинает собирать информацию с использованием голосовой

УКВ-радиосвязи, все участники тушения пожара в это время ограничены в использовании способов обмена информацией.

С целью оценки времени, затраченного на сбор и получение оперативной информации на пожаре, был проведен анализ записей переговоров по голосовой УКВ-радиосвязи с пожарами, произошедших в Брестской области в 2023 г., для тушения которых привлекалось наибольшее количество пожарных автоцистерн. Оценивалось количество выходов в радиоэфир с запросом информации о каком-либо параметре пожарной автоцистерны, а также время выходов в эфир. В подсчете времени учитывались ответы абонентов о принятии информации. Результаты анализа приведены в таблице 1.

**Таблица 1. – Результаты анализа времени, затраченного на сбор и получение оперативной информации о работе пожарной автоцистерны**

Дата и место пожара	Количество автоцистерн	Количество выходов в эфир	Суммарное эфирное время, с
23.10.2023, Брест	13	101	1525
15.08.2023, Пинск	12	87	1234
11.09.2023, Ганцевичский р-н	8	63	921

В целях сокращения эфирного времени, затрачиваемого на сбор, обработку и передачу оперативной информации, предлагается использовать визуальный способ передачи информации.

Действительная разница между аудиальным и визуальным получением информации руководителем тушения пожара была определена экспериментально. В проведении экспериментов приняли участие 11 работников органов и подразделений по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь, проходящих службу в должностях старшего начальствующего состава оперативно-тактического блока (начальники дежурных смен, начальники ПАСЧ, работники ШЛЧС).

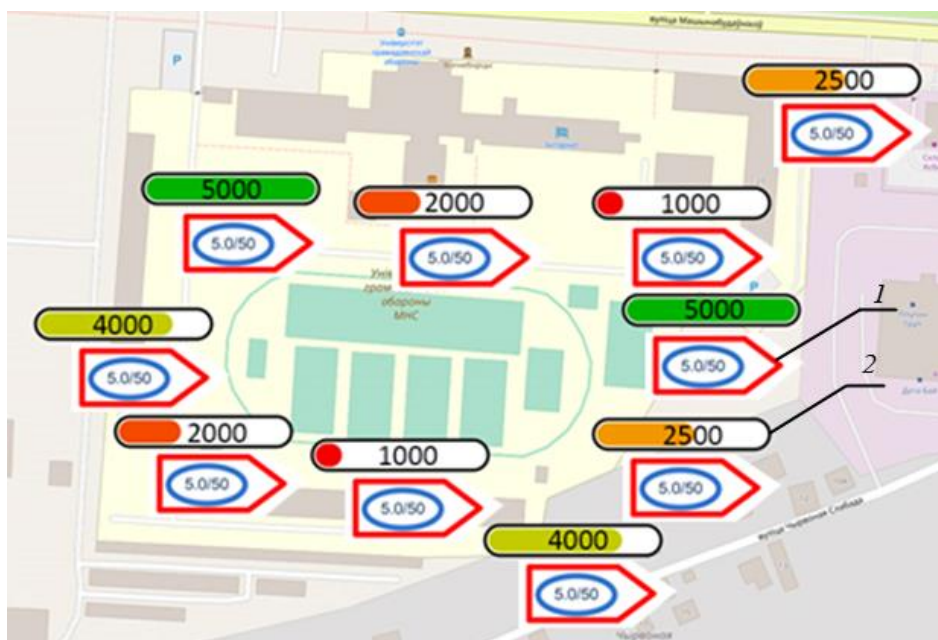
Критерием принятия решения испытуемыми в обоих этапах являлся расчет возможного объема получения воздушно-механической пены средней кратности исходя из суммарного количества воды в автоцистернах.

На первом этапе эксперимента испытуемому нужно было с использованием голосовой радиосвязи собрать информацию от работающих на условном пожаре 10 автоцистерн о количестве воды в каждой цистерне для принятия решения. Испытуемый в боевой одежде и снаряжении располагался на улице за штабным столом и последовательно вызывал с использованием УКВ-радиосвязи «водителей», которые сообщали ему количество воды в «закрепленной» за ними автоцистерне. «Водители» находились в учебном классе. После сбора данных и принятия решения испытуемый менялся с «водителем». Количество воды в цистерне для каждого «водителя» менялось для каждого испытуемого и было написано на перевернутом листе бумаги, который лежал на столе перед каждым «водителем». «Водителю» переворачивать лист разрешалось только после того, как испытуемый запрашивал у него информацию. Определение времени начала сбора информации начиналось в момент выхода испытуемого в эфир и заканчивалось с окончанием сообщения в эфире от последнего «водителя». Этот же момент принимался за начало принятия решения; концом принятия решения являлось произнесение испытуемым вслух возможного объема воздушно-механической пены средней кратности. Результаты сбора данных с использованием голосовой радиосвязи представлены в таблице 2.

**Таблица 2. – Время получения информации и принятия решения с использованием голосовой радиосвязи**

	№ автоцистерны	Порядковый номер испытуемого начальника штаба									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Время на аудиальное получение информации, с	1	15,83	15,48	16,02	16,56	15,83	16,30	14,90	16,19	14,72	16,18
	2	14,54	16,13	15,05	15,66	14,99	14,15	15,48	15,16	14,63	16,30
	3	15,88	14,23	16,14	15,53	15,21	15,55	16,45	16,07	15,93	15,22
	4	15,20	15,38	14,92	16,23	16,70	15,88	15,21	15,73	14,67	16,87
	5	14,84	15,21	14,21	15,10	14,37	15,07	15,06	14,45	15,26	16,83
	6	16,22	15,73	15,82	16,67	15,59	16,53	15,23	15,51	15,90	14,87
	7	14,33	14,42	15,67	15,82	14,96	15,88	15,79	15,24	15,44	16,21
	8	14,67	16,59	15,99	14,95	16,69	16,07	15,14	16,52	14,53	15,26
	9	15,94	14,37	14,84	16,10	15,90	16,29	15,64	16,95	16,17	16,42
	10	14,89	16,02	14,26	15,05	14,60	15,00	16,19	14,75	14,97	14,61
Общее время	152,34	153,56	152,92	157,67	154,84	156,72	155,09	156,57	152,22	158,77	
Время принятия решения, с	12,11	13,44	11,89	13,93	12,83	12,94	12,03	12,53	12,01	12,24	

На втором этапе эксперимента испытуемым предоставлялась графическая информация о работающих на пожаре 10 автоцистернах с указанным количеством воды в каждой цистерне (рис. 1).



1 – автоцистерна; 2 – количество воды в автоцистерне

**Рисунок 1. – Графическое представление данных для испытуемых**

Испытуемому нужно было перевернуть бумажную карточку с рисунком и обработать информацию для принятия решения. Определение времени начала получения информации начиналось в момент переворачивания бумажной карточки с нанесенной графической информацией и заканчивалось в момент произнесения испытуемым вслух суммарного количества воды в автоцистернах. Этот же момент принимался за начало принятия решения; концом принятия решения являлось произнесение испытуемым вслух возможного объема воздушно-механической пены средней кратности.

Результаты сбора данных с использованием графической информации представлены в таблице 3.

Таблица 3. – Время получения информации и принятия решения с использованием графической информации

	Порядковый номер испытуемого начальника штаба									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Время на визуальное получение информации, с	18,71	19,10	19,79	18,70	18,89	19,88	19,37	19,26	19,88	18,93
Время принятия решения, с	8,37	8,94	10,10	10,70	8,17	9,85	9,03	8,52	9,89	9,62

Сравнительные результаты экспериментов представлены в таблице 4.

Таблица 4. – Сравнение результатов экспериментов

	Аудиальное получение информации	Визуальное получение информации
Среднее время, затраченное на сбор информации, с	155,07±1,65, $p = 0,95$	19,25±0,33, $p = 0,95$
Среднее время, затраченное на принятие решения, с	12,6±0,49, $p = 0,95$	9,32±0,60, $p = 0,95$

Рисунок 2 визуализирует влияние способа получения информации на время ее получения и время последующего принятия решения.

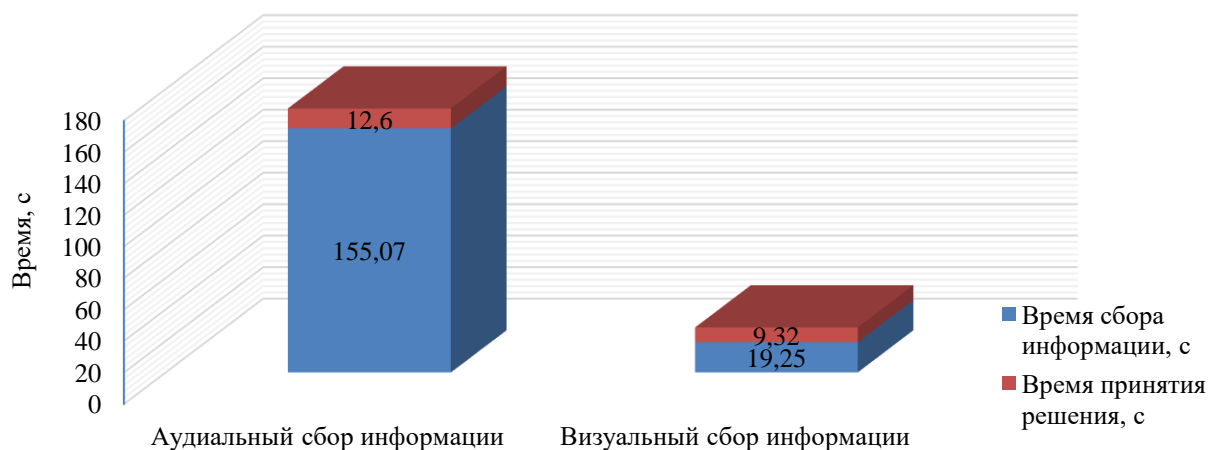


Рисунок 2. – Влияние способа получения информации на время ее получения и время последующего принятия решения

Исходя из результатов эксперимента можно сделать вывод, что визуальный сбор информации не только уменьшает время на сбор информации по сравнению с аудиальным, но и позволяет принимать решения на основе собранных данных быстрее, т.е. время сбора информации оказывает значительное влияние на скорость принятия решения. Чем быстрее информация собирается, тем быстрее можно проанализировать ее и принять решение.

Очевидно, что, задействовав современные технологии автоматизации сбора, обобщения, передачи, систематизации и предоставления информации (системы телеметрии данных), можно не только увеличить скорость передачи информации, но и улучшить ее качество и точность принимаемых на ее основе решений, что позволит сохранить человеческие жизни и снизить ущерб от пожаров и других ЧС.

### Разработка программно-аппаратного модуля

**Аппаратная часть.** Современные пожарные автоцистерны, производимые, например, ООО «ПОЖНАБ», оснащаются множеством датчиков, позволяющих осуществлять визуальный контроль различных параметров. Так, на автоцистерне (далее – АЦ) АЦ 5,0-50 на шасси МАЗ (5309) серийно применяется система контроля уровня воды в цистерне, уровня пенообразователя, открытия дверей и отсеков, включения коробки отбора мощности и т.д. Данные собираются с датчиков, оцифровываются и передаются на пульты визуального

контроля, расположенные в кабине и в насосном отсеке. Передача данных на пультах осуществляется по стандарту CAN (Controller Area Network), что позволяет применить недорогостоящие электронные компоненты для обработки этой информации и передачи ее на сервер [3].

Для руководства тушением пожара значимыми данными, которые можно получить из CAN-шины современной автоцистерны, являются: количество воды в цистерне, количество пенообразователя в пенобаке, включение/выключение коробки отбора мощности, включение/выключение сцепления, напряжение в бортовой электросети (при заведенном двигателе и работающем генераторе около 28 В, при выключенном двигателе – около 24 В), температура (в кабине, на улице, охлаждающей жидкости). Кроме того, при использовании простейшей GPS-антенны можно получить данные геопозиционирования автоцистерны с точностью до метра.

Для преобразования данных CAN-шины автоцистерны и передачи их на сервер необходимо использовать микроконтроллер. Основное требование к аппаратным возможностям устройства – наличие достаточного объема памяти в управляющем микроконтроллере для хранения скриптов и обеспечения установки их интерпретатора. В качестве основы разработанного прототипа узла системы телеметрии использовался микроконтроллер ESP32. Выбор был обусловлен наличием у микроконтроллера флеш-памяти, модуля Wi-Fi и мощного микропроцессора. Также микроконтроллер имеет аппаратную поддержку криптографических операций и оптимизации энергопотребления, что позволяет использовать его для данного проекта системы телеметрии [4]. Для передачи данных на сервер использовался модуль SIM-800C ввиду его доступности и наличия библиотек для поддержки работы с микроконтроллером ESP32, а также работа в сетях GSM 2G, зона покрытия которой является наибольшей для территории Республики Беларусь<sup>1</sup>.

**Программная часть.** Передача данных на сервер может осуществляться по протоколам HTTP и MQTT. Как пишет Т.И. Курмаев [5], протокол MQTT показывает лучшие результаты: имеет меньшую среднюю задержку передачи данных при схожем объеме данных с HTTP, а также имеет большую пропускную способность, что определяет его как наиболее релевантный выбор для реализации системы телеметрии данных пожарной автоцистерны.

Для программирования микроконтроллера была выбрана интегрированная среда разработки ArduinoIDE, как официально поддерживаемая производителем микроконтроллеров ESP32 Espressif Systems. Кроме того, в указанной среде существуют готовые библиотеки TineGSMClient.h (для работы с модулем SIM-800C), PubSubClient.h (для работы с протоколом MQTT), SoftwareSerial.h (для работы с модулем GPS) [6]. Язык исходного кода C++. Объем исходного кода составил 279 строк, включая авторские комментарии. Общий алгоритм: код инициирует подключение микроконтроллера к GSM-сети и соединяется с MQTT-сервером. При успешном соединении начинает считывать и расшифровывать данные в CAN-шине, данные с GPS-антенны, данные с датчика температуры, а также входное напряжение на модуле питания от бортовой сети автомобиля. Все считанные данные собирает в MQTT-пакет вида [0.6,0.3,52.4789,23.64156,9.0,28.64] (где указанные данные разделены запятой) и отправляет этот пакет на сервер. После чего делает паузу в 5 с и повторяет сбор и отправку данных.

Получив данные на сервер, их можно визуализировать в любой удобный для руководителя тушения пожара (оператора) вид. В тестовом экземпляре серверной части системы данные имели вид, представленный на рисунке 3.

В перспективе данные можно группировать, сортировать и представлять в виде карты с наложением на нее графических пиктограмм, где каждая пиктограмма будет указывать

<sup>1</sup> Зона покрытия мобильной связью [Электронный ресурс] // МТС – мобильный оператор Беларуси: [www.mts.by](http://www.mts.by). – Режим доступа: <https://www.mts.by/help/obslyuzhivanie/zona-pokritiya/>. – Дата доступа: 17.09.2023.

реальное расположение автоцистерны на местности, а также текущую информацию о состоянии двигателя, коробки отбора мощности, количестве воды и пенообразователя. При нажатии на пиктограмму во всплывающем окне можно выводить подробную информацию о параметрах работы автоцистерны (рис. 4).



1 – текущая температура в салоне автоцистерны и ее график за 24 ч; 2 – текущее напряжение в бортовой сети автоцистерны и его график за 24 ч; 3 – текущий уровень воды в цистерне; 4 – состояние коробки отбора мощности (выключена); 5 – карта с текущим расположением автоцистерны; 6 – количество пенообразователя в пенобаке

Рисунок 3. – Графическое представление полученных данных с АЦ на опытном образце



Рисунок 4. – Представление полученных данных с нескольких АЦ на планшетном компьютере

### Заключение

Проведенный эксперимент показал, что визуальный сбор информации не только уменьшает время на сбор информации по сравнению с аудиальным (более чем в 8 раз), но и позволяет принимать решения на основе собранных данных быстрее (на 27 %), т.е. время сбора информации значительно влияет на скорость принятия решения. Предположительно, это обусловлено тем, что за продолжительное время сбора аудиальной информации мозг человека устает от ее сбора, при визуальном же сборе информации мозговая активность не тратится непосредственно на сбор, а собираемая информация сразу же начинает анализироваться для принятия решения.

Для предоставления руководителю тушения пожара оперативной информации о параметрах работы технических средств в визуальном виде целесообразно задействовать современные средства сбора, обработки, передачи и предоставления информации (средства телеметрии), аналоги которых широко применяются в коммерческой сфере (каршеринг, кикшеринг и т.п.). Предложенный инновационный программно-аппаратный модуль для пожарной автоцистерны, состоящий из малогабаритного (5×5×3 см) устройства, подключаемого к CAN-шине пожарной автоцистерны, позволяет обрабатывать такие параметры, как объем воды в цистерне, объем пенообразователя, включение коробки отбора мощности, напряжение бортовой электрической цепи, геопозиционирование автомобиля, а в перспективе также расход топлива и давление на насосе. Модуль имеет достаточно низкую себестоимость (суммарная стоимость электронных компонентов составляет около 40 бел. руб. по состоянию на начало 2024 г.), которая при серийном производстве может стать еще меньше.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Душков, Б.А. Основы инженерной психологии: учеб. для вузов / Б.А. Душков, А.В. Королев, Б.А. Смирнов. – М.: Академический проект; Екатеринбург: Деловая книга, 2002. – 573 с. – ISBN 5-8291-0159-9.
2. Ефимов, А.Н. Информация: ценность, старение, рассеяние / А.Н. Ефимов. – М.: Знание, 1978. – 64 с.
3. Полупроводниковая электроника / коллектив авторов – сотрудников компании Infineon Technologies; перевод с англ. – М.: ДМК Пресс, 2015. – 592 с. – ISBN 978-5-97060-312-3.
4. Иващенко, Н.В. Разработка концепции и прототипа программно-конфигурируемой системы телеметрии / Н.В. Иващенко, К.С. Мулярчик // Сб. работ 74-й науч. конф. студентов и аспирантов Белорусского государственного университета, Минск, 15–24 мая 2017 г. В 3 ч. – Минск: БГУ, 2017. – Ч. 1. – С. 211–214. – Url: <https://elib.bsu.by/handle/123456789/191751>.
5. Курмаев, Т.И. Сравнение протоколов передачи данных в интернете вещей / Т.И. Курмаев // Международный научно-исследовательский журнал. – 2022. – № 1 (115), Ч. 1. – С. 45–47. – DOI: 10.23670/IRJ.2022.115.1.007. – EDN: КЕНВОВ.
6. Блум, Дж. Изучаем Arduino: инструменты и методы технического волшебства. 2-е изд.: пер. с англ. / Дж. Блум. – СПб.: БХВ-Петербург; 2020. – 529 с. – ISBN 978-5-9775-6736-7.



**Электронный помощник начальника штаба на пожаре**  
**Electronic assistant to the chief of fire staff**

***Лаквич Вячеслав Вячеславович***

кандидат технических наук, доцент  
Государственное учреждение образования  
«Университет гражданской защиты  
Министерства по чрезвычайным ситуациям  
Республики Беларусь», кафедра ликвидации  
чрезвычайных ситуаций, начальник кафедры  
Адрес: ул. Машиностроителей, 25,  
220118, г. Минск, Беларусь  
Email: slavaspec@rambler.ru  
SPIN-код: 5450-0192

***Vyacheslav V. Lakhvich***

PhD in Technical Sciences, Associate Professor  
State Educational Establishment «University  
of Civil Protection of the Ministry for Emergency  
Situations of the Republic of Belarus»,  
Chair of Emergency Elimination,  
Head of the Chair  
Address: Mashinostroiteley str., 25,  
220118, Minsk, Belarus  
Email: slavaspec@rambler.ru  
ORCID: 0000-0001-7601-305X

***Сивуда Антон Владимирович***

Государственное учреждение образования  
«Университет гражданской защиты  
Министерства по чрезвычайным ситуациям  
Республики Беларусь», факультет подготовки  
руководящих кадров, магистрант  
Адрес: ул. Машиностроителей, 25,  
220118, г. Минск, Беларусь  
Email: sivuda@gmail.com

***Anton V. Sivuda***

State Educational Establishment «University  
of Civil Protection of the Ministry for Emergency  
Situations of the Republic of Belarus»,  
Administration Training Faculty,  
graduate student  
Address: Mashinostroiteley str., 25,  
220118, Minsk, Belarus  
Email: sivuda@gmail.com  
ORCID: 0009-0004-8408-2644

## ELECTRONIC ASSISTANT TO THE CHIEF OF FIRE STAFF

Lakhvich V.V., Sivuda A.V.

*Purpose.* Experimental determination of the time spent on information collection and subsequent decision-making by the chief of staff at the fire at auditory and visual acquisition of information; development of an electronic assistant to the chief of staff at the fire for the collection, processing, transmission and visualization of data on fire tankers.

*Methods.* Theoretical analysis, modeling.

*Findings.* The advantages of obtaining and processing data in the form of visualized graphic information in comparison with auditory acquisition of the same information about the work of units on fire tankers during emergency response are substantiated. At visual reception visual information gathering not only reduces time for information gathering in comparison with auditory (approximately in 8 times), but also allows to make decisions on the basis of the collected data faster (by 27 %). A prototype of a hardware-software module for collection, processing, transmission and visualization of fire tanker parameters, such as the volume of water in the tank, the volume of foaming agent, power take-off, power supply voltage in the on-board electric circuit of the vehicle, geopositioning of the vehicle, has been developed.

*Application field of research.* Extinguishing fires and eliminating emergency situations, which involve a significant amount of equipment.

*Keywords:* fire rescue vehicle, tanker truck, communications.

(The date of submitting: January 4, 2024)

### REFERENCES

1. Dushkov B.A., Korolev A.V., Smirnov B.A. *Osnovy inzhenernoy psikhologii* [Fundamentals of engineering psychology]: textbook. Moscow: Akademicheskiiy proekt; Ekaterinburg: Delovaya kniga, 2002. 573 p. (rus). ISBN 5-8291-0159-9.
2. Efimov A.N. *Informatsiya: tsennost', starenie, rasseyaniye* [Information: value, aging, dispersion]. Moscow: Znanie, 1978. 64 p. (rus)
3. *Poluprovodnikovaya elektronika* [Semiconductor electronics]. Team of authors – employees of Infineon Technologies; translation from English. Moscow: DMK Press, 2015. 592 p. (rus). ISBN 978-5-97060-312-3.
4. Ivashchenko N.V., Mulyarchik K.S. Razrabotka kontseptsii i prototipa programmno-konfiguriruemyy sistemy telemekhaniki [Development of concept and prototype of software-configurable telemetry system]. *Proc. of the 74th Scientific conf. of students and postgraduates of the Belarusian State University, Minsk, May 15–24, 2017*. In 3 parts. Minsk: BSU, 2017. Part 1. Pp. 211–214. (rus). Url: <https://elib.bsu.by/handle/123456789/191751>.
5. Kurmaev T.I. Sravnenie protokolov peredachi dannykh v internete veshchey [A comparison of data transfer protocols in the internet of things]. *International Research Journal*, 2022. No. 1 (115), Part 1. Pp. 45–47. (rus). DOI: 10.23670/IRJ.2022.115.1.007. EDN: KEHBOB.
6. Blum Jeremy. *Izuchaem Arduino: instrumenty i metody tekhnicheskogo volshebstva* [Exploring Arduino: tools and techniques for engineering wizardry], 2nd edition, translation from English. St. Petersburg: BKhV-Peterburg; 2020. 529 p. (rus). ISBN 978-5-9775-6736-7.

## **3D-МОДЕЛИРОВАНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ НАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ СОВРЕМЕННЫХ КОНСТРУКЦИЙ РЕЗЕРВУАРОВ ПОЖАРНЫХ АВТОЦИСТЕРН ОБЪЕМОМ 5 М<sup>3</sup> ИЗ КОМПОЗИТНОГО МАТЕРИАЛА И ВЫСОКОЛЕГИРОВАННОЙ СТАЛИ**

**Короткевич С.Г., Ковтун В.А., Ковалев П.В.**

*Цель.* Расчет напряженного состояния и запаса прочности современных конструкций резервуаров пожарных автоцистерн объемом 5 м<sup>3</sup> из композитного материала и высоколегированной стали с учетом эксплуатационных нагрузок.

*Методы.* Разработка 3D-моделей конструкций цистерн выполнялась в программном комплексе SolidWorks. Создание их конечно-элементных моделей и расчет проводились в модуле Static Structural программного комплекса ANSYS Workbench.

*Результаты.* Проведен анализ особенностей применения композитных материалов при современном производстве пожарных автоцистерн, представлены их преимущества по сравнению со стальными. Разработаны 3D-конечно-элементные модели конструкций цистерн объемом 5 м<sup>3</sup> из усиленного армированного волокнистого стеклопластика и высоколегированной нержавеющей стали. Для проведения сравнительного расчета выбраны наиболее нагруженные режимы и условия, характеризующие особенности движения пожарных автомобилей к месту ликвидации чрезвычайных ситуаций. Расчет позволил установить зависимости, связывающие напряженное состояние конструкций цистерн с режимами движения пожарных автомобилей, а также выявить наиболее нагруженные узлы в конструкциях. Представлены результаты расчета запаса прочности конструкций цистерн с учетом эксплуатационных нагрузок.

*Область применения исследований.* Пожарные аварийно-спасательные подразделения, промышленные предприятия и высшие учебные заведения.

*Ключевые слова:* пожарный автомобиль, резервуар пожарной автоцистерны, режим движения, стеклопластик, высоколегированная сталь, конечно-элементная модель, напряженное состояние, запас прочности.

(Поступила в редакцию 10 апреля 2024 г.)

### **Введение**

Традиционным материалом для изготовления конструкций резервуаров пожарных автоцистерн является легированная, а также углеродистая стали. Эффективность использования пожарных автомобилей напрямую зависит от материалоемкости конструкции цистерны, ее долговечности, стоимости производства и эксплуатационных расходов. В высокоразвитых в промышленном отношении странах существует устойчивая тенденция сокращения выпуска стали и увеличения производства полимерных материалов [1; 2]. При производстве с использованием данных материалов одним из преимуществ для Республики Беларусь является импортозамещение и разработка высококачественной технологичной конкурентоспособной продукции. Основные преимущества полимерных материалов перед сталями [3; 4]:

- высокая стойкость к химическому воздействию от перевозимых грузов (пенообразователь) и окружающей среды, а также отсутствие необходимости применения дорогих защитных покрытий;
- низкая теплопроводность;
- удельная прочность, отнесенная к массе конструкции, близкая к характеристике стали;
- возможность получения изделия сложной конфигурации за одну технологическую операцию;

– возможность увеличения полезной грузоподъемности пожарных автоцистерн на 25–35 %, т.к. вес композитных материалов в 3,5–4 раза меньше, чем у стали (плотность стеклопластиков 1800–2100 кг/м<sup>3</sup>, а углепластиков порядка 1500 кг/м<sup>3</sup>);

– внутренняя поверхность стенок резервуаров вследствие высокой чистоты и гладкости, а также плохой смачиваемости меньше загрязняется перевозимыми грузами и не подвержена биообрастанию;

– возможность повторного использования надстройки пожарного автомобиля (кабины и резервуара цистерны) после выработки эксплуатационного ресурса шасси посредством переустановки на новое шасси;

– ремонтпригодность и низкие эксплуатационные расходы.

Проведенный анализ показал, что при производстве резервуаров пожарных автоцистерн в Республике Беларусь и Российской Федерации широкое применение получил стеклопластик. Стоимость производства волокнистой полимерной композиции в значительной степени определяется расходами на необходимое технологическое оборудование, которое, в свою очередь, зависит от количества изготавливаемых изделий. На формование детали обычно затрачивается больше времени, чем на штамповку стального листа. Однако суммарная стоимость обработки металла включает несколько дополнительных операций. Так, вследствие исключения в ряде случаев работ по сборке и окраске композитный материал может иметь ценовое преимущество. Кроме того, при изготовлении конструкций из металла применяются дорогостоящие и трудоемкие операции по сварке и зачистке, нехарактерные для неметаллических материалов. Преимуществом стеклопластиков является высокая способность поглощать энергию вибрации, превышающую таковую для металлов в 3–4 раза. Они хорошо противостоят действию ударных и динамических нагрузок и обладают большой демпфирующей способностью [4]. Эти свойства особенно важны для резервуаров пожарных автоцистерн, когда условия эксплуатации и колебания перевозимой жидкости при движении пожарного автомобиля оказывают значительные динамические воздействия на конструкцию резервуара.

Таким образом, ввиду высокой актуальности разработки и применения конструкций резервуаров из композитных материалов целью работы является расчет напряженного состояния и запаса прочности современных конструкций резервуаров пожарных автоцистерн объемом 5 м<sup>3</sup> из композитного материала и высоколегированной стали с учетом эксплуатационных нагрузок.

## Основная часть

**Методика исследований.** В качестве объекта исследований выбраны наиболее распространенные модели пожарных автоцистерн на шасси МАЗ-5337 (модельный ряд с 2014 года выпуска) и МАЗ-5309 (модельный ряд с 2020 года выпуска)<sup>1</sup> с резервуаром объемом 5 м<sup>3</sup>, которые представлены на рисунке 1. Конструкции цистерн имеют прямоугольное сечение, состоят из передней, задней, боковых стенок, дна и крыши с геометрическими размерами (1900×2200×1200) и (2400×1550×1400) мм соответственно. Резервуары опираются на лонжероны, внутри расположены поперечные и продольные волноломы, а в конструкциях на шасси МАЗ-5309 дополнительно размещен пенобак. Создание 3D-расчетных моделей в масштабе 1:1 проводилось в программном комплексе SolidWorks 2018: версия 26. Конструкция резервуара объемом 5 м<sup>3</sup> пожарной автоцистерны на шасси МАЗ-5337 выполнена с элементами, повышающими прочность, дно резервуара усилено поперечно расположенными профилями П-образного сечения (рис. 2а), стенки и внутренние элементы изготовлены из листового металла высоколегированной нержавеющей

<sup>1</sup> Продукция компании ПОЖСНАБ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://pozhsnab.com/nproduction/378/256/>. – Дата доступа: 17.03.2024.

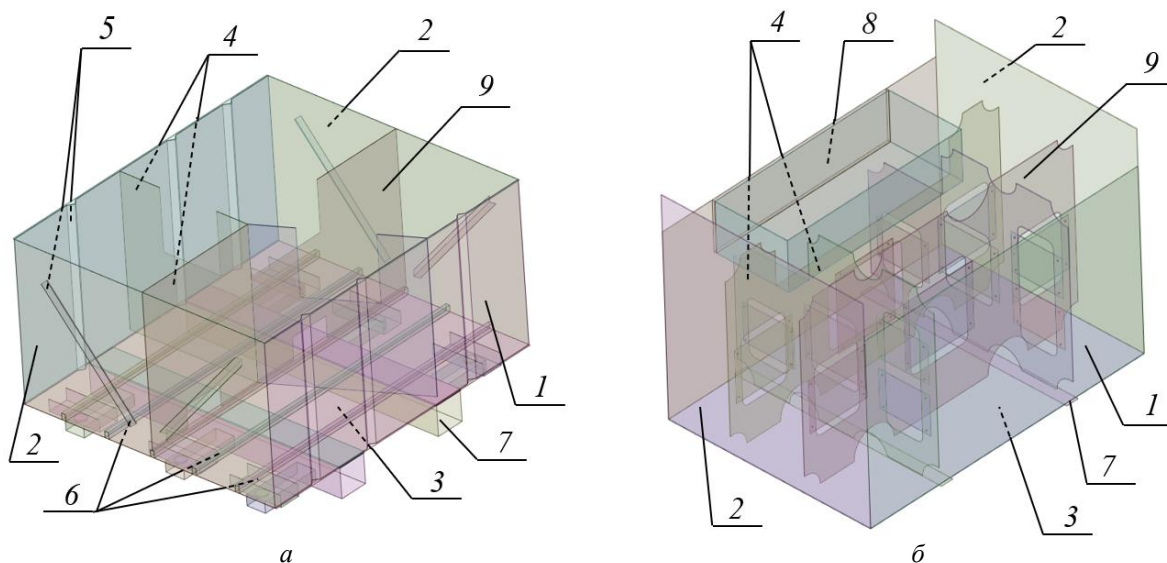
стали марки AISI 430 2B (12X17 по ГОСТ 5582-1975<sup>2</sup>) толщиной 3 мм, дно – 4 мм. Конструкция резервуара объемом 5 м<sup>3</sup> пожарной автоцистерны на шасси МАЗ-5309 изготовлена из усиленного армированного волокнистого стеклопластика на основе полиэфирной смолы (рис. 2б), стенки резервуара имеют толщину 40 мм, дно и крыша – 10 мм, волноломы – 6,5 мм. Отличительной особенностью данной конструкции является отсутствие внутри резервуара дополнительных элементов, повышающих ее прочность.



а – модельный ряд с 2014 года выпуска

б – модельный ряд с 2020 года выпуска

Рисунок 1. – Пожарные автоцистерны на шасси МАЗ-5337 (а) и МАЗ-5309 (б)



1 – передняя стенка; 2 – боковые стенки; 3 – дно; 4 – волноломы (внутренние продольные и поперечные);  
5 – ребра жесткости; 6 – поперечные усиления в виде профилей П-образного сечения;  
7 – продольные лонжероны; 8 – пенобак; 9 – крыша

Рисунок 2. – 3D-расчетные модели резервуаров объемом 5 м<sup>3</sup> пожарных автоцистерн на шасси МАЗ-5337 (а) и МАЗ-5309 (б)

Создание конечно-элементных моделей резервуаров пожарных автоцистерн и их расчет проводились в модуле Static Structural программного комплекса ANSYS Workbench версии 20.1. Формой элементов дискретизации принят гексаэдр (метод Hex Dominant). Для связи элементов компьютерной модели использовался связанный (Bonded) контакт. Контактная задача решалась методом Лагранжа (Augmented Lagrange Method). Разработанные конечно-элементные модели резервуаров объемом 5 м<sup>3</sup> пожарных

<sup>2</sup> Прокат тонколистовой коррозионно-стойкой, жаростойкой и жаропрочной. Технические условия = Stainless and Heat-Resisting Sheet. Specifications: ГОСТ 5582-75. – Введ. 01.01.77. – М.: Издательство стандартов, 1975. – 15 с.

автоцистерн на шасси МАЗ-5337 и МАЗ-5309 содержат соответственно 96 174 узла и 81 608 элементов (рис. 3а), 85 090 узлов и 84 658 элементов (рис. 3б) с размерами граней 0,02 м.

Свойства материалов, задаваемых при расчете, представлены в таблице 1.

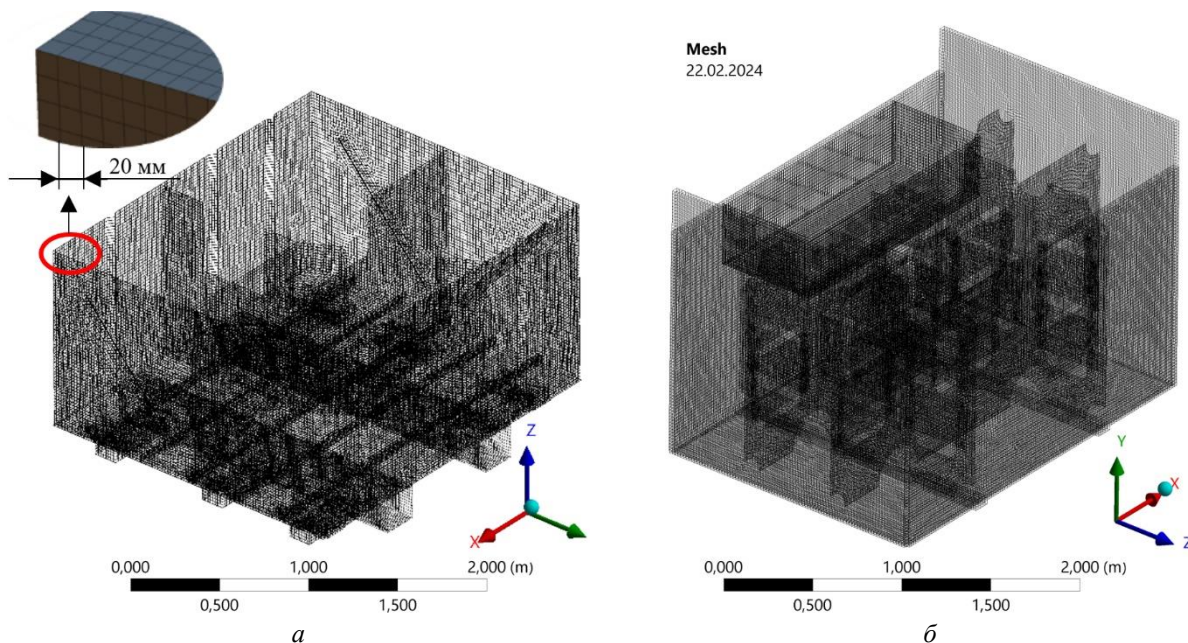


Рисунок 3. – Конечно-элементные модели резервуаров объемом 5 м<sup>3</sup> пожарных автоцистерн на шасси МАЗ-5337 (а) и МАЗ-5309 (б)

Таблица 1. – Механические характеристики материалов, задаваемые при расчете конструкций резервуаров пожарных автоцистерн

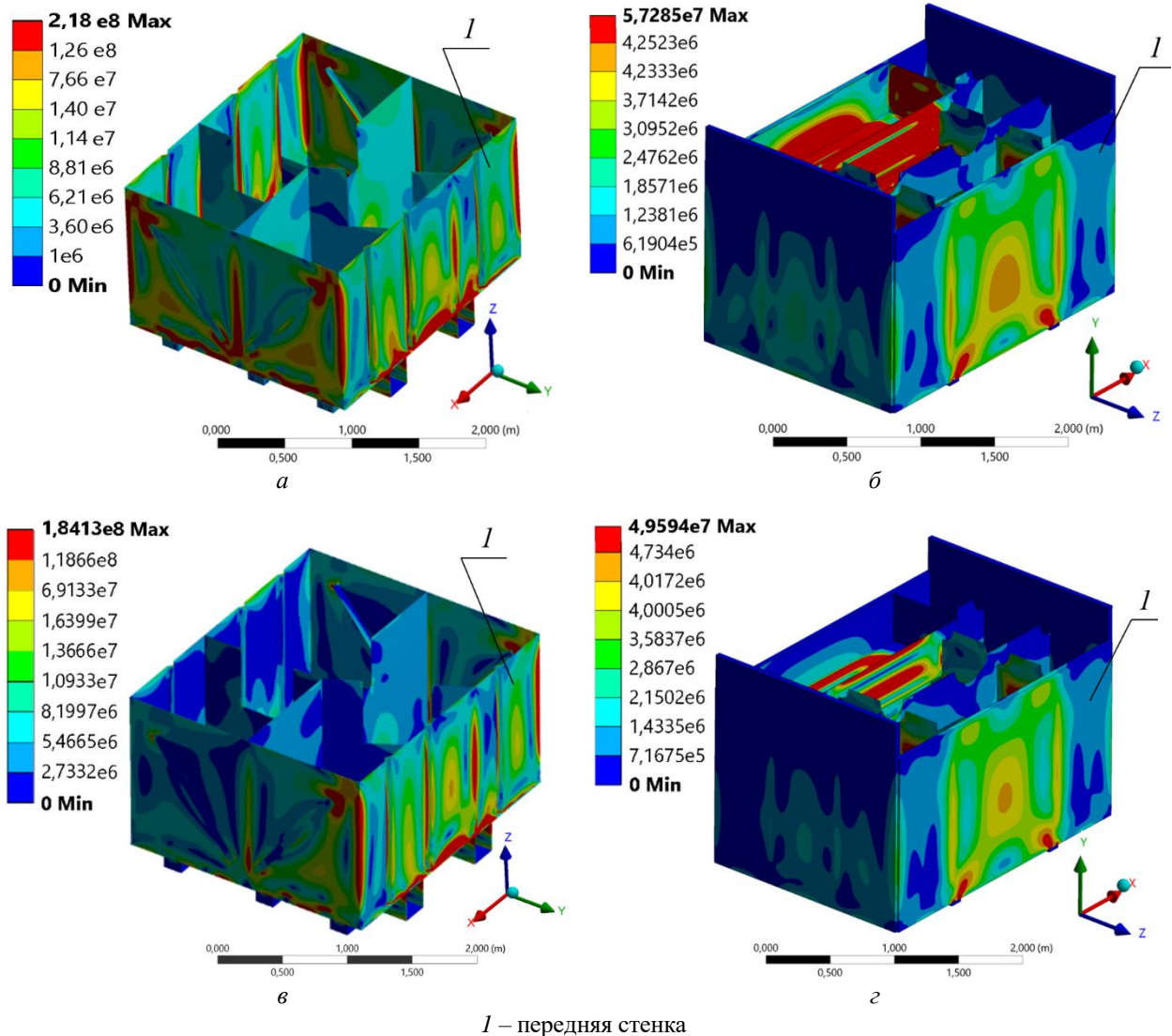
Параметр	Нержавеющая сталь марки AISI 430 2В (12Х17) <sup>3</sup>	Усиленный армированный стеклопластик [3; 4]
Модуль сдвига, ГПа	76,923	29,918
Объемный модуль, ГПа	166,67	43,452
Плотность, кг/м <sup>3</sup>	7700	2100
Модуль Юнга, ГПа	200	73
Коэффициент Пуассона	0,3	0,25
Предел прочности при растяжении, МПа	460	105
Предел текучести при растяжении, МПа	205	–

Для проведения сравнительного расчета выбраны наиболее нагруженные режимы и условия, характеризующие особенности движения пожарных автоцистерн к месту ликвидации чрезвычайных ситуаций: режим № 1 – движение по грунтовым дорогам категории VI-б с допустимой скоростью 20–30 км/ч; режим № 2 – ускорение с места по прямому участку асфальтированной дороги до скорости 30 км/ч и экстренное торможение до полной остановки пожарного автомобиля. Далее проводилась настройка условий нагружения пожарных автоцистерн. Для каждого режима движения заданы гидравлическое давление на стенки резервуара с учетом вектора действующей силы (по осям XYZ) [5–7] и плотности жидкости, а также установленное экспериментально максимальное значение ускорения, возникающего под действием инерционных нагрузок в конструкции. В настройках Hydrostatic Acceleration для каждой расчетной модели заданы одинаковые максимальные значения ускорения, возникающего в конструкции резервуара под действием инерционных нагрузок, которые получены экспериментально для пожарных автоцистерн на шасси МАЗ-5337 с использованием измерительного вибродиагностического оборудования: режим № 1 – 22,3 м/с<sup>2</sup>; режим № 2 –

<sup>3</sup> Standard Specification for Chromium and Chromium-Nickel Stainless Steel Plate, Sheet, and Strip for Pressure Vessels and for General Applications: ASTM A240/A240M [Electronic resource]. – Mode of access: [https://kupdf.net/download/astm-a240pdf\\_595c9ec0dc0d608b47e1ce2e\\_pdf](https://kupdf.net/download/astm-a240pdf_595c9ec0dc0d608b47e1ce2e_pdf). – Date of access: 17.03.2024.

15,8 м/с<sup>2</sup> [8]. Данное допущение позволит провести сравнительный расчет конструкций при одинаковом уровне нагруженности, при этом для резервуара из стеклопластика, ввиду большой демпфирующей способности материала при ударных и динамических нагрузках, уровень нагруженности следует считать несколько завышенным.

**Результаты исследований.** Расчет напряженного состояния резервуаров пожарных автоцистерн позволил исследовать характер формирования и распределения полей напряжений, возникающих в конструкциях. На рисунке 5 представлены полученные модели распределения полей эквивалентных напряжений по Мизесу в конструкциях резервуаров объемом 5 м<sup>3</sup> в зависимости от режимов движения пожарных автоцистерн на шасси МАЗ-5337 и МАЗ-5309.

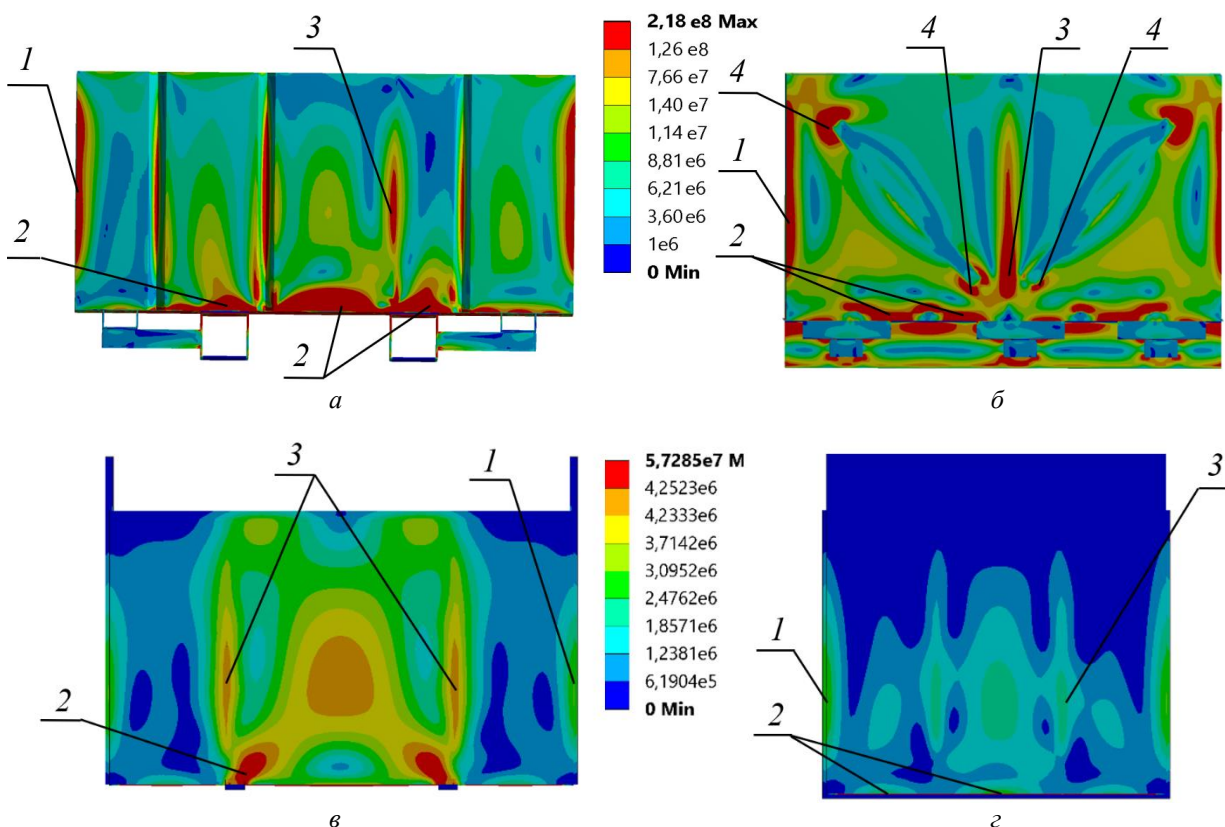


*I* – передняя стенка

**Рисунок 5. – 3D-модели распределения полей эквивалентных напряжений по Мизесу в конструкциях резервуаров объемом 5 м<sup>3</sup> пожарных автоцистерн на шасси МАЗ-5337 (а, в) и МАЗ-5309 (б, г) при моделировании режимов № 1 (а, б) и № 2 (в, г), Па**

Анализ распределения полей эквивалентных напряжений по Мизесу позволил установить узлы в конструкции резервуара объемом 5 м<sup>3</sup> пожарной автоцистерны на шасси МАЗ-5337, которые подвержены наибольшим нагрузкам: угловые соединения стенок; угловые соединения передней, задней стенок и дна; тавровые соединения волноломов и стенок; тавровые соединения ребер жесткости и боковых стенок (рис. ба и бб), а для резервуара пожарной автоцистерны на шасси МАЗ-5309 – угловые соединения стенок;

угловые соединения передней, задней стенок и дна; тавровые соединения волноломов и стенок (рис. 6в и 6з).



1 – угловые соединения стенок; 2 – угловые соединения передней, задней стенок и дна; 3 – тавровые соединения волноломов и стенок; 4 – тавровые соединения ребер жесткости и боковых стенок  
**Рисунок 6.** – Результаты расчета напряженного состояния конечно-элементных моделей резервуаров объемом 5 м<sup>3</sup> пожарных автоцистерн на шасси МАЗ-5337 (а, в) и МАЗ-5309 (б, з) при моделировании режима движения № 1: распределение полей эквивалентных напряжений в конструкции (передние стенки (а, в) и боковые стенки (б, з)), Па

На рисунке 7 представлены полученные в результате расчета зависимости эквивалентных напряжений по Мизесу, возникающих в наиболее нагруженных узлах серийных резервуаров объемом 5 м<sup>3</sup>, от режимов движения пожарных автоцистерн на шасси МАЗ-5337 и МАЗ-5309. В результате проведенных исследований установлено, что наибольшие эквивалентные напряжения по Мизесу возникают при моделировании режима № 1, при этом максимальные значения эквивалентных напряжений по Мизесу в конструкциях резервуаров объемом 5 м<sup>3</sup> составляют  $\sigma_{\text{экв}} = 136\text{--}156$  МПа для пожарных автоцистерн на шасси МАЗ-5337 и  $\sigma_{\text{экв}} = 18\text{--}29$  МПа для пожарных автоцистерн на шасси МАЗ-5309 соответственно.

Проведен сравнительный расчет напряженного состояния резервуаров объемом 5 м<sup>3</sup> пожарных автоцистерн на шасси МАЗ-5337 и МАЗ-5309 для наиболее нагруженного режима движения (режим № 1 – движение по грунтовой дороге категории VI-б с допустимой скоростью 20–30 км/ч), при этом основное внимание уделено характеру формирования нормальных напряжений.

На рисунке 8 представлен фрагмент 3D-моделей распределения полей нормальных напряжений, возникающих в областях угловых соединений конструктивных элементов резервуаров. В результате расчета установлено, что наибольшая величина данных напряжений наблюдается в продольном направлении резервуаров из высоколегированной стали и усиленного волокнистого стеклопластика, при этом максимальные значения данных



напряжений наблюдаются в областях угловых соединений и составляют  $\sigma_y = 148\text{--}161$  МПа,  $\sigma_z = 31\text{--}37$  МПа соответственно.

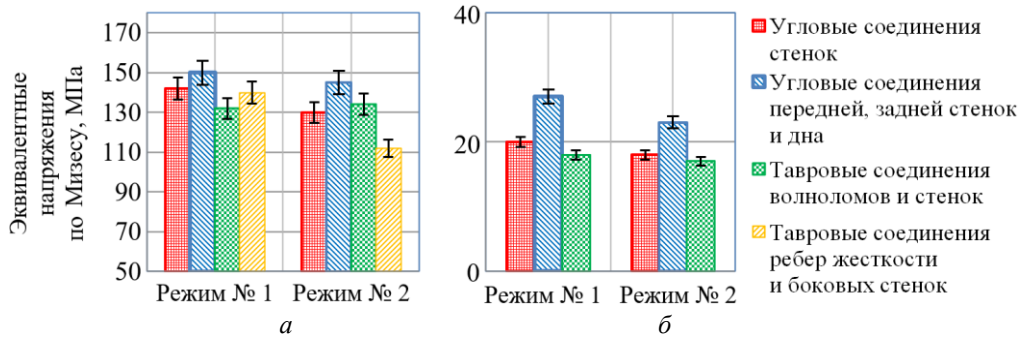
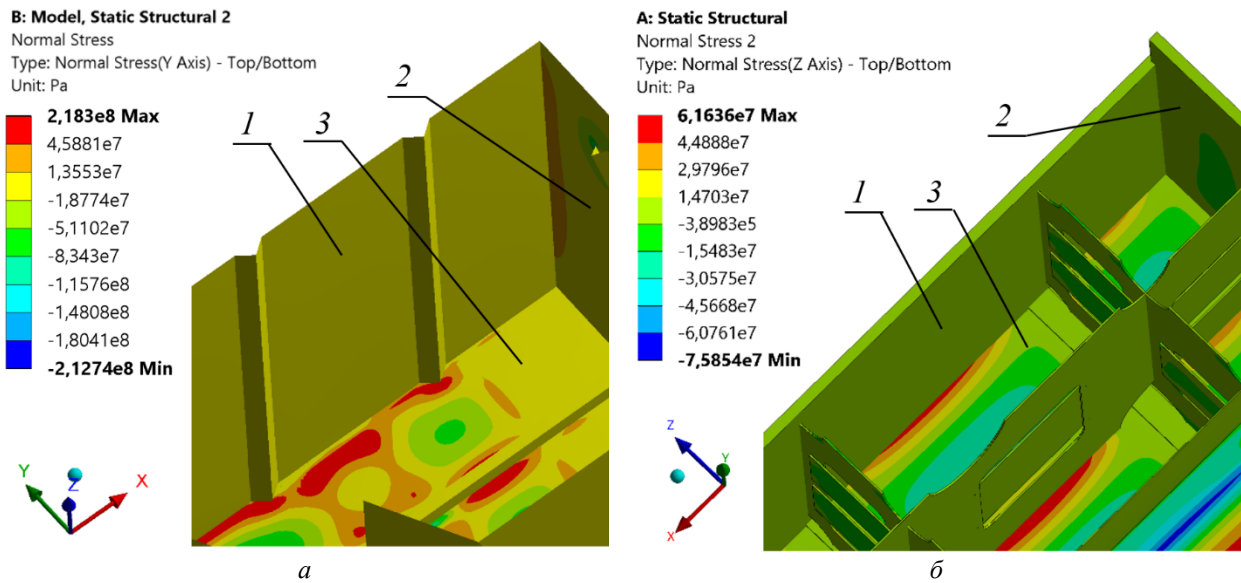


Рисунок 7. – Зависимость эквивалентных напряжений по Мизесу, возникающих в наиболее нагруженных узлах резервуаров объемом 5 м<sup>3</sup> от режимов движения пожарных автоцистерн на шасси МАЗ-5337 (а) и МАЗ-5309 (б)



1 – передняя стенка; 2 – боковая стенка; 3 – дно

Рисунок 8. – Фрагмент распределения полей нормальных напряжений в конструкциях резервуаров объемом 5 м<sup>3</sup> пожарных автоцистерн на шасси МАЗ-5337 (а) и МАЗ-5309 (б) при моделировании режима движения № 1 (вид изнутри угловых соединений передней, боковой стенок и дна), Па

На рисунке 9 представлены полученные значения нормальных напряжений, возникающих в наиболее нагруженных узлах резервуаров объемом 5 м<sup>3</sup> пожарных автоцистерн на шасси МАЗ-5337 и МАЗ-5309.

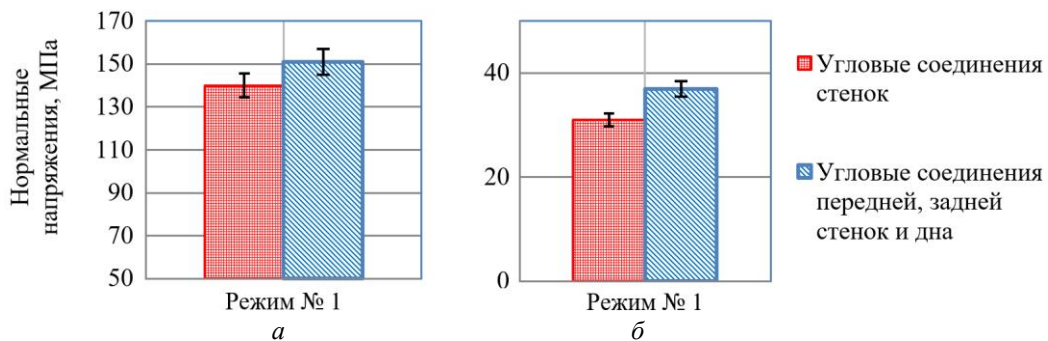


Рисунок 9. – Нормальные напряжения, возникающие в наиболее нагруженных узлах резервуаров объемом 5 м<sup>3</sup> пожарных автоцистерн на шасси МАЗ-5337 (а) и МАЗ-5309 (б)

На основании полученных данных проведены расчеты запаса прочности для наиболее нагруженных узлов конструкций резервуаров пожарных автоцистерн (рис. 10).

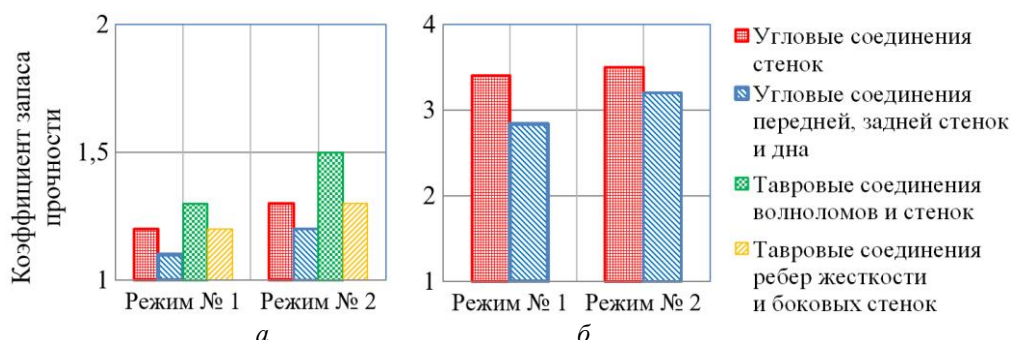


Рисунок 10. – Зависимости коэффициентов запаса прочности для наиболее нагруженных узлов резервуаров объемом 5 м<sup>3</sup> от режимов движения пожарных автоцистерн на шасси МАЗ-5337 (а) и МАЗ-5309 (б)

Результаты расчета для наиболее нагруженного режима движения пожарных автоцистерн показали, что коэффициент запаса прочности по пределу прочности при растяжении  $n_p$  для резервуара из усиленного волокнистого стеклопластика составил от 2,8 до 3,4, при этом коэффициент запаса прочности по пределу текучести  $n_t$  для резервуара из высоколегированной стали составил от 1,1 до 1,3.

### Заключение

На основании проведенного анализа установлено, что в Республике Беларусь и Российской Федерации при производстве резервуаров пожарных автоцистерн широкое распространение получил стеклопластик, что обусловлено значительным количеством преимуществ данного материала по сравнению с металлом.

В результате проведенных исследований разработаны 3D-конечно-элементные модели конструкций резервуаров объемом 5 м<sup>3</sup> из высоколегированной стали, установленных на пожарных автоцистернах на шасси МАЗ-5337 и из усиленного армированного волокнистого стеклопластика, установленных на пожарных автоцистернах на шасси МАЗ-5309, которые адаптированы к различным эксплуатационным режимам движения и позволили исследовать возникающее напряженное состояние. В результате расчета установлены зависимости, связывающие напряженное состояние резервуаров с режимами движения пожарных автоцистерн, а также установлены наиболее нагруженные узлы в конструкциях: угловые и тавровые соединения элементов.

В результате проведенных исследований показано, что наибольшие эквивалентные напряжения по Мизесу в резервуарах возникают при моделировании режима № 1: движение пожарных автоцистерн на шасси МАЗ-5337 и МАЗ-5309 по грунтовой дороге категории VI-б с допустимой скоростью 20–30 км/ч, при этом их уровень в 5–7 раз ниже у резервуара из усиленного армированного волокнистого стеклопластика. Аналогичный порядок расчетных значений показал характер формирования нормальных напряжений. Таким образом, коэффициент запаса прочности резервуара объемом 5 м<sup>3</sup>, выполненного из усиленного армированного волокнистого стеклопластика, пожарной автоцистерны на шасси МАЗ-5309 в 2,5–2,7 раза больше, чем у резервуара объемом 5 м<sup>3</sup>, выполненного из высоколегированной нержавеющей стали, пожарной автоцистерны на шасси МАЗ-5337.

В Республике Беларусь производителем пожарной техники является общество с ограниченной ответственностью «ПОЖСНАБ», которое производит пожарные автоцистерны различного класса на базе шасси МАЗ, КамАЗ, УралАЗ, ЗиЛ, ГАЗ, VW, IVECO. Конструкции резервуаров пожарных автоцистерн, изготовленные из усиленного армированного стеклопластика, обладают следующими характеристиками: предел прочности при поперечном изгибе – не менее 145 МПа, предел упругости при поперечном

изгибе – не менее 6,7 ГПа, предел прочности на растяжение – не менее 105 МПа, предел пропорциональности (на растяжение) – не менее 104 МПа. Параметры подтверждены протоколами испытаний № ПРО-Ц65.0007/18(0), № ПРО-Ц65.0008/18(0), № ПРО-Ц65.0009/18(0), № ПРО-Ц65.0010/18(0), № ПРО-Ц65.0011/18(0) от 12 марта 2018 г., выданными ГНУ «Объединенный институт машиностроения Национальной академии наук Беларуси». Имеющееся собственное высокотехнологичное производство обеспечивает проектирование и выпуск кузовных надстроек, включая резервуары для воды и емкостей для пенообразователя, второй кабины и модуля для боевого расчета из усиленного (армированного) волокнистого стеклопластика. При этом на все элементы предоставляется 10 лет гарантии.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Shankaregowda, K.C. Computational analysis of fatigue life of S-glass/epoxy composite drive shaft / K.C. Shankaregowda, H.S. Sridhar, S.M. Ravi // International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology. – 2018. – Vol. 7. – Spec. iss. 7 (RTME & AS-2018). – P. 28–34. – Url: [https://www.ijirset.com/upload/2018/rtmeas/4\\_rtmeas8.pdf](https://www.ijirset.com/upload/2018/rtmeas/4_rtmeas8.pdf).
2. Власов, Д.Д. Об упрощенных методах определения упругих постоянных слоистых полимерных композитов / Д.Д. Власов, О.Ю. Склемина, А.Э. Поляков // Пластические массы. – 2023. – № 11–12. – С. 17–20. – DOI: 10.35164/0554-2901-2023-11-12-17-20. – EDN: RYTWVV.
3. Афанасьев, Б.А. Проектирование элементов автомобиля из полимерных композиционных материалов: учеб. пособие / Б.А. Афанасьев, И.З. Даштиев; под ред. Б.А. Афанасьева. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2006. – 91 с.
4. Бобович, Б.Б. Полимерные конструкционные материалы (структура, свойства, применение): учеб. пособие / Б.Б. Бобович. – М.: Форум, Инфра-М, 2019. – 400 с.
5. Ковтун, В.А. Компьютерное моделирование и исследование напряженно-деформированного состояния конструкций цистерн пожарных автомобилей / В.А. Ковтун, С.Г. Короткевич, В.А. Жаранов // Вестник Университета гражданской защиты МЧС Беларуси. – 2018. – Т. 2, № 1. – С. 81–90. – DOI: 10.33408/2519-237X.2018.2-1.81. – EDN: YSGWWC.
6. Kandasamy, T. An analysis of baffles designs for limiting fluid slosh in partly filled tank trucks / T. Kandasamy, S. Rakheja, A.K. W. Ahmed // The Open Transportation Journal. – 2010. – Vol. 4. – P. 23–32. – DOI: 10.2174/1874447801004010023.
7. Wang, W. A numerical study of the effects of the T-shaped baffles on liquid sloshing in horizontal elliptical tanks / W. Wang [et al.] // Ocean Engineering. – 2016. – Vol. 111. – P. 543–568. – DOI: 10.1016/j.oceaneng.2015.11.020.
8. Ковтун, В.А. Исследование ускорений, возникающих под действием инерционных нагрузок в конструкциях цистерн пожарных автомобилей при движении к месту ликвидации чрезвычайных ситуаций / В.А. Ковтун, С.Г. Короткевич // Вестник Университета гражданской защиты МЧС Беларуси. – 2024. – Т. 8, № 1. – С. 43–56. – DOI: 10.33408/2519-237X.2024.8-1.43. – EDN: KVVZA.

**3D-моделирование и исследование напряженного состояния современных конструкций резервуаров пожарных автоцистерн объемом 5 м<sup>3</sup> из композитного материала и высоколегированной стали**

**3D-modeling and the research of the stress state of modern 5 m<sup>3</sup> tank's construction of fire trucks made of composite materials and high-alloy steel**

---

**Короткевич Сергей Геннадьевич**

кандидат технических наук

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

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

Email: korotkevichsergei@mail.ru

SPIN-код: 4719-8914

**Sergey G. Korotkevich**

PhD in Technical Sciences

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

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

Email: korotkevichsergei@mail.ru

ORCID: 0000-0002-9388-0881

---

**Ковтун Вадим Анатольевич**

доктор технических наук, профессор

Филиал «Институт профессионального образования» государственного учреждения образования «Университет гражданской защиты Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь», кафедра оперативно-тактической деятельности и техники, профессор

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

Email: vadimkov@yandex.ru

SPIN-код: 3383-9618

**Vadim A. Kovtun**

Grand PhD in Technical Sciences, Professor

Branch «Institute of Vocational Education» of the State Educational Establishment «University of Civil Protection of the Ministry for Emergency Situations of the Republic of Belarus», Chair of Operational-Tactical Activity and Technical Equipment, Professor

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

Email: vadimkov@yandex.ru

ORCID: 0000-0001-9510-132X

ScopusID: 7006098716

---

**Ковалев Павел Викторович**

Общество с ограниченной ответственностью «ПОЖСНАБ», технический отдел, главный конструктор

Адрес: ул. 3-го Интернационала, 186г, 222514, г. Борисов, Минская обл., Беларусь

Email: tech@pozhsnab.com

**Pavel V. Kovalev**

Limited Liability Company «POZHSNAB», Technical Department, Chief Designer

Address: 3rd Internatsionala str., 186g, 222514, Borisov, Minsk region, Belarus,

Email: tech@pozhsnab.com

### 3D-MODELING AND THE RESEARCH OF THE STRESS STATE OF MODERN 5 M<sup>3</sup> TANK'S CONSTRUCTION OF FIRE TRUCKS MADE OF COMPOSITE MATERIALS AND HIGH-ALLOY STEEL

**Korotkevich S.G., Kovtun V.A., Kovalev P.V.**

*Purpose.* Calculation of the stress state and safety margin of modern 5 m<sup>3</sup> tank's construction of fire trucks made of composite materials and high-alloy steel considering operational loads.

*Methods.* The development of 3D-models of tank structures was carried out using the SolidWorks software package. The creation of their finite element models and calculations were carried out in the Static Structural module of the ANSYS Workbench software package.

*Findings.* The analysis of the composite materials' features utilization in the modern production of fire trucks is carried out. Their advantages in comparison with steel ones are presented. 3D finite element models of 5 m<sup>3</sup> tank structures made of reinforced fibrous fiberglass and high-alloy stainless steel have been developed. To carry out a comparative calculation, the most loaded modes and conditions characterizing the features of the movement of fire trucks moving to emergency response place were selected. The calculation made it possible to establish dependencies linking the stressed state of tank structures with the modes of movement of fire trucks, as well as to identify the most loaded nodes in the structures. The results of calculating the safety margin of tank structures considering operational loads are presented.

*Application field of research.* Firefighting rescue units, industrial enterprises and higher educational institutions.

*Keywords:* fire truck, fire tanker reservoir, driving mode, stack plastic, high-alloy steel, finite element model, stress state, safety margin.

(The date of submitting: April 10, 2024)

#### REFERENCES

1. Shankaregowda K.C., Sridhar H.S., Ravi S.M. Computational analysis of fatigue life of S-glass/epoxy composite drive shaft. *International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology*, 2018. Vol. 7. Spec. iss. 7 (RTME & AS-2018). Pp. 28–34. Url: [https://www.ijirset.com/upload/2018/rtmeas/4\\_rtmeas8.pdf](https://www.ijirset.com/upload/2018/rtmeas/4_rtmeas8.pdf).
2. Vlasov D.D., Sklemina O.Yu., Polyakov A.E. Ob uproshchennykh metodakh opredeleniya uprugikh postoyannykh sloistyykh polimernyykh kompozitov [On simplified methods for determining the elastic constants of layered polymer composites]. *Plasticheskie massy*, 2023. No. 11–12. Pp. 17–20. (rus). DOI: 10.35164/0554-2901-2023-11-12-17-20. EDN: RYTWVV.
3. Afanas'ev B.A., Dashtiev I.Z. Proektirovanie elementov avtomobilya iz polimernyykh kompozitsionnykh materialov [Design of automobile elements made of polymer composite materials]: tutorial. Moscow: Bauman Moscow State Technical University, 2006. 91 p. (rus)
4. Bobovich B.B. Polimernye konstruksionnye materialy (struktura, svoystva, primeneniye) [Polymer structural materials (structure, properties, application)]: tutorial. Moscow: Forum, Infra-M, 2019. 400 p. (rus).
5. Kovtun V.A., Korotkevich S.G., Zharanov V.A. Kompyuternoe modelirovanie i issledovanie napryazhenno-deformirovannogo sostoyaniya konstruksiy tsistern pozharnykh avtomobiley [Computer simulation and research of the stress-strain state of fire tank truck construction]. *Journal of Civil Protection*, 2018. Vol. 2, No. 1. Pp. 81–90. (rus). DOI: 10.33408/2519-237X.2018.2-1.81. EDN: YSGWWC.
6. Kandasamy T., Rakheja S., Ahmed A.K.W. An analysis of baffles designs for limiting fluid slosh in partly filled tank trucks. *The Open Transportation Journal*, 2010. Vol. 4. Pp. 23–32. DOI: 10.2174/1874447801004010023.
7. Wang W., Guo Z., Peng Y., Zhang Q. A numerical study of the effects of the T-shaped baffles on liquid sloshing in horizontal elliptical tanks. *Ocean Engineering*, 2016. Vol. 111. Pp. 543–568. DOI: 10.1016/j.oceaneng.2015.11.020.
8. Kovtun V.A., Korotkevich S.G. Issledovanie uskoreniy, vznikayushchikh pod deystviem inertsiionnykh nagruzok v konstruksiyakh tsistern pozharnykh avtomobiley pri dvizhenii k mestu likvidatsii chrezvychaynykh situatsiy [Research of accelerations arising under the action of inertial loads in the structures of fire truck tanks when moving to the place of emergency liquidation]. *Journal of Civil Protection*, 2024. Vol. 8, No. 1. Pp. 43–56. (rus). DOI: 10.33408/2519-237X.2024.8-1.43. EDN: KVVVAZ.

## CHANGE OF COAL'S GAS CONTENT DURING TRANSPORTATION TO THE TEMPORARY STORAGE

Gendler S.G., Stepansova A.Yu., Mozzhanov D.B.

*Purpose.* Definition of correlation between residual gas content in coal stored in closed temporary storages and coal's natural gas content, which depends on the weather, train's transportation time and the amount of air ventilating closed storage needed to maintain methane concentration below threshold limit value.

*Methods.* Analysis of the transportation process from excavation site to the temporary storages, which takes into account transportation duration, carriages type and atmospheric temperature; experimental determination of effective diffusion coefficient for methane in coal fragments; theoretical research of thermal pattern dynamic for coal mass in train carriages; computational analysis of coal's gas content dynamic during transportation and correlation between residual coal's gas content and required airflow rate for temporary storage ventilation.

*Findings.* This paper represents the results of research of change of coal's gas content during excavation, transportation to the surface and further transportation to temporary storages by train by evaluating influence of physical and chemical properties of coal, effective diffusion coefficient in particular, and mean atmospheric temperature. According to procured data, value of effective diffusion coefficient, which depends on coal transportation time and its mean particle diameter, increases with the rise of mean coal mass temperature. Calculation of mean coal mass temperature per unit of volume during transportation is based on approximate method of Bubnov – Galerkin. Residual coal's gas content after transportation is calculated as difference between value of coal's gas content after loading into carriages and coal's gas content after delivery to temporary storages. Correlation between residual coal's gas content and required airflow rate for temporary storage ventilation has been established.

*Application field of research.* The results of the study can be used to ensure methane safety during temporary storage of coal raw materials in closed warehouses.

*Keywords:* bituminous coal, bituminous coal transportation, coal's seam gas content, residual gas content, methane, threshold limit concentration, coal storage, temporary coal storage.

(The date of submitting: April 10, 2024)

### Introduction

The purpose of temporary storage of coal in port terminals, thermal power plants and boiler houses is to create the necessary stock of coal products to ensure sustainable operation of sea transportation, generation of heat and electric power, obtaining raw materials for metallurgical, chemical and other industries.

In 2022 206,5 million tons of coal were transported through coal seaports in Russia – Ust-Luga, Vanino, Vostochny, Taman and Nakhodka, which is greater than in 2021 by 1.8 %. [1–3].

The vast majority of warehouses for temporary storage of coal are open areas, where coal is placed, pre-stacked in a stack, having, as a rule, the geometric shape of a trapezoid. One of the most significant disadvantages of this storing method is not only its quality drop due to exposure to weather, but also the wind erosion, which leads to generation and spread of coal dust thus negatively affecting the environment [4–6]. As an alternative way for temporary coal storing using closed temporary storages can minimize all negative factors of open type storing [7; 8].

While storing in closed temporary storages is obviously better from ecological standpoint, this method can lead to dangerous concentrations of gas in the storage's atmosphere, which may become the reason for storage employees' health issues. These can be caused by methane inflow from stored coal, which remained in coal fragments after excavation and transportation. Residual

coal's gas content value should be considered as the main factor that determines possible violation of threshold limit value (1 % of volume)<sup>1</sup>.

While storing coal in closed temporary storages the most rational way to maintain threshold limit value of gas is ventilation. Its necessity and parameters, including value of air inflow, mostly depend on residual coal's gas content before its unloading in closed temporary storages.

Therefore, the determination of required air inflow for closed temporary storage should be based on credible information about residual coal's gas content. It defines relevance of this paper's problem. Full research cycle was conducted for coal from Kuznetsk basin with grades G and J, which have natural gas content higher than 15 m<sup>3</sup>/t reaching up to 25 m<sup>3</sup>/t at certain depths [9]. Another point of this research is that these types of coal have the biggest commercial interest for marine export and, thus, for maintaining ecological safety during temporary storing in port terminals.

### Problem formulation

According to scientific literature [10–12], coal's gas content (methane content) after excavation and transportation to the surface is significantly lower than natural gas content in natural environment. Calculations, which were conducted according to instructional guidelines «Coal mine ventilation system design guide», showed that prolonged coal storing in the mine working greater than 10 days lowers coal's gas content by more than 2.5 times.

However, with high initial coal's gas content it doesn't decrease significantly even after transportation to the surface. For example, with natural coal's gas content of 30–40 m<sup>3</sup>/t, transportation to the surface may decrease the content only to 12–15 m<sup>3</sup>/t.

Further decrease in coal's gas content will continue during transportation by train. The dynamic of this process depends on the type of carriage, trains' velocity  $V_t$  (km/h), coal's swell factor  $K_s$ .

Coal is transported by train mostly with the use of open and closed four-axle carriages [13; 14], also recently open top containers started getting used.

Average coal transportation takes from 7 to 14 days depending on the distance traveled. Within this whole time the process of methane desorption from coal continues without interruptions. Gas release intensity of transported coal significantly depends on the value of effective diffusion coefficient  $D_{eff}$  (m<sup>2</sup>/s) [15–17], value of which was determined by us during experimental research [9].

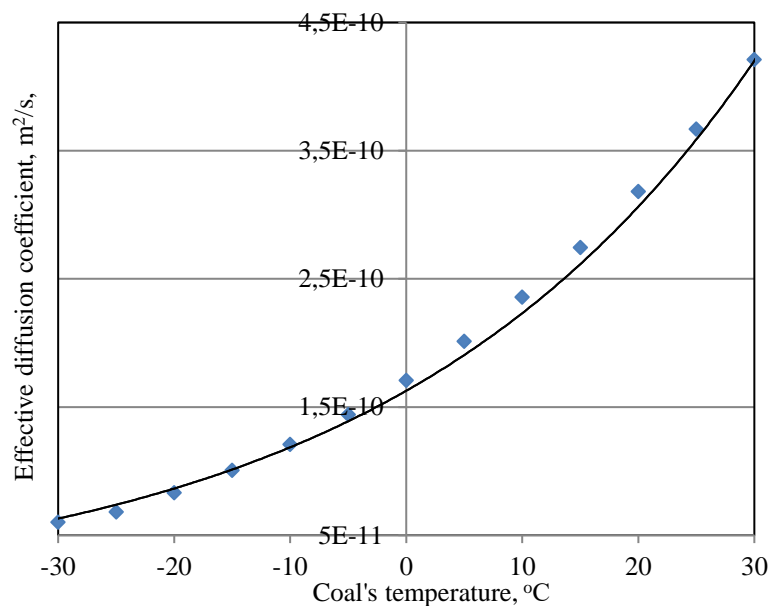


Figure 1. – Correlation between effective diffusion coefficient and mean coal mass temperature

<sup>1</sup> On approval of Federal norms and rules in the field of industrial safety «Safety rules for processing, preparation and briquetting of coal»: Order of the Federal Service for Environmental, Technological and Nuclear Supervision, No. 428, October 28, 2020; registered in the Ministry of Justice of Russia, December 21, 2020.

The presented graph in figure 1 suggests that the value of effective diffusion coefficient depends on coal mass temperature. Since coal's temperature during transportation can change depending on atmospheric air's temperature, it is proposed to set the value of the effective diffusion coefficient by the mean integral over the transportation period and volume average temperature of coal mass in railcars.

In order to calculate mean and averaged temperatures per unit of coal volume during the transportation process following conditions will be applied:

1. Inhomogeneous coal mass in carriages will be considered as homogeneous and defined by three effective thermophysical properties: thermal conductivity coefficient  $\lambda_{\text{eff}}$  (W/(m·K)), specific heat capacity  $C_{\text{eff}}$  (J/(kg·K)) and thermal diffusivity  $\alpha_{\text{eff}}$  (m<sup>2</sup>/s), values of which are applied according to recommendations from suggested studies [18; 19].

2. Four-axle carriage's complex shape will be considered as a cylinder with equivalent radius  $R_{\text{car}}$  (m), which will be calculated using the following formula:

$$R_{\text{car}} = 2S_{\text{car}} / u_{\text{car}}, \quad (1)$$

where  $S_{\text{car}}$  – four-axle carriage's cross-section area, m<sup>2</sup>;

$u_{\text{car}}$  – carriage's perimeter, m.

Heat dissipation coefficient  $\alpha_n$  can be calculated with the following empirical formula [20]:

$$\alpha_n = \alpha_{n,r} + \frac{0.7(V_t + 15)}{L_{\text{car}}^{0.2}}, \quad (2)$$

where  $\alpha_{n,r}$  – radiant component of heat dissipation, W/(m<sup>2</sup>·K) ( $\alpha_{n,r} = 9$  W/(m<sup>2</sup>·K) under summer conditions);

$L_{\text{car}}$  – carriage's length, m;

15 – dimensional coefficient, km/h;

0.7 – dimensional coefficient,  $\frac{\text{W}}{\text{m}^{1.8} \cdot \text{K}} / \text{km/h}$ .

The results of  $\alpha_n$  calculations indicate that at train speeds greater than 60 km/h, the value of  $\alpha_n$  exceeds 50 W/(m<sup>2</sup>·K). This gives us justification to assume that heat transfer intensity between carriages' surfaces and atmospheric air can be calculated with first-type boundary conditions.

The solution of calculating the heat transfer with equivalent thermophysical properties that models a rail carriage is done approximately and is based on Bubnov – Galerkin method [21].

The correlation between dimensionless mean integral temperature  $\bar{\theta}$  and cylinder's cross-section has the following form:

$$\bar{\theta} = 0.693e^{-5.78F_0^{\text{coal}}} + 0.197e^{-36.88F_0^{\text{coal}}}, \quad (3)$$

where  $F_0^{\text{coal}}$  – Fourier diffusion number for coal ( $F_0^{\text{coal}} = \alpha_{\text{eq}} \tau / R_{\text{car}}^2$ ;  $\alpha_{\text{eq}}$  – equivalent thermal diffusivity m<sup>2</sup>/s;  $\tau$  – transportation duration, s).

Dimensionless mean temperature of coal mass during transportation to temporary storage can be calculated using correlation (3) and the following ratio:

$$\bar{\theta}_m = \frac{1}{F_0^{\text{coal}}} \int_0^{F_0^{\text{coal}}} \bar{\theta} dF_0^{\text{coal}} \approx \frac{0.12}{F_0^{\text{coal}}} \left[ 1 - e^{-5.78F_0^{\text{coal}}} \right] + \frac{0.00534}{F_0^{\text{coal}}} \left[ 1 - e^{-36.88F_0^{\text{coal}}} \right]. \quad (4)$$

Then, the average temperature of the coal mass  $\bar{T}_m$  (K) is calculated by the following formula:

$$\bar{T}_m = t_{\text{air}} + \bar{\theta}_m (T_0 - t_{\text{air}}), \quad (5)$$

where  $t_{\text{air}}$  – air temperature, K;



$T_0$  – initial coal mass temperature, K.

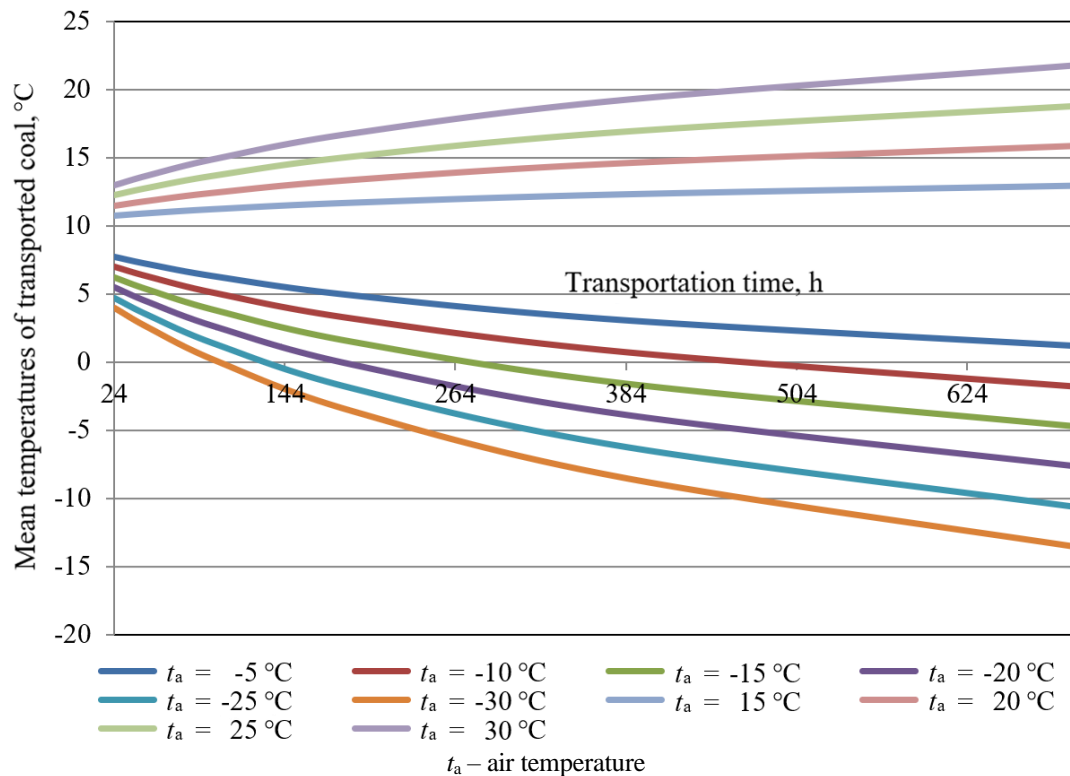
**Research’s results discussion**

The following calculations were done using correlation (4) for base data (table 2) with atmosphere’s temperature and transportation time as variables.

**Table 1. – Thermophysical properties of coal mass and its components**

Thermal conductivity, W/(m·K)		Specific heat capacity, J/(kg·K)		Relative volume		Effective properties of heterogeneous environment		
coal	air	coal	air	coal	air	Thermal conductivity $\lambda_{eff}$ , W/(m·K)	Specific heat capacity $C_{eff}$ , J/(kg·K)	Thermal diffusivity $\alpha_{eff}$ , m <sup>2</sup> /s
0.25	0.031	1300	1005	0.7	0.3	0.145	1212	0.0000013

Results are represented in Figure 2.



**Figure 2. – Average temperature of coal mass during transportation to temporary storage**

Analysis of the procured data shows that with prolonged transportation, depending on the weather, average temperature of coal mass can decrease by 10–20 °C in winter season and increase by 5–10 °C in summer season.

Change in coal’s gas content inside carriage  $X_\tau$  (m<sup>3</sup>/t) relative to the initial value is equal to the difference between initial value  $X_0$  and the total value of gas release:

$$X_\tau = X_0 \left( 1 - 2 \frac{F_{sur} \rho_{coal}}{P_{car}} \sqrt{\frac{D_{eff} \tau}{\pi}} \right), \quad (6)$$

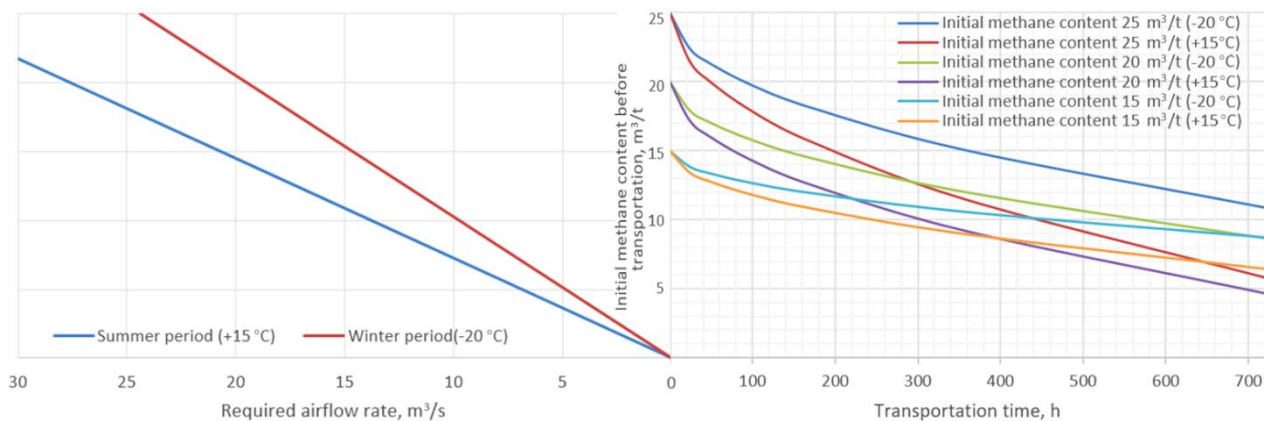
where  $F_{sur}$  – coal’s surface inside the carriage, m<sup>2</sup>;

$\rho_{coal}$  – coal density, kg/m<sup>3</sup>;

$P_{car}$  – carriage’s load capacity, kg.

Airflow rate that maintains methane concentration inside coal’s storage below 1 % is calculated based on methane airflow and total side surface of coal pile.

Joint graph for coal's gas content (methane content) calculation during transportation depending on different atmospheric air's temperatures and airflow rate is represented in figure 3.



**Figure 3. – Graph for residual coal's gas content and required airflow rate determination for closed temporary storage's ventilation during 5 days of storing**

As the represented graph from figure 3 shows, the required airflow rate that will maintain safe exploitation of closed temporary storage with methane release depends on residual coal's gas content (methane content) before transportation and transportation duration. For example, during 10-day transportation in winter season coal's gas content will drop from 20 to 13 m<sup>3</sup>/t and the value of the required air flow rate will be 17 m<sup>3</sup>/s.

### Conclusion

1. Determination of purposefulness of ventilation installation in order to prevent methane concentration higher than 1 % should be based on credible information about residual coal's gas content after excavation, transportation to surface and to temporary storages.

2. Gas release intensity of transported coal significantly depends on the value of effective diffusion coefficient  $D_{\text{eff}}$ , which, in turn, depends on the average value of coal mass temperature: coal mass's temperature increase quickens the rate of methane desorption from coal fragments, which decreases residual coal's gas content of coal mass during its transportation compared to winter season.

3. Calculation of the average temperature of the coal mass loaded into cars over the transportation period can be carried out assuming the possibility of replacing a heterogeneous coal mass with a homogeneous one with equivalent thermophysical properties based on the approximate Bubnov – Galerkin method.

4. Coal's gas content monotonically decreases during its transportation. With residual coal's gas content value of 15 m<sup>3</sup>/t, a gradual decrease in coal's gas content can be observed during its transportation to temporary storage. Thus, after seven days of coal mass transportation during winter season at -20 °C the residual coal's gas content will be approximately equal to 11 m<sup>3</sup>/t, after 15 days – lower than 8 m<sup>3</sup>/t, in summer season at +15 °C it will be 9,5 m<sup>3</sup>/t and lower than 6 m<sup>3</sup>/t accordingly.

5. Airflow that is required to decrease methane concentration below 1 % increases with higher residual coal's gas content before unloading in the temporary storage. Thus, in order to ensure normal methane concentration for 5 days with residual coal's gas content of 15 m<sup>3</sup>/t, required airflow rate will be equal to 15 m<sup>3</sup>/s during winter season and 20 m<sup>3</sup>/s during summer season.

### REFERENCES

1. Potekhina A.M., Potekhina A.M., Dekanova N.P. Perspective volumes of cargo transportation at the Eastern polygon up to 2030. *Proc. of VII All-Russian scientific-practical conf. «Modern Russian science: current issues, achievements and innovations»*, Penza, March 15, 2024. Penza: Nauka I Prosveshchenie, 2024. Pp. 17–21. (rus). EDN: CAUCXR.

2. Krivopishina M.E. Rational equipment of the seaport terminal for export coal. *Scientifically technical and economical cooperation in Asia-Pacific countries in the 21st century*, 2021. Vol. 1. Pp. 86–90. (rus). EDN: GOGGJT.
3. Cherepanov R.Yu., Solov'ev A.S. Environmental safety at the coal terminal in the port of Vanino. Proc. of X All-Russian (with international participation) scientific-technical conf. of young researchers «Actual problems of construction, housing and communal services and technosphere safety», Volgograd, April 24–29, 2023. Volgograd State Technical University, 2023. Pp. 319–320. (rus). EDN: GNVHYJ.
4. Kostyunichev D.N., Otdelkin N.S. Assessment of the meshed screens operability to reduce dust emissions of bulk cargo from the ports open warehouses. *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S.O. Makarova*, 2024. Vol. 16, No. 1. Pp. 55–63. (rus). DOI: 10.21821/2309-5180-2024-16-1-55-63. EDN: KKAQND.
5. Rodionov V.A., Tursenev S.A., Skripnik I.L., Ksenofontov Y.G. Results of the study of kinetic parameters of spontaneous combustion of coal dust. *Journal of Mining Institute*, 2020. Vol. 246. Pp. 617–622. (rus). DOI: 10.31897/PMI.2020.6.3. EDN: AWHZJW.
6. Rush E.A., Vlasova N.V. Promising measures aimed at environmental protection when working with coal at the production sites of the terminal and storage complex. *Modern Technologies. System analysis. Modeling*, 2023. No. 2 (78). Pp. 20–32. (rus). EDN: EFGFKC.
7. Al'mukhametova S.G. Transition of open coal stockpiles to closed ones as a solution to the problem of dust emissions into the environment. *Proc. of XIX Youth intern. scientific-practical conf. of students and young scientistson «Step into the future: theoretical and applied researches of modern science»*, St. Petersburg, May 19-20, 2020. Morrisville, NC, USA: Lulu Press, 2020. Pp. 25–28. (rus). EDN: MDUDDQ.
8. Tankov A.M., Salikhov V.A. Assessment of the impact on the environment of coal storage conditions in open and closed coal warehouses in Kuzbass [Electronic resource]. *Proc. of XIX Intern. scientific-practical conf. «Natural and intellectual resources of Siberia. Sibresurs 2022»*, Kemerovo, November 23–24, 2022. Kemerovo: T.F. Gorbachev State Technical University, 2022. Article 116. 5 p. (rus). EDN: DZPLFS.
9. Gendler S.G., Vasilenko T.A., Stepantsova A.Yu. Investigation of mass transfer of hard coal during its transportation to the place of temporary storage. *Mining information and analytical bulletin*, 2023. No. 9-1. Pp. 135–148. (rus). DOI: 10.25018/0236\_1493\_2023\_91\_0\_135. EDN: KLQAFM.
10. Guo J., Gao J., Yan K., Zhang B. Unintended mitigation benefits of China's coal de-capacity policies on methane emissions. *Energy Policy*, 2023. Vol. 181. Article 113718. DOI: 10.1016/j.enpol.2023.113718.
11. Vasilenko T.A., Islamov A.H., Kirillov A.K., Doroshkevich A.S. Investigation of the hierarchical structure of pores of fossil coals by non-destructive methods. *Mining information and analytical bulletin*, 2018. No. S49. Pp. 33–48. (rus) DOI: 10.25018/0236-1493-2018-11-49-33-48. EDN: YSTLRR.
12. Starikov G.P., Yurchenko V.M., Mel'nik T.N., Khudoley O.G., Kravchenko A.V. Activation of methane diffusion in coal under varied mechanical and thermodynamical parameters of a coal seam. *Physics and High Pressure Technology*, 2019. Vol. 29, No 3. Pp. 122–130. EDN: SZNRTE.
13. Churashev V.N. Prospects for transportation of coal of Siberian deposits. *ECO*, 2015. No. 5. Pp. 82–98. (rus). EDN: TRSNPR.
14. Astafurov N.A. Coal transportation in Russia. *Scientific forum. Siberia*, 2015. No 1. Pp. 84–85. (rus). EDN: VXEDML.
15. Vasilenko T.A., Kirillov A.K., Molchanov A.N., Pronskii E.A. An NMR study of the ratio between free and sorbed methane in the pores of fossil coals. *Chemistry of Solid Fuel*, 2018. Vol. 52, No. 6. Pp. 361–369. DOI: 10.3103/S0361521918050087. EDN: JPANAG.
16. Gaidarov B.A. Review of the key characteristics of experimental methods for coalbed methane diffusion coefficient measurment. *Trudy Instituta geologii Dagestanskogo nauchnogo centra RAN*, 2022. No. 4 (91). Pp. 24–31. (rus). DOI: 10.33580/2541-9684-2022-91-4-24-31. EDN: UOBFYT.
17. Fel'dman E.P., Vasilenko T.A., Kalugina N.A. Physical kinetics of coal-methane system: mass transfer, pre-outburst events. *Journal of Mining Science*, 2014. Vol. 50, No 3. Pp. 448–464. DOI: 10.1134/S1062739114030077. EDN: XNLHZZ.
18. Kudryakov O.V., Varavka V.N., Arefeva L.P. Engineering-physical method for determining the thermal conductivity of objects with micrometric thickness and a complex structure. *Safety of Technogenic and Natural Systems*, 2023. Vol. 7, No. 2. Pp. 80–89. (rus). DOI: 10.23947/2541-9129-2023-7-2-80-89. EDN: ETRLSY.

19. Gribovskiy G.V., Shuplyakov M.Yu. Review of methods for determination of heat exchange coefficient for different surfaces under MMG conditions. *Proc. of Sixth conference of geocryologists of Russia «Monitoring in Cryolite Zone» with participation of Russian and foreign scientists, engineers and specialists. Lomonosov Moscow State University, June 14-17, 2022.* Moscow: Dobrosvet, 2022. Pp. 595–599. (rus). EDN: FQSKIT
20. Balalayev A.N., Mokshanov A.S., Parenjuk M.A. Thermal properties of carriages and containers made of extruded aluminum panels. *Transport of the Russian Federation*, 2014. No. 1 (50). Pp. 58–60. (rus). EDN: SCCIIV.
21. Sukhoterina M.V., Sosnovskaya A.A., Pizhurina N.F. Shear buckling of ship structures rectangular elements. *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S.O. Makarova*, 2023. Vol. 15, No. 6. Pp. 1054–1065. (rus). DOI: 10.21821/2309-5180-2023-15-6-1054-1065. EDN: UWSTSW.

**Изменение газоносности углей при транспортировке до места временного хранения**  
**Change of coal's gas content during transportation to the temporary storage**

***Гендлер Семен Григорьевич***

доктор технических наук, профессор  
Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего  
образования «Санкт-Петербургский горный  
университет императрицы Екатерины II»,  
кафедра безопасности производств,  
заведующий кафедрой  
Адрес: Васильевский остров, 21-я линия, 2,  
199106, г. Санкт-Петербург, Россия  
Email: Gendler\_SG@pers.spmi.ru  
SPIN-код: 4043-5453

***Semyon G. Gendler***

Grand PhD in Technical Sciences, Professor  
Federal State Budgetary Educational Institution  
of Higher Education «St. Petersburg Mining  
University of Empress Catherine the Great»,  
Chair of Industrial Safety,  
Head of the Chair  
Address: Vasilyevsky Island, 21st Line, 2,  
199106, St. Petersburg, Russia  
Email: Gendler\_SG@pers.spmi.ru  
ORCID: 0000-0002-7721-7246  
ScopusID: 56168675100  
ResearcherID: I-9283-2017

***Степанцова Анастасия Юрьевна***

Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего  
образования «Санкт-Петербургский горный  
университет императрицы Екатерины II»,  
кафедра безопасности производств,  
аспирант  
Адрес: Васильевский остров, 21-я линия, 2,  
199106, г. Санкт-Петербург, Россия  
Email: s215060@stud.spmi.ru  
SPIN-код: 4509-5158

***Anastasiia Yu. Stepantsova***

Federal State Budgetary Educational Institution  
of Higher Education «St. Petersburg Mining  
University of Empress Catherine the Great»,  
Chair of Industrial Safety,  
postgraduate student  
Address: Vasilyevsky Island, 21st Line, 2,  
199106, St. Petersburg, Russia  
Email: s215060@stud.spmi.ru  
ORCID: 0000-0002-5027-4742  
ScopusID: 58723881500

***Мозжанов Дмитрий Борисович***

Специалист в области горного дела  
Адрес: г. Санкт-Петербург, Россия  
Email: mozzhanof904@yandex.ru

***Dmitry B. Mozzhanov***

Specialist in mining engineering  
Address: St. Petersburg, Russia  
Email: mozzhanof904@yandex.ru  
ORCID: 0009-0003-2112-5785

## ИЗМЕНЕНИЕ ГАЗОНОСНОСТИ УГЛЕЙ ПРИ ТРАНСПОРТИРОВКЕ ДО МЕСТА ВРЕМЕННОГО ХРАНЕНИЯ

Гендлер С.Г., Степанцова А.Ю., Мозжанов Д.Б.

*Цель.* Установление взаимосвязи между остаточной газоносностью углей, размещаемых на временное хранение в закрытых угольных складах, относительно начальной газоносности в природных условиях, зависящей от продолжительности транспортировки и метеорологических условий во время транспортирования угольной массы по железной дороге, и количеством воздуха, обеспечивающим при проветривании закрытого склада нормативную концентрацию метана.

*Методы.* Анализ процесса транспортировки углей от места добычи до их временного складирования, учитывающего время транспортировки, тип вагонов и значение температуры наружного воздуха; экспериментальное определение коэффициента эффективной диффузии метана из угольных отдельностей; теоретические исследования динамики температурных полей в угольной массе, находящейся в железнодорожных вагонах; расчетный анализ динамики газоносности углей во время транспортировки и взаимосвязи остаточной газоносности с расходом воздуха для проветривания закрытого угольного склада.

*Результаты.* В работе представлены результаты исследований изменения метаноносности угля в процессе добычи, извлечения его на поверхность и последующей транспортировки железнодорожным способом до мест временного хранения на основе оценки влияния физико-химических свойств угля, в частности эффективного коэффициента диффузии, а также средней температуры окружающей среды. Показано, что значение эффективного коэффициента диффузии, зависящее от времени транспортировки угля и его среднего диаметра частиц, увеличивается при повышении средней температуры угольной массы. На основе приближенного метода Бубнова – Галеркина получена средняя температура угольной массы на единицу объема за период транспортировки. Остаточная газоносность угля после транспортировки вычислена как разница между величиной газоносности после его погрузки в вагоны и газоносностью после доставки угля к месту временного хранения. Установлена взаимосвязь между величиной остаточной газоносности углей и расходом воздуха, необходимым для проветривания закрытого склада.

*Область применения исследований.* Результаты исследования могут быть использованы для обеспечения метанобезопасности при временном хранении угольного сырья на закрытых складах.

*Ключевые слова:* каменный уголь, транспортировка каменного угля, газоносность угольных пластов, остаточная газоносность, метан, предельно-допустимая концентрация, угольный склад, временное хранение угля.

(Поступила в редакцию 10 апреля 2024 г.)

### ЛИТЕРАТУРА

1. Потехина, А.М. Перспективные объемы грузоперевозок на восточном полигоне до 2030 года / А.М. Потехина, А.М. Потехина, Н.П. Деканова // Современная российская наука: актуальные вопросы, достижения и инновации: сб. статей VII Всероссийской науч.-практ. конф., Пенза, 15 марта 2024 г. – Пенза: Наука и Просвещение (ИП Гуляев Г.Ю.), 2024. – С. 17–21. – EDN: CAUCXR.
2. Кривопишина, М.Е. Рациональное оснащение терминала морского порта для экспортного угля / М.Е. Кривопишина // Научно-техническое и экономическое сотрудничество стран АТР в XXI веке. – 2021. – Т. 1. – С. 86–90. – EDN: GOGGJT.
3. Черепанов, Р.Ю. Экологическая безопасность на угольном терминале в порту Ванино / Р.Ю. Черепанов, А.С. Соловьев // Актуальные проблемы строительства, ЖКХ и техносферной безопасности: материалы X Всероссийской (с международным участием) научно-технической конференции молодых исследователей, Волгоград, 24–29 апр. 2023 г. – Волгоград: ВолГТУ, 2023. – С. 319–320. – EDN: GNVHYJ.

4. Костюничев, Д.Н. Оценка работоспособности сетчатых экранов по снижению пылевых выбросов сыпучих грузов с открытых складов портов / Д.Н. Костюничев, Н.С. Отделкин // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С.О. Макарова. – 2024. – Т. 16, № 1. – С. 55–63. – DOI:10.21821/2309-5180-2024-16-1-55-63. – EDN: KKAQND.
5. Родионов, В.А. Результаты исследования кинетических параметров самовозгорания каменноугольной пыли / В.А. Родионов [и др.] // Записки Горного института. – 2020. – Т. 246. – С. 617–622. – DOI: 10.31897/PMI.2020.6.3. – EDN: AWHZJW.
6. Руш, Е.А. Перспективные мероприятия, направленные на экологическую защиту при работе с углем на производственных участках терминально-складского комплекса / Е.А. Руш, Н.В. Власова // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. – 2023. – № 2 (78). – С. 20–32. – EDN: EFGFKC.
7. Альмухаметова, С.Г. Переход открытых складов угля к закрытым как решение проблемы выбросов пыли в окружающую среду / С.Г. Альмухаметова // Шаг в будущее: теоретические и прикладные исследования современной науки: материалы XIX Молодежной международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Санкт-Петербург, 19–20 мая 2020 г. – Morrisville, NC, USA: Lulu Press, 2020. – С. 25–28. – EDN: MDUDDQ
8. Танков, А.М. Оценка влияния на экологию условий хранения угля в открытых и закрытых угольных складах Кузбасса / А.М. Танков, В.А. Салихов // Природные и интеллектуальные ресурсы Сибири. Сибресурс 2022: сб. материалов XIX Междунар. науч.-практ. конф., Кемерово, 23–24 нояб. 2022 г. – Кемерово: Кузбас. гос. техн. ун-т им. Т.Ф. Горбачева, 2022. – Статья 116. – 5 с. – EDN: DZPLFS.
9. Гендлер, С.Г. Экспериментальные исследования параметров массопереноса в каменных углях / С.Г. Гендлер, Т.А. Василенко, А.Ю. Степанцова // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2023. – № 9-1. – С. 135–148. – DOI: 10.25018/0236\_1493\_2023\_91\_0\_135. – EDN: KLQAFM.
10. Guo, J. Unintended mitigation benefits of China's coal de-capacity policies on methane emissions / Jinling Guo, Junlian Gao, Kejia Yan, Bo Zhang // Energy Policy. – 2023. Vol. 181. – Article 113718. – DOI: 10.1016/j.enpol.2023.113718.
11. Василенко, Т.А. Исследование иерархической структуры пор ископаемых углей неразрушающими методами / Т.А. Василенко [и др.] // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2018. – № S49. – С. 33–48. – DOI: 10.25018/0236-1493-2018-11-49-33-48. – EDN: YSTLRR.
12. Стариков, Г.П. Активация диффузии метана в угле под воздействием изменяющихся механических и термодинамических параметров пласта / Г.П. Стариков [и др.] // Физика и техника высоких давлений. – 2019. – Т. 29, № 3. – С. 122–130. – EDN: SZNRTE.
13. Чурашев, В.Н. Перспективы развития транспортировки угля сибирских месторождений / В.Н. Чурашев // ЭКО. – 2015. – № 5. – С. 82–89. – EDN: TRSNPR.
14. Астафуров, Н.А. Транспортировка угля в России / Н.А. Астафуров // Научный форум. Сибирь. – 2015. – № 1. – С. 84–85. – EDN: VXEDML.
15. Василенко, Т.А. ЯМР-исследование соотношения свободного и сорбированного метана в порах ископаемых углей / Т.А. Василенко [и др.] // Химия твердого топлива. – 2018. – № 6. – С. 21–29 – DOI: 10.1134/S0023117718050092. – EDN: YNNPN.
16. Гайдаров, Б.А. Обзор основных характеристик экспериментальных методов измерения коэффициента диффузии метана угольных пластов / Б.А. Гайдаров // Труды института геологии дагестанского научного центра РАН. – 2022. – № 4 (91). – С. 24–31. – DOI: 10.33580/2541-9684-2022-91-4-24-31. – EDN: UOVFYT.
17. Фельдман, Э.П. Физическая кинетика угольный пласт-метан: массоперенос, предвыбросные явления / Э.П. Фельдман, Т.А. Василенко, Н.А. Калугина // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. – 2014. – № 3. – С. 46–65. – EDN: SMIDIZ.
18. Кудряков, О.В. Инженерно-физический метод определения теплопроводности объектов микрометрической толщины со сложной структурой / О.В. Кудряков, В.Н. Варавка, Л.П. Арефьева // Безопасность техногенных и природных систем. – 2023. – № 2. – С. 80–89. – DOI: 10.23947/2541-9129-2023-7-2-80-89. – EDN: ETRLSY.
19. Грибовский, Г.В. Обзор методик по определению коэффициента теплообмена для различных поверхностей в условиях ММГ / Г.В. Грибовский, М.Ю. Шупляков // Сборник докладов Шестой

- конференции геокриологов России «Мониторинг в криолитозоне» с участием российских и зарубежных ученых, инженеров и специалистов. МГУ им. М.В. Ломоносова, 14–17 июня 2022 г.: сб. статей. – М.: «КДУ», «Добросвет», 2022. – С. 595–599. – EDN: FQSKIT.
20. Балалаев, А.Н. Теплотехнические свойства вагонов и контейнеров из экструдированных алюминиевых панелей / А.Н. Балалаев, А.С. Мокшанов, М.А. Паренюк // Транспорт Российской Федерации. – 2014. – № 1 (50). – С. 58–60. – EDN: SCCIV.
21. Сухотерин, М.В. Устойчивость прямоугольных элементов судовых конструкций при чистом сдвиге / М.В. Сухотерин, А.А. Сосновская, Н.Ф. Пижурин // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С.О. Макарова. – 2023. – Т. 15, № 6. – С. 1054–1065. – DOI: 10.21821/2309-5180-2023-15-6-1054-1065. – EDN: UWSTSW.



## РАЗРАБОТКА ОБНОВЛЕННОЙ НАЦИОНАЛЬНОЙ СТРАТЕГИИ ПО СНИЖЕНИЮ РИСКА ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ ДО 2030 ГОДА

Саланович С.А., Полевода И.И., Тихонов М.М., Олесюк Н.М.

*Цель.* Обновление существующей Национальной стратегии по снижению возникновения риска чрезвычайных ситуаций в Республике Беларусь на 2019–2030 годы.

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

*Результаты.* Разработана обновленная Национальная стратегия по снижению риска чрезвычайных ситуаций в Республике Беларусь до 2030 года.

*Область применения исследований.* Результаты работы могут быть использованы в практической деятельности при стратегическом планировании реализации мероприятий по снижению риска чрезвычайных ситуаций.

*Ключевые слова:* риск, чрезвычайная ситуация, опасность военного времени, цели устойчивого развития, Сендайская рамочная программа, тенденция, трансформация управления.

(Поступила в редакцию 10 апреля 2024 г.)

### Введение

Принятые Республикой Беларусь в 2016 г. обязательства выполнения глобальных целевых задач Сендайской рамочной программы по снижению риска бедствий на 2015–2030 гг.<sup>1</sup> и в 2017 г. – Повестки дня в области устойчивого развития на период до 2030 г.<sup>2</sup>, включающей 17 Целей устойчивого развития<sup>3</sup>, послужили основанием для разработки Национальной стратегии по снижению риска возникновения чрезвычайных ситуаций в Республике Беларусь на 2019–2030 годы [1] (далее – Стратегия), утвержденной в ноябре 2018 г. Премьер-министром Республики Беларусь, и территориальных программ по реализации Стратегии с учетом специфики регионов (7 программ) [2–4]. Вместе с тем в реалиях сегодняшнего времени действующая редакция Стратегии не в полной мере адаптирована к новым вызовам и угрозам, с которыми сталкивается Республика Беларусь на современном этапе, зафиксированным в обновленной Концепции национальной безопасности Республики Беларусь<sup>4</sup>.

Проведена разработка обновленной Национальной стратегии по снижению риска чрезвычайных ситуаций в Республике Беларусь до 2030 года (далее – обновленная Стратегия).

### Основные положения

Обновленная Стратегия закрепляет совокупность официальных взглядов на сущность и содержание деятельности Республики Беларусь по снижению риска чрезвычайных ситуаций

<sup>1</sup> Сендайская рамочная программа по снижению риска бедствий на 2015–2030 гг. [Электронный ресурс] // Управление по снижению риска бедствий Организации Объединенных Наций. – Женева, 2015. – 32 с. – Режим доступа: <https://www.undrr.org/publication/sendai-framework-disaster-risk-reduction-2015-2030>. – Дата доступа: 03.04.2024.

<sup>2</sup> Преобразование нашего мира: Повестка дня в области устойчивого развития на период до 2030 года [Электронный ресурс]: Резолюция, принятая Генеральной Ассамблеей Организации Объединенных Наций, 25 сент. 2015 г. – Женева, 2015. – 44 с. – Режим доступа: <https://sdgs.un.org/2030agenda>. – Дата доступа: 03.04.2024.

<sup>3</sup> 17 Целей в области устойчивого развития [Электронный ресурс] // Департамент по экономическим и социальным вопросам Организации Объединенных Наций. – Женева, 2015. – Режим доступа: <https://sdgs.un.org/ru/goals>. – Дата доступа: 03.04.2024.

<sup>4</sup> Концепция национальной безопасности Республики Беларусь [Электронный ресурс]: утв. решением Всебелорусского народного собрания, 25 апр. 2024 г., № 5 // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь. – Режим доступа: <https://pravo.by/document/?guid=3871&p0=P924v0005>. – Дата доступа: 02.05.2024.

природного и техногенного характера [2], опасностей, возникающих при ведении военных действий или вследствие этих действий. Документ призван обеспечить единство подходов к реализации государственной политики в области защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера и гражданской обороны, целеполагание и методологическую основу совершенствования актов законодательства, разработки прогнозных и программных документов на среднесрочную и долгосрочную перспективу [1; 2].

Обновленная Стратегия разработана в развитие основополагающих документов стратегического планирования:

Концепции национальной безопасности Республики Беларусь<sup>5</sup>;

Национальной стратегии устойчивого развития Республики Беларусь до 2035 г.<sup>6</sup>;

Сендайской рамочной программы по снижению риска бедствий на 2015–2030 гг.<sup>7</sup>;

Повестки дня ООН в области устойчивого развития на период до 2030 г.<sup>8</sup>;

Стратегии «Наука и технологии: 2018–2040»<sup>9</sup>.

Обновленная Стратегия дополняет положения Концепции национальной безопасности Республики Беларусь и основополагающих нормативных правовых актов в области защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, гражданской обороны<sup>10, 11, 12</sup> и реализована как комплекс мероприятий, направленных на обеспечение национальных интересов Республики Беларусь в социальной сфере (безопасности жизнедеятельности населения).

Результаты реализации обновленной Стратегии напрямую способствуют выполнению Республикой Беларусь обязательств по достижению Целей устойчивого развития (далее – ЦУР) и целевых задач Сендайской рамочной программы на 2015–2030 гг.

Обновленная Стратегия определяет порядок реализации предусмотренных Сендайской рамочной программой приоритетов в части:

– понимания риска чрезвычайной ситуации (далее – ЧС), включающего ее анализ, оценку, управление и смягчение последствий;

– совершенствования организационно-правовых рамок управления риском ЧС;

– инвестиций в меры по снижению риска ЧС в целях укрепления потенциала противодействия;

– повышения готовности к ЧС для обеспечения эффективного реагирования и совершенствования деятельности по восстановлению, реабилитации и реконструкции [1; 2].

Реализация обновленной Стратегии осуществляется посредством выполнения мероприятий по снижению риска ЧС (далее – мероприятия), закрепленных в Плане действий по

<sup>5</sup> См. сноску 4.

<sup>6</sup> Национальная стратегия устойчивого развития Республики Беларусь до 2035 года [Электронный ресурс] // Протокол заседания Президиума Совета Министров Республики Беларусь от 4 февраля 2020 г. № 3. – Режим доступа: [https://minsk.gov.by/ru/freepage/other/prognoznyedokumenty/natsionalnaya\\_strategiya\\_rb\\_do\\_2035.pdf](https://minsk.gov.by/ru/freepage/other/prognoznyedokumenty/natsionalnaya_strategiya_rb_do_2035.pdf). – Дата доступа: 03.01.2024.

<sup>7</sup> См. сноску 1.

<sup>8</sup> См. сноску 2.

<sup>9</sup> Стратегия «Наука и технологии: 2018–2040» [Электронный ресурс]: утв. постановлением Президиума Национальной академии наук Беларуси, 26 февр. 2018, № 17. – Режим доступа: [https://nasb.gov.by/congress2/strategy\\_2018-2040.pdf](https://nasb.gov.by/congress2/strategy_2018-2040.pdf). – Дата доступа: 03.01.2024.

<sup>10</sup> О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера [Электронный ресурс]: Закон Респ. Беларусь от 5 мая 1998 г. № 141-3 // Информационно-аналитическая поддержка бухгалтеров, юристов и руководителей от iLex. – Режим доступа: <http://www.illex.by>. – Дата доступа: 03.01.2024.

<sup>11</sup> О гражданской обороне [Электронный ресурс]: Закон Респ. Беларусь от 27 ноября 2006 г. № 183-3 // Онлайн-сервис готовых правовых решений iLex / ООО «ЮрСпектр», Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. – Режим доступа: <https://illex-private.illex.by>. – Дата доступа: 03.01.2024.

<sup>12</sup> О Государственной системе предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций [Электронный ресурс]: постановление Совета Министров Республики Беларусь от 10 апреля 2001 г. № 495 // Онлайн-сервис готовых правовых решений iLex / ООО «ЮрСпектр», Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. – Режим доступа: <https://illex-private.illex.by>. – Дата доступа: 03.01.2024.

реализации Национальной стратегии по снижению риска чрезвычайных ситуаций до 2030 года (далее – План действий).

План действий содержит:

- мероприятия по снижению риска ЧС;
- ожидаемые результаты;
- индикаторы достижения результатов;
- перечень исполнителей и соисполнителей по каждому мероприятию [1; 2].

Мероприятия обновленной Стратегии направлены на снижение ущерба экономике от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, опасностей, возникающих при ведении военных действий или вследствие этих действий и способствуют развитию научно-технического потенциала в области робототехники и беспилотных летательных аппаратов для автоматизации проведения мониторинга ЧС, проведения поисково-спасательных и аварийно-спасательных работ, разработки новых композиционных и «умных» материалов [5]. Выполнение мероприятий осуществляется в соответствии с законодательством в пределах средств, ежегодно предусматриваемых в республиканском и (или) местных бюджетах на содержание органов государственного управления и организаций, участвующих в реализации Плана действий, а также иных источников, не запрещенных законодательством.

### **Национальная платформа по снижению риска ЧС**

Национальная платформа по снижению риска ЧС (далее – Национальная платформа) – совокупность национальных механизмов координации и стратегического управления в сфере снижения риска ЧС, которые носят многоотраслевой характер и предполагают участие всех заинтересованных сторон. Министерство по чрезвычайным ситуациям (далее – МЧС) является функциональным ядром, обеспечивающим слаженное взаимодействие всех ее участников. Планирование, разработка и реализация мероприятий Национальной платформы возлагаются на Государственную систему предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций (далее – ГСЧС) в мирное время, на гражданскую оборону (далее – ГО) – в военное.

Структуру и состав Национальной платформы формируют государственные органы и организации, на которые в соответствии с Указом Президента Республики Беларусь от 25 мая 2017 г. № 181 «О Национальном координаторе по достижению Целей устойчивого развития» возложена ответственность за реализацию ЦУР и функциональные подсистемы которых способны обеспечивать эффективное противостояние риску ЧС, а также иные субъекты, деятельность которых направлена на предупреждение и ликвидацию ЧС.

Национальную платформу формируют 42 участника: республиканские органы государственного управления, НАН Беларуси, иные государственные организации, областные (Минский городской) исполнительные комитеты.

Построение Национальной платформы осуществляется по административно-территориальному и отраслевому принципам и имеет 4 уровня: республиканский, территориальный, местный и объектовый. Координация реализации цели Стратегии осуществляется на республиканском и территориальном уровнях ГСЧС и ГО. Реализация цели Стратегии осуществляется на всех уровнях ГСЧС и ГО.

Территориальные подсистемы Национальной платформы создаются в пределах их территорий, состоят из звеньев (район, город), соответствующих принятому в республике административно-территориальному устройству.

Отраслевые подсистемы Национальной платформы создаются субъектами Национальной платформы, определенными постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 23 октября 2023 г. № 723 «О республиканской системе резервов материальных ресурсов для ликвидации чрезвычайных ситуаций», для организации и осуществления работы по защите организаций, входящих в систему соответствующих государственных органов, от ЧС и участия в проведении аварийно-спасательных и других неотложных работ.

Задачи, структура, порядок функционирования территориальных и отраслевых подсистем определяются положениями об отраслевых и территориальных подсистемах ГСЧС [1; 2].

Каждый уровень Национальной платформы имеет координирующие органы (только в мирное время), органы управления, силы и средства, информационно-управляющую систему и резервы материальных ресурсов.

В целях организации устойчивого управления Национальной платформой, ее территориальными и отраслевыми подсистемами и их звеньями органы управления по чрезвычайным ситуациям оснащаются соответствующими средствами связи и оповещения, сбора, обработки и передачи информации, необходимой оргтехникой, поддерживаемыми в состоянии постоянной готовности к использованию [1; 2].

В состав сил и средств Национальной платформы в мирное время входят силы и средства ГСЧС, в военное время – силы и средства ГО.

В мирное время функционирование Национальной платформы осуществляется в трех режимах: повседневном режиме; режиме повышенной готовности; чрезвычайном режиме.

В военное время функционирование Национальной платформы осуществляется в соответствии с установленными в ГО степенями готовности.

Национальная платформа реализует мероприятия по снижению риска ЧС в соответствии со своей структурой: на республиканском уровне – в рамках планов развития на республиканском уровне, на территориальном и местном уровнях – в рамках планов развития на региональном уровне.

### **Основные угрозы, их источники и тенденции трансформации управления риском ЧС**

Основными угрозами ЧС являются: нанесение вреда жизни и здоровью населения, материальный ущерб, химическое заражение, радиоактивное загрязнение, катастрофическое затопление территории, нарушение условий жизнедеятельности населения, нарушение безопасности функционирования критически важных объектов.

Источниками техногенных ЧС являются: пожары (за исключением природных) и взрывы; аварии на радиационных объектах; аварии на химически опасных объектах; аварии на пожаровзрывоопасных объектах; аварии на гидротехнических сооружениях; аварии на транспорте (железнодорожном, автомобильном, воздушном, водном и метро); внезапное разрушение сооружений; аварии на электроэнергетических сетях, аварии систем и сетей электросвязи; наличие в окружающей среде загрязняющих веществ выше предельно допустимых концентраций [6].

Источниками природных ЧС являются: землетрясения; обвалы; осыпи; просадка (провалы) земной поверхности; карстовые явления; опасные метеорологические явления, включая шквалы и смерчи; высокие уровни воды; низкие уровни воды; ранний ледостав и появление льда на судоходных реках; повышение уровня грунтовых вод; природные пожары; рудничные пожары; инфекционные заболевания, на которые распространяются мероприятия по санитарной охране территории Республики Беларусь; групповые случаи опасных инфекционных заболеваний; отравления людей в результате употребления воды, продуктов питания; отравления людей токсичными и другими веществами; карантинные заразные болезни сельскохозяйственных животных; массовые заболевания сельскохозяйственных животных; отравления сельскохозяйственных животных; массовая гибель диких животных; прогрессирующая эпифитотия; заболевания сельскохозяйственных растений невыявленной этиологии; распространение карантинных растений; очаги вредителей и болезней лесов, требующие мер борьбы [6].

Источниками опасностей, возникающих при ведении военных действий или вследствие этих действий, являются поражающие факторы ядерного, химического, биологического (бактериологического) оружия или обычных средств поражения.

Основными тенденциями трансформации управления риском ЧС на текущем этапе являются:

- переход от борьбы с ЧС к управлению рисками ЧС [1; 2];
- усиление роли внутренних факторов в управлении рисками [1; 2];
- усиление роли экстенсивных территориальных рисков [1; 2];
- усиление роли профильных органов государственного управления [1; 2];
- усиление рисков, связанных с ведением военных действий или вследствие этих действий;
- переход от информации о существующих рисках к знанию о них [1; 2].

Тенденция перехода от борьбы с ЧС к управлению рисками ЧС подразумевает отказ от перманентного понимания существующей опасности к знанию ее природы с целью эффективного противодействия, уход от концепции «нулевого риска» как невозможности абсолютного исключения опасности с точки зрения экономической и технической эффективности к концепции «допустимого риска», как возможности жизнедеятельности в условиях обоснованного и допустимого воздействия источников ЧС [1; 2].

Тенденция усиления роли внутренних факторов в управлении рисками обусловлена необходимостью концентрации усилий по снижению риска ЧС на местном уровне и усилению целевого воздействия на определенные группы населения, с учетом того что совокупность внутренних характерных для данной местности факторов человеческой жизнедеятельности оказывает большее влияние на возникновение и развитие ЧС, нежели внешние источники опасности [1; 2].

Тенденция усиления роли экстенсивных территориальных рисков отмечена как основополагающая в Глобальном аналитическом докладе ООН по уменьшению опасности бедствий (GAR 2022) [7]. Реализованные экстенсивные риски являются основной причиной гибели населения, разрушения зданий и сооружений, дорожной сети, местной инфраструктуры. Основная роль в прогнозировании и управлении экстенсивными рисками отводится системе управления, реализованной на объектовом и местном уровнях [1; 2].

Профильная координирующая структура в сфере снижения рисков ЧС призвана объединить весь комплекс факторов, влияющих на ЧС (экономические, экологические, социальные и т.д.) и обеспечить выполнение задачи устойчивого развития общества. Под тенденцией усиления роли профильных органов государственного управления понимается создание эффективной системы межотраслевого управления, способной осуществлять стратегическое планирование мероприятий по снижению рисков ЧС с конкретизацией ответственности за принятие мер по их уменьшению [1; 2].

Тенденция усиления рисков, связанных с ведением военных действий или вследствие этих действий, обусловленных глобальной геополитической напряженностью, подразумевает необходимость актуализации защиты населения и территорий в военное время.

Тенденция перехода от информации о существующих рисках к знанию о них подразумевает разработку и реализацию программ обучения максимально широкого спектра руководителей и специалистов, осуществляющих деятельность по предупреждению и ликвидации чрезвычайных ситуаций, населения – вопросам безопасности жизнедеятельности. На основе полученных знаний формируется алгоритм безопасной жизнедеятельности общества, который в процессе своего развития повысит уровень общественной безопасности и позволит вовлечь в указанный процесс незадействованные слои общества [1; 2].

Основные угрозы, их источники и тенденции трансформации управления риском ЧС определяют цель, задачи, принципы и основные направления обновленной Стратегии.

### **Цель, задачи и принципы обновленной Стратегии**

Цель и задачи обновленной Стратегии носят комплексный и неделимый характер, являются глобальными по своему характеру, обеспечивают учет национальных интересов

Республики Беларусь и соответствуют государственным программам и приоритетам развития страны.

**Цель обновленной Стратегии** заключается в создании условий для устойчивого развития государства путем снижения риска ЧС, опасностей, возникающих при ведении военных действий или вследствие этих действий и повышения безопасности гражданина, общества и государства.

**Задачи обновленной Стратегии:**

- осуществить совершенствование механизмов управления и правового обеспечения Национальной платформы по снижению риска ЧС;
- усовершенствовать методологию анализа и управления рисками ЧС;
- создать и внедрить интеллектуальные системы управления и поддержки принятия решений;
- усовершенствовать методики прогнозирования ЧС;
- усовершенствовать технологии реагирования и ликвидации ЧС;
- создать новые образцы техники и оборудования;
- обеспечить готовность профильных служб, руководителей и специалистов республиканских органов государственного управления, органов управления и самоуправления, предприятий, организаций, учреждений и населения к действиям в условиях ЧС.

**Принципы реализации обновленной Стратегии** имеют преемственность и сохранились в редакции предыдущей версии Стратегии [2].

**Основные направления политики по снижению риска ЧС** (далее – Направления) определены с учетом тенденций трансформации рисков и принципов реализации обновленной Стратегии, согласуются с приоритетами Сендайской рамочной программы и являются компонентами обновленной Стратегии в Плане действий.

Основные направления политики по снижению риска ЧС:

- совершенствование механизмов управления и правового обеспечения Национальной платформы по снижению риска ЧС;
- анализ и управление рисками ЧС;
- развитие мониторинга, реагирования и поддержки принятия решений при ликвидации ЧС;
- совершенствование технологий ликвидации ЧС, создание новых материалов, образцов техники и оборудования;
- обеспечение готовности профильных служб, руководителей и специалистов республиканских органов государственного управления, органов управления и самоуправления, предприятий, организаций, учреждений и населения к действиям в условиях ЧС.

Эффективность деятельности по Направлениям определяется ее результатами (далее – Результаты). Результат достигается слаженным взаимодействием всех заинтересованных сторон (субъектов Национальной платформы), принимающих в рамках компетенции все необходимые меры для достижения цели в рамках деятельности по снижению рисков ЧС. Определенный в рамках Результата Координатор обеспечивает слаженное взаимодействие всех участников, необходимые для реализации мероприятий планирование и контроль.

**Совершенствование механизмов управления и правового обеспечения национальной платформы по снижению риска ЧС.** Эффективное управление риском ЧС обеспечивается функциональной, соответствующей уровню угроз, обеспечивающей необходимые защиту населения и развитие экономики, своевременно корректируемой организационно-правовой основой деятельности по снижению риска ЧС на республиканском, территориальном и местном уровнях, включающей: единую нормативную правовую, нормативную техническую, организационную и методологическую базу, планирующие документы, координацию на уровне отдельных субъектов Национальной платформы и между ними, участие соответствующих заинтересованных сторон. Стратегическим приоритетом развития Национальной

платформы с учетом наличия общих черт в структуре и функционировании ГСЧС и ГО является создание единой системы реализации защитных мероприятий в мирное и военное время – государственной системы гражданской защиты.

**Анализ и управление рисками ЧС.** Эффективное снижение риска ЧС обеспечивается в разрезе постоянного анализа причин возникновения ЧС, своевременной реализации соответствующих мероприятий, направленных на снижение риска (управление риском). Стратегическим приоритетом направления являются усовершенствованные механизмы государственного управления в области снижения риска ЧС.

**Развитие мониторинга, реагирования и поддержки принятия решений при ликвидации ЧС.** Эффективное управление инфраструктурой населенных пунктов для обеспечения безопасности населения в условиях ЧС, повышение готовности к возникновению ЧС, а также реагирование на возникающие ЧС обеспечиваются внедрением и использованием автоматизированных информационно-управляющих систем, выполняющих расчетные, информационно-справочные функции, функции систем поддержки принятия управленческих решений. Стратегическим приоритетом направления является внедрение автоматизированных систем мониторинга, управления силами и средствами, управления инфраструктурой населенных пунктов для обеспечения безопасности населения в условиях ЧС.

**Совершенствование технологий ликвидации ЧС, создание новых материалов, образцов техники и оборудования.** Эффективное проведение аварийно-спасательных работ и ликвидация последствий ЧС обеспечиваются путем совершенствования и разработки новых технологий, техники и инструмента, обеспечивающих успешную ликвидацию последствий чрезвычайных ситуаций. Стратегическим приоритетом направления является разработка новых методов и технологий ликвидации ЧС, материалов, образцов техники и оборудования, внедрение роботизированных систем, совершенствование технологий применения беспилотных летательных комплексов и авиации.

**Обеспечение готовности профильных служб, руководителей и специалистов республиканских органов государственного управления, органов управления и самоуправления, предприятий, организаций, учреждений и населения к действиям в условиях ЧС.** Эффективным способом повышения безопасности жизнедеятельности населения является формирование культуры безопасности жизнедеятельности, риск-ориентированного мировоззрения руководителей и специалистов, реализующих компетенции в сфере предупреждения и ликвидации ЧС. Стратегическим приоритетом направления является признанная за пределами Республики Беларусь система подготовки в области предупреждения и ликвидации ЧС, усовершенствованная система обучения в области защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера и гражданской обороны, сформированная у населения культура безопасности жизнедеятельности.

### **Заключение**

Таким образом, обновленная Стратегия позволит решить проблемные вопросы, которые явились причиной для ее разработки, а реализация запланированных мероприятий позволит:

- снизить риск ЧС природного и техногенного характера, опасностей, возникающих при ведении военных действий или вследствие этих действий, минимизировать возможный ущерб;
- создать гибкую и развивающуюся систему по снижению риска ЧС путем постоянного расширения участников данного процесса;
- интегрировать вопросы снижения опасности ЧС в государственный прогноз социально-экономического развития страны;
- повысить взаимодействие и регулирование функций всех участников Национальной платформы;

– систематизировать и обосновать (технико-экономические) процессы предупреждения ЧС и смягчения их последствий, а также предотвратить неэффективное использование ресурсов;

– сформировать и развить интеллектуальное общество, обеспечить переход от информации о существующих угрозах (опасностях) к знанию о них и внедрение культуры безопасности жизнедеятельности во всех слоях общества;

– создать автоматизированные комплексы управления инфраструктурой населенных пунктов для обеспечения безопасности при ЧС и вовлечь в дело предупреждения ЧС всех заинтересованных участников, а также в дальнейшем обеспечить создание гибкой системы противостояния угрозам ЧС с децентрализацией ответственности сторон.

Эффективность реализации обновленной Стратегии определяется оценкой показателей выполнения мероприятий (соответствующих индикаторов) Плана действий по реализации Национальной стратегии по снижению риска чрезвычайных ситуаций до 2030 года с учетом индикативно-критериальных показателей положительной динамики в рамках Директивы Президента Республики Беларусь № 1 [8], территориальных программ по реализации Стратегии.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Национальная стратегия по снижению риска возникновения чрезвычайных ситуаций в Республике Беларусь на 2019–2030 годы [Электронный ресурс]: утв. Премьер-министром – начальником гражданской обороны Республики Беларусь, 30 нояб. 2018 г. – Режим доступа: <https://ucp.by/images/file/fpnk/NS1930.pdf>. – Дата доступа: 03.04.2024.
2. Ласута, Г.Ф. Разработка Национальной стратегии по снижению риска возникновения чрезвычайных ситуаций в Республике Беларусь на 2019–2030 годы / Г.Ф. Ласута [и др.] // Вестник Университета гражданской защиты МЧС Беларуси. – 2018. – Т. 2, № 1. – С. 359–366. – DOI: 10.33408/2519-237X.2018.2-3.359. – EDN: UXBGSS.
3. Пастухов, С.М. О необходимости разработки национальной стратегии по снижению риска бедствий / С.М. Пастухов, Н.Н. Точеный // Безопасность человека и общества: совершенствование системы реагирования и управления защитой от чрезвычайных ситуаций: сб. материалов I Междунар. науч.- практ. конф., Минск, 16–17 ноября 2017 г. – Минск: УГЗ, 2017. – С. 102–105.
4. Тихонов, М.М. О необходимости разработки национальных стратегий по снижению риска бедствий / М.М. Тихонов, С.М. Пастухов, Н.Н. Точеный // Гражданская защита: сохранение жизни, материальных ценностей и окружающей среды: сб. материалов III Междунар. заочной науч.- практ. конф., Минск, 1 мар. 2018 г. – Минск: УГЗ, 2018. – С. 5–6.
5. Пархомчик, Э.А. Концепция развития государственной системы гражданской защиты в Республике Беларусь / Э.А. Пархомчик, И.К. Мурзич, Н.Е. Бузин // Вестник Университета гражданской защиты МЧС Беларуси. – 2020. – Т. 4, № 2. – С. 203–212. – DOI: 10.33408/2519-237X.2020.4-2.203. – EDN: UMRBEL.
6. О классификации чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера [Электронный ресурс]: постановление Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь, 3 авг. 2023 г., № 46 // Онлайн-сервис готовых правовых решений ilex / ООО «ЮрСпектр», Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. – Режим доступа: <https://ilex-private.ilex.by>. – Дата доступа: 03.01.2024.
7. Глобальный аналитический доклад о мерах по снижению риска бедствий «Наш мир в опасности: трансформация управления ради устойчивого будущего» (GAR2022) [Электронный ресурс]. – Женева: Управление Организации Объединенных Наций по снижению риска бедствий, 2022. – Режим доступа: <https://www.undrr.org/gar/gar2022-our-world-risk-gar>. – Дата доступа: 03.04.2024.
8. О мерах по укреплению общественной безопасности и дисциплины [Электронный ресурс]: Директива Президента Республики Беларусь от 11 марта 2004 г. № 1 // Официальный интернет портал Президента Республики Беларусь. – Режим доступа: <https://president.gov.by/ru/documents/direktiva-1-ot-11-marta-2004-g-1397>. – Дата доступа: 03.04.2024.



**Разработка обновленной Национальной стратегии по снижению риска  
чрезвычайных ситуаций в Республике Беларусь до 2030 года**  
**Development of an updated National strategy of reducing the risk of emergencies  
in the Republic of Belarus until 2030**

***Саланович Сергей Адамович***

Министерство по чрезвычайным ситуациям  
Республики Беларусь, заместитель Министра

Адрес: ул. Революционная, 5,  
220030, Минск, Беларусь

Email: mail@mchs.gov.by

***Sergey A. Salanovich***

Ministry of Emergency Situations  
of the Republic of Belarus, Deputy Minister

Address: Revolyutsionnaya str., 5,  
220030, Minsk, Belarus

Email: mail@mchs.gov.by

***Полевода Иван Иванович***

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

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

Email: ip@ucp.by

SPIN-код: 1662-9457

***Ivan I. Palevoda***

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

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

Email: ip@ucp.by

ORCID: 0000-0003-2469-3553

***Тихонов Максим Михайлович***

кандидат технических наук, доцент

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

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

Email: timax1978@gmail.com

SPIN-код: 7967-3004

***Maksim M. Tikhonov***

PhD in Technical Sciences, Associate Professor

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

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

Email: timax1978@gmail.com

ORCID: 0000-0001-7631-8750

***Олесиук Николай Михайлович***

Государственное учреждение образования  
«Университет гражданской защиты  
Министерства по чрезвычайным ситуациям  
Республики Беларусь», сектор международного  
сотрудничества, начальник сектора

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

Email: nikolai-96@tut.by

***Nikolai M. Olesiyuk***

State Educational Establishment «University  
of Civil Protection of the Ministry for Emergency  
Situations of the Republic of Belarus»,  
International Cooperation Sector, Head of Sector

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

Email: nikolai-96@tut.by

ORCID: 0000-0001-5925-1371

## DEVELOPMENT OF AN UPDATED NATIONAL STRATEGY OF REDUCING THE RISK OF EMERGENCIES IN THE REPUBLIC OF BELARUS UNTIL 2030

Salanovich S.A., Palevoda I.I., Tikhonov M.M., Olesiyuk N.M.

*Purpose.* Updating the existing National strategy to reduce the risk of emergency situations occurring in the Republic of Belarus for 2019–2030.

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

*Findings.* The updated National strategy of reducing the risk of emergencies in the Republic of Belarus until 2030 was developed.

*Application field of research.* The results of the work can be used in practice in strategic planning of realization of measures to reduce the risk of emergencies.

*Keywords:* risk, emergency, wartime hazard, sustainable development goals, Sendai framework program, trend, transformation of management.

(The date of submitting: April 10, 2024)

### REFERENCES

1. Lasuta G.F., Pastukhov S.M., Arestovich D.N., Tsygankov E.M. Razrabotka Natsional'noy strategii po snizheniyu riska vozniknoveniya chrezvychaynykh situatsiy v Respublike Belarus' na 2019–2030 gody [Development of the National strategy to reduce the risk of emergency situations in the Republic of Belarus for the period of 2019–2030]. *Journal of Civil Protection*, 2018. Vol. 2, No. 1. Pp. 359–366. (rus). DOI: 10.33408/2519-237X.2018.2-3.359. EDN: UXBGSS.
2. Pastukhov S.M., Tochenyy N.N. O neobkhodimosti razrabotki natsional'noy strategii po snizheniyu riska bedstviy [On the need of development of a national strategy for disaster risk reduction]. *Proc. of I Intern. scientific-practical conf. «Bezopasnost' cheloveka i obshchestva: sovershenstvovanie sistemy reagirovaniya i upravleniya zashchitoy ot chrezvychaynykh situatsiy»*, Minsk, November 16–17, 2017. Minsk: University of Civil Protection, 2017. Pp. 102–105. (rus)
3. Tikhonov M.M., Pastukhov S.M., Tochenyy N.N. O neobkhodimosti razrabotki natsional'nykh strategiy po snizheniyu riska bedstviy [On the need of development of national strategies of disaster risk reduction]. *Proc. of III Intern. correspondence scientific-practical conf. «Grazhdanskaya zashchita: sokhranenie zhizni, material'nykh tsennostey i okruzhayushchey sredy»*, Minsk, March 1, 2018. Minsk: University of Civil Protection, 2018. Pp. 5–6. (rus)
4. Parkhomchik E.A., Murzich I.K., Buzin N.E. Kontseptsiya razvitiya gosudarstvennoy sistemy grazhdanskoy zashchity v Respublike Belarus' [The concept of development of the state system of civil protection in the Republic of Belarus]. *Journal of Civil Protection*, 2020. Vol. 4, No. 2. Pp. 203–212. (rus). DOI: 10.33408/2519-237X.2020.4-2.203. EDN: UMRBEL.
5. O klassifikatsii chrezvychaynykh situatsiy prirodnoy i tekhnogennogo kharaktera [On the classification of natural and man-made emergencies]: *Resolution of the Ministry of Emergency Situations of the Republic of Belarus, August 3, 2023, No. 46*. Online service of ready-made legal solutions ilex. YurSpectr LLC, National Center for Legal Information of Republic of Belarus. Available at: <https://ilex-private.ilex.by> (accessed: January 3, 2024). (rus)
6. *Global Assessment Report on Disaster Risk Reduction: Our World at Risk: Transforming Governance for a Resilient Future (GAR2022)*. Geneva: United Nations Office for Disaster Risk Reduction, 2022. Available at: <https://www.undrr.org/gar/gar2022-our-world-risk-gar> (accessed: April 3, 2024).
7. Natsional'naya strategiya po snizheniyu riska vozniknoveniya chrezvychaynykh situatsiy v Respublike Belarus' na 2019-2030 gody [National strategy to reduce the risk of occurring of emergency situations in the Republic of Belarus for 2019–2030]: approved by the Prime Minister – Head of Civil Defense of the Republic of Belarus, November 30, 2018. Available at: <https://nauchforum.ru/studconf/social/vi/1726> (accessed: April 3, 2024). (rus)
8. O merakh po ukrepleniyu obshchestvennoy bezopasnosti i distsipliny [On measures to strengthen public security and discipline]: *Directive of the President of the Republic of Belarus, March 11, 2004 № 1*. Official Internet Portal of the President of the Republic of Belarus. Available at: <https://president.gov.by/ru/documents/direktiva-1-ot-11-marta-2004-g-1397> (accessed: April 3, 2024). (rus)

## МЕТОДИКА ОЦЕНКИ РИСКОВ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ ПРИРОДНОГО И ТЕХНОГЕННОГО ХАРАКТЕРА

Миканович Д.С., Морозов А.А., Гнищевич А.И., Гусев А.С.

*Цель.* Сформулировать основные положения методики оценки рисков чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера (далее – ЧС).

*Методы.* Метод теоретического анализа литературных источников применен при изучении нормативно-правовой базы по оценке риска ЧС в различных странах. Обработка полученных результатов выполнена с использованием метода оценивания и теоретического обобщения полученных данных.

*Результаты.* Определены основные положения методики оценки рисков ЧС, устанавливающие единообразие подходов в части проведения анализа и оценки рисков ЧС, основанных на принципах многостороннего участия и содействия заинтересованных сторон.

*Область применения исследований.* Результаты исследований могут быть использованы Министерством по чрезвычайным ситуациям при разработке методологии оценки рисков ЧС.

*Ключевые слова:* оценка рисков, чрезвычайная ситуация, методика оценки рисков, митигация, ликвидация чрезвычайных ситуаций.

(Поступила в редакцию 26 февраля 2024 г.)

### Введение

Мир сегодня вступил в стадию кардинальных экономических, общественных, военно-политических и иных изменений, характеризующихся высокой интенсивностью и динамичностью. Однако на пути устойчивого развития стран стоят огромные проблемы. Глобальные угрозы здоровью людей, более частые и интенсивные ЧС, обостряющиеся конфликты, воинствующий экстремизм, терроризм и связанные с этим гуманитарные кризисы и насильственное перемещение людей грозят свести на нет большую часть успехов в области развития, достигнутых в последние десятилетия. Истощение природных ресурсов и негативные последствия ухудшения состояния окружающей среды, включая опустынивание, засухи, деградацию земель, нехватку питьевой воды и утрату биоразнообразия, приумножают и обостряют многочисленные проблемы, стоящие перед человечеством. Одной из наиболее серьезных проблем нашего времени является изменение климата, а негативные последствия этого явления подрывают способность всех стран достичь устойчивого развития. Данные явления приводят к возникновению различных ЧС, которые нарушают условия жизнедеятельности людей и приводят к значительному экологическому и экономическому ущербу.

В результате анализа ЧС, произошедших на территории Республики Беларусь за последние 10 лет, установлено, что подавляющую часть всех техногенных ЧС занимают пожары. Согласно данным статистики, за десять лет произошло 60 066 пожаров, в результате чего погибли 5817 человек, а также были уничтожены 12 259 строений, 3350 единиц техники<sup>1</sup> [1] (рис. 1).

Основные причины пожаров: неосторожное обращение с огнем, нередко в состоянии алкогольного опьянения, нарушение правил монтажа и эксплуатации газового оборудования, электроприборов и электрооборудования, нарушение правил пользования печным отоплением, поджоги. Анализ статистических данных свидетельствует, что за указанный период каждый десятый пожар, зарегистрированный в Республике Беларусь, приводил к гибели человека. Кроме пожаров, за указанный период наиболее часто регистрировались такие ЧС,

<sup>1</sup> Сведения о чрезвычайных ситуациях в Республике Беларусь по данным учета МЧС [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://mchs.gov.by/ministerstvo/statistika/svedeniya-o-chs/>. – Дата доступа: 26.02.2024.

как «Взрывы» (произошло 23, гибель составила 23 человека), «Транспортные аварии» (произошло 5, гибель составила 14 человек), «Внезапное разрушение сооружений» (произошло 11, гибель не зарегистрирована).

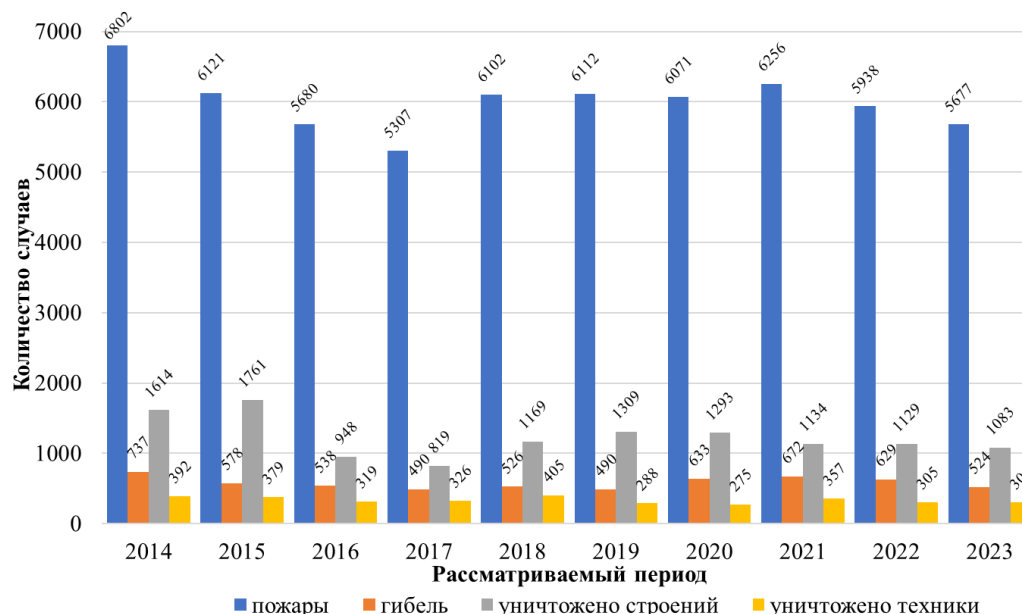


Рисунок 1. – Информация о пожарах и последствиях от них, произошедших на территории Республики Беларусь в период с 2014 по 2023 г.

Республика Беларусь подвержена краткосрочному и долгосрочному воздействию климатических явлений. За последнее десятилетие были зарегистрированы 138 ЧС природного характера. Экстремальные погодные явления (ЧС природного характера) происходят в основном в весенне-летние месяцы в виде сильных ветров, экстремальных осадков, града, тепловых волн, засухи, лесных и торфяных пожаров. Зимой также наблюдаются экстремально низкие температуры, метели, обледенение и ветер. Наиболее масштабной по количеству инфицированных и погибших в Республике Беларусь, как и во всем мире, является природная ЧС, вызванная пандемией COVID-19. По данным Министерства здравоохранения Республики Беларусь<sup>2</sup> [3] до перехода в непандемичную, сезонную фазу на территории нашей страны зарегистрированы 994 037 инфицированных, пандемия унесла жизни 7118 человек. Также часто возникающими и наносящими наибольший материальный ущерб группами природных ЧС являются: «Метеорологические» (произошло 49, гибель составила 4 человека, травмированы 53 человека), «Пожары в природных экосистемах» (произошло 12, повреждено и уничтожено 8672 га лесного фонда) (рис. 2).

Необходимо отметить, что ущерб, причиняемый стихиями, значительно выше затрат, связанных с ликвидацией техногенных ЧС. Так, в 2016 г. в результате ветровала были повреждены лесные насаждения на площади 110 000 га. Потери древесины составили приблизительно 6 млн м<sup>3</sup>, или 25–30 % ежегодного объема лесозаготовок.

Поскольку целью государственной политики Республики Беларусь является предотвращение ЧС и последовательное снижение ущерба от воздействия опасных техногенных и природных факторов на производственную и социальную инфраструктуру, население и экосистемы [2], с учетом высокой вероятности возникновения ЧС природного и техногенного характера существует необходимость в разработке методики оценки рисков ЧС природного и техногенного характера (далее – методика оценки рисков), устанавливающей едино-

<sup>2</sup> Официально: обновлена статистика по заболеваемости COVID-19 – Пресс-служба Министерства здравоохранения [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://minzdrav.gov.by/ru/novoe-na-sayte/ofitsialno-obnovlennaya-statistika-po-zabolevaemosti-covid-19/>. – Дата доступа: 26.02.2024.

образии подходов в части проведения анализа и оценки рисков ЧС, основанного на принципах многостороннего участия и содействия заинтересованных сторон. Для разработки методики оценки рисков применен научный подход, основанный на работах исследователей из разных стран [3–10].

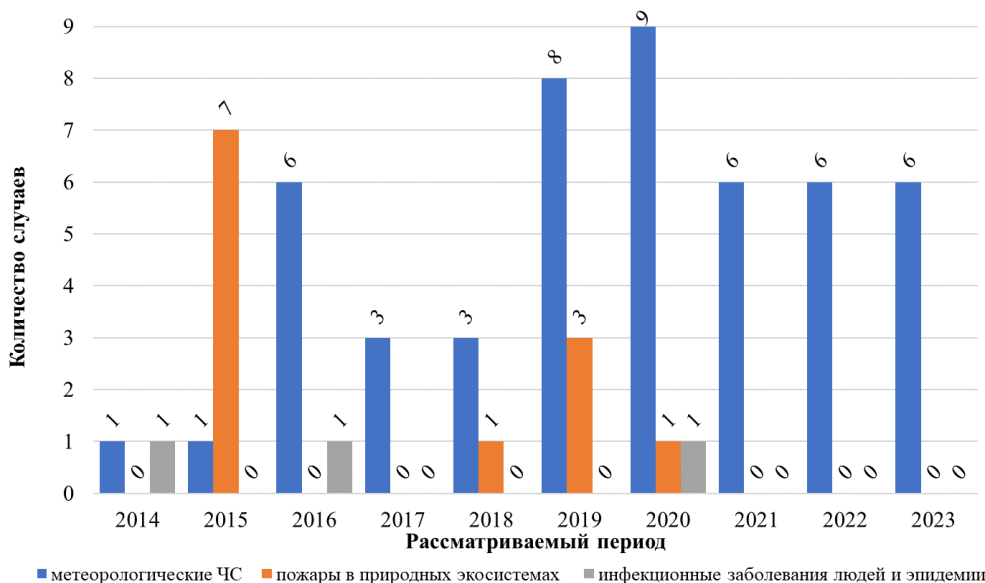


Рисунок 2. – Информация о наиболее часто регистрируемых ЧС, произошедших на территории Республики Беларусь в период с 2014 по 2023 г.

### Основная часть

**Основы методики оценки рисков.** Управление рисками – системный процесс, связанный со снижением вероятности возникновения ЧС и уменьшением последствий от них. Принципы управления рисками, связанными с ЧС, определены в Национальной стратегии по снижению риска возникновения чрезвычайных ситуаций в Республике Беларусь на 2019–2030 годы<sup>3</sup>, которая призвана обеспечить единство подходов к формированию и реализации государственной политики в указанной сфере и установлений приоритетных направлений исследований в области стратегического планирования по управлению рисками. Снижение риска ЧС – системная работа, основанная на анализе и контроле причинных факторов ЧС, в том числе через снижение подверженности угрозам (опасностям), уменьшение уязвимости населения и имущества, разумное управление ресурсами и окружающей средой и повышение готовности к неблагоприятным событиям. Снижение риска ЧС обеспечивается реализацией компонентов, представленных на рисунке 3.



Рисунок 3. – Компоненты, реализуемые для снижения риска ЧС

<sup>3</sup> Национальная стратегия по снижению риска возникновения чрезвычайных ситуаций в Республике Беларусь на 2019–2030 годы [Электронный ресурс]: утв. Премьер-министром – начальником гражданской обороны Республики Беларусь, 30 нояб. 2018 г. – Режим доступа: <https://ucp.by/images/file/fpnk/NS1930.pdf>. – Дата доступа: 26.02.2024.

Анализ и оценка риска ЧС (далее – АОРЧС) представляет собой сравнительный анализ характера и масштабов рисков, связанных с различными угрозами и ситуациями уязвимости, которые могут причинить ущерб и убытки людям, имуществу, средствам к существованию, инфраструктуре на исследуемой местности. Основной целью АОРЧС как на республиканском, так и на местном уровне является выработка практических мер в рамках устойчивого развития на основе полной идентификации всех опасностей по основным параметрам их проявления и изучения взаимосвязи и взаимодействия множественных факторов рисков ЧС.

Предупреждение риска ЧС или митигация (смягчение) включают деятельность по предупреждению или митигации риска посредством снижения уровня угрозы или уязвимости. Снижения риска ЧС можно достичь, осуществляя деятельность в политических, правовых и административных областях, а также благодаря планированию и проведению инфраструктурных действий.

Готовность к ликвидации ЧС направлена на то, чтобы снизить число жертв среди населения и масштаб ущерба и убытков в том случае, если такое событие произойдет (т.е. посредством укрепления потенциала самопомощи, внедрения систем раннего оповещения, специальной подготовки и проведения учений).

Информирование о рисках соответствующих заинтересованных сторон и постоянное уточнение информации должны осуществляться в течение всего процесса управления рисками.

Общая структура управления рисками определяет ключевые элементы, необходимые для обеспечения надлежащих результатов и включает:

- определение целей управления рисками;
- определение общего объема оценки рисков;
- определение уровней (национального, регионального, местного), на которых осуществляется управление рисками;
- определение ответственных сторон;
- определение используемых методологий.

Задачами АОРЧС являются:

- снижение рисков до приемлемого уровня;
- снижение количества потерь от ЧС (снижение количества погибших и травмированных людей и животных, экономического и экологического ущерба);
- повышение осведомленности заинтересованных сторон, принимающих решения, о необходимых мерах по предотвращению ЧС;
- обеспечение сопоставимости рисков для улучшения принятия решений с целью рентабельных инвестиций в снижение рисков, информирование заинтересованных сторон, принимающих решения о расстановке приоритетов и распределении инвестиций в профилактические меры;
- содействие разработке стратегий предотвращения ЧС на разных уровнях и в различных сферах;
- повышение способности реагирования на ЧС путем определения очередности действий при ликвидации ЧС;
- повышение осведомленности о рисках с целью просвещения населения.

Необходимо отметить, что данные задачи могут варьироваться в зависимости от масштаба управления рисками на разных уровнях.

Предлагаемая методика оценки рисков основана на выполнении шести этапов процесса АОРЧС (рис. 4).

Эти этапы отражают логический порядок сбора данных, их анализа и последующих действий. Анализ риска может выполняться в хронологическом порядке, хотя на практике некоторые этапы могут осуществляться параллельно (например, подготовка и сбор справочной информации, выявление основных угроз и уязвимостей). Далее более подробно остановимся на каждом из указанных этапов.



Рисунок 4. – Этапы процесса анализа и оценки рисков ЧС

**Этап 1.** Подготовка к проведению АОРЧС. На данном этапе в первую очередь необходимо сформировать рабочие группы и выявить заинтересованные стороны. Формирование рабочих групп для АОРЧС рекомендуется выполнять на основании комиссионного подхода с включением представителей местных исполнительных и распорядительных органов, а также всех заинтересованных сторон, в том числе гражданского общества, в связи с тем что состояние уязвимости и риски чрезвычайных ситуаций – это сложные явления, которые охватывают многие области специальных знаний и требуют:

- обеспечения доступа к информации;
- применения специальных знаний и опыта;
- подготовки обоснованных рекомендаций для последующих действий с учетом мнения заинтересованных сторон, принимающих участие в их внедрении.

Размер и состав рабочей группы (включая создание нескольких рабочих групп) зависит от целей, потребностей и имеющихся ресурсов. Рабочая группа создается в целях управления сбором данных и аналитическим процессом. Официальное утверждение состава рабочих групп с четким определением обязанностей и полномочий позволит повысить ответственность участвующих сторон в проведении анализа оценки риска и выработки обоснованных решений.

При оценке рисков должна быть определена организация, ответственная за обмен информацией. Это может быть правительственная организация, а также местный, региональный или национальный орган или специальная комиссия. При определении ответственной за обмен информацией организации должен быть определен порядок обмена информацией и перечень заинтересованных сторон для его осуществления. В Республике Беларусь ведущим органом, который координирует процессы управления рисками ЧС, является Министерство по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь (далее – МЧС).

При необходимости может быть определена более широкая рабочая структура для реализации процесса анализа, оценки и управления рисками, объединяющая соответствующие заинтересованные стороны, поскольку эффективное управление рисками ЧС в масштабе государства невозможно осуществить без непосредственного подключения к этой деятельности органов местного самоуправления, без всеобщего и всеобъемлющего охвата всех отдельно взятых населенных пунктов и относящихся к ним территорий. Необходимо отметить,

что принципы взаимодействия с заинтересованными сторонами, связанными с чрезвычайными ситуациями, определены Национальной стратегией по снижению риска возникновения чрезвычайных ситуаций в Республике Беларусь на 2019–2030 годы.

Одним из ключевых положений первого этапа является разработка рабочего плана проведения АОРЧС. В плане должен быть предоставлен подробный обзор ситуации, цель, сроки, ответственные за решение конкретных задач. План работ должен быть согласован с территориальным подразделением МЧС.

Перечень задач, включенных в план проведения АОРЧС, может включать:

- определение основных этапов процесса АОРЧС;
- распределение обязанностей членов рабочей группы и других лиц;
- осуществление мер по информированию о рисках ЧС заинтересованных республиканских органов государственного управления, местных исполнительных и распорядительных органов и других субъектов, в том числе субъектов высокого риска;
- составление бюджета времени на проведение АОРЧС с построением временного графика, с учетом возможности для маневра в случае непредвиденных ситуаций, связанных со сменой места работы заинтересованных лиц или проблем с выделением ресурсов.

Важным является определение масштаба, целей проведения анализа, объема и детальности оценки риска ЧС. Масштаб и цели АОРЧС могут быть определены локальными нормативными правовыми актами и (или) доработаны рабочими группами. Важно, чтобы уровень и степень детализации, цели и ожидаемые результаты анализа были уточнены в самом начале процесса. Для проведения АОРЧС необходимо выбрать сочетание нескольких целей (минимум 2) и сосредоточиться на их выполнении. Важно, чтобы при выборе целей тщательно учитывалось отведенное для анализа время, имеющиеся ресурсы и потенциал.

Объем оценки рисков должен определяться исходя из следующих факторов:

- на каком уровне выполняется оценка риска;
- масштаб (степень детализации) оценки риска;
- типы рисков, которые должны быть приняты во внимание или исключены;
- используемые методы (количественные, полуколичественные или качественные);
- доступные статистические данные для оценки риска ЧС.

Объем оценки риска также зависит от целей оценки рисков. Определение объема оценки рисков способствует достижению практически применимых результатов. Область применения оценки риска включает критерии качества с точки зрения приемлемых уровней неопределенности, возникающие из входных данных и моделей, используемых на разных этапах оценки риска, а также из методологий оценки.

Уровень и детальность анализа должны быть определены нормативными правовыми актами и позволять рабочим группам достичь поставленных целей АОРЧС. Детальности АОРЧС способствует:

- на предварительном уровне – обзор источников повышенной опасности и уязвимостей (водоснабжение, электроснабжение) и базовой инфраструктуры на территории;
- детальное исследование отдельных подверженных авариям зданий и сооружений (участков, коммуникаций и т.д.) с целью определения таких параметров, как «воздействие», «последствия» и «вероятный ущерб». Определение данных параметров может осуществляться только специализированными государственными органами, учреждениями и организациями (департаменты, научно-исследовательские институты).

**Этап 2.** Сбор общей справочной информации. АОРЧС необходимо проводить в отношении четко определенной территориальной единицы, города или района. Поэтому на втором этапе составляются важные демографические, экологические, социальные и экономические характеристики исследуемой территориальной единицы, включая индикаторы гендерной статистики. Эта информация способствует проведению предварительной оценки воздействия рисков.



Первостепенное внимание следует уделять сбору и обзору уже имеющихся данных по основным характеристикам территории, угрозам и уязвимости.

При составлении перечня потенциальных источников информации рабочая группа может воспользоваться новейшими данными о риске, включая информацию об угрозах, уязвимости и потенциале (например, данными официальной статистики, которые имеются в МЧС, службах социальной защиты и медицинского обслуживания, а также из других источников).

**Этап 3.** Анализ угроз и вероятности их возникновения. Данный этап включает определение перечня угроз и опасностей для оценки вероятности их возникновения и величины потенциального воздействия.

Анализ угроз (опасностей) направлен на то, чтобы предсказывать вероятность возникновения возможной ЧС на конкретной местности, с определенной интенсивностью и продолжительностью. Поэтому при анализе угроз необходимо охарактеризовать отдельные угрозы с учетом ответов на следующие вопросы:

1. Где возникает эта угроза, как далеко она распространяется и какова зона поражения (местоположение и размеры угрозы)?
2. Какова вероятность и частота повторяемости этой угрозы (насколько возможна вероятность возникновения ЧС и как часто они были в прошлом)?
3. Насколько велика эта угроза, т.е. какой вред она может нанести (масштаб, интенсивность, возможный вероятный ущерб)?
4. Как долго сохраняется эта угроза (носит ли данная угроза постоянный или временный характер)?

Дополнительную информацию по различным видам природных и техногенных ЧС для наиболее полного выявления угроз на всей анализируемой территории предоставляют районные службы, сформированные из ведущих специалистов территориальных структур государственных органов, которые имеют полномочия в соответствии с профилем государственных функций в сфере управления защитой от ЧС.

Идентификация угроз должна быть наиболее полной, т.е. необходимо выявить все ЧС, которые были и которые могут возникнуть на территории.

Члены группы по АОРЧС на основе таких методов, как «прошлые бедствия», «матрица рисков» могут прийти к выводу, что некоторые виды опасностей, которые в прошлом не представляли особой угрозы, сегодня могут нанести наибольший ущерб.

Из выявленного полного перечня угроз необходимо выделить по основным параметрам (вероятность и частота возникновения, величина последствий) наиболее приоритетные опасности.

Анализ опасных событий в прошлом и описание их проявлений по времени и месту, источникам и условиям возникновения, развития события, последствий, предпринятых действий до и во время события позволят:

- дать характеристику часто происходившим ЧС;
- определить повторяемость (частоту) проявлений опасных процессов;
- дать по определенной шкале оценку вероятности возникновения данных событий;
- оценить предварительный вероятный ущерб.

При выполнении рабочей группой по АОРЧС оценки вероятности возникновения ЧС необходимо анализировать данные исследований академических, научно-исследовательских институтов и профильных организаций, которые призваны оказывать техническое содействие по данному направлению. В связи этим важнейшая функциональная обязанность членов групп по АОРЧС, являющихся одновременно членами комиссий по ЧС, состоит в обеспечении механизма взаимодействия и обмена информацией между национальными участниками управления рисками ЧС.

На данном этапе важно осуществить идентификацию риска, включающую определение перечня ЧС, которые могут привести к ущербу на определенной территории, и перечня

рисков, которые необходимо учитывать при анализе. В качестве перечня ЧС могут быть использованы данные объекта оценки, а также данные, которыми могут располагать заинтересованные стороны. Результатом третьего этапа АОРЧС является составленный список соответствующих ЧС с общим описанием лежащих в основе процессов и возможных последствий, а также географическое представление их распространения. На данном этапе при анализе информации может также применяться визуализация.

Процесс идентификации рисков не должен исключать любую возможную ЧС, однако следует принимать во внимание критерий правдоподобия, а также опыт и знания тех заинтересованных сторон, которые компетентны в соответствующих областях. В первую очередь следует идентифицировать те риски, которые уже имели место в прошлом. Помимо совершившихся рисков следует учитывать риски, которые могут произойти.

Описание рисков ЧС проводится исходя из следующих параметров:

1. Последствия для жизни и здоровья людей:

- погибшие;
- тяжело раненные (далее различают степени травм);
- слегка травмированные люди (далее различают степень тяжести травм);
- особые виды травм;
- требуется интенсивная терапия;
- требуется стационарное лечение (может быть уточнено в зависимости от продолжительности лечения);
- требуется амбулаторное лечение (может быть уточнено в зависимости от продолжительности лечения);
- особые заболевания.

2. Нарушения условий жизнедеятельности людей:

- перебои в электроснабжении (сколько человек и какое время остаются без электроснабжения);
- перебои с подачей питьевой воды (сколько людей в какой период без водоснабжения);
- перебои в снабжении продуктами питания (сколько людей остаются без еды в течение какого периода);
- потребности в транспорте (сколько людей без доступа к общественному транспорту);
- потребности в проживании;
- потребности в медицинском уходе;
- прочие логистические потребности.

3. Воздействие на окружающую среду:

- ущерб охраняемым территориям;
- повреждение поверхностных вод;
- повреждение грунтовых вод;
- ущерб лесным территориям;
- ущерб сельскохозяйственным землям;
- ущерб животным.

4. Экономические последствия:

- воздействие на государственный сектор (поврежденные общественные здания, маршруты движения, линии снабжения, общественные места);
- влияние на частную экономику (поврежденные здания, инфраструктура, снижение производительности);
- прямые экономические потери;
- косвенные экономические потери;
- воздействие на домохозяйства (здания, движимое имущество (автомобили)).

## 5. Политические и социальные последствия:

- влияние на общественную безопасность и порядок;
- политическое влияние;
- психологические эффекты;
- ущерб культурным ценностям.

Данные параметры могут быть представлены с помощью количественных показателей, таких как число (например, для смертельных случаев, продолжительности воздействия) или сумма (например, для экономических затрат), а также качественных показателей (например, низкий, средний, высокий уровень воздействия).

**Этап 4.** Анализ воздействия и уязвимости. На этапе определения воздействия и уязвимости необходимо проанализировать аспекты взаимосвязи и взаимодействия «интенсивности», т.е. факторов и вероятной силы воздействия ЧС, «подверженности» и «уязвимости» населения и территорий районов. При этом не всегда идентичные ЧС с одинаковой разрушительной силой и идентичным набором факторов воздействия на сообщества с равной подверженностью приведут к одинаковым последствиям. Здесь очень важно объективно оценить уязвимость территорий к опасным природным и техногенным процессам, от которых зависят количество человеческих жертв и масштабы последствия ущерба.

Уязвимость определяется в отношении конкретной угрозы и не означает «характерного признака» уязвимых групп. Ее целью является обнаружить, кто и почему данное физическое лицо или группа людей являются уязвимыми перед конкретной угрозой.

Выявление уязвимости населения и объектов позволяет делать прогнозы относительно последствий и ущерба для сообщества и территории в результате воздействия ЧС. Поэтому после определения уязвимости необходимо начать работу по определению вероятного ущерба в результате ЧС. Данная процедура ценна тем, что дает возможность учесть результаты анализа и оценки уязвимости и ответить на вопросы:

1. Почему происходят такие убытки?
2. Что можно сделать для снижения ущерба?
3. Что мешает выполнить превентивные мероприятия по предупреждению ЧС, чтобы избежать больших потерь в случае их возникновения?

Четвертый этап АОРЧС основан на применении двух методов: методе «исследования прошлых ЧС» (описание ранее произошедших аварий с учетом предположения, что подобные события могут повториться) и методе «разработка сценариев ЧС» (попытка на базе собранных данных и знаний описать вероятный ход развития событий, связанных с аварией, начиная с формирования условий его возникновения и завершая последствиями воздействия). Эти методы позволяют рабочей группе ответить на вопрос: на ком и на чем отразится (в наибольшей степени) данная угроза и каким образом? Более подробно остановимся на методе «разработка сценариев ЧС».

Преимущество использования данного метода при АОРЧС состоит в том, что сценарий возможной ЧС можно разрабатывать для конкретной ситуации и события. При этом сценарии событий необходимо усилить данными о прошлых событиях и согласовать с межведомственными государственными органами. Сценарии возможной ЧС представляют собой правдоподобное описание того, как может развиваться ситуация. Построение сценария основано на опыте произошедших событий, но также следует учитывать события и воздействия, которые могут произойти.

Количество необходимых сценариев зависит от размера исследуемой территории, количества и степени существующих опасностей. Ключевые параметры сценария возможной ЧС:

1. Какая ЧС рассматривается?
2. Где происходит ЧС?
3. Какая сфера затронута ЧС?
4. Когда происходит ЧС (сезон, возможно время суток)?

5. Как долго продлится ЧС и (или) ее прямые последствия?
6. Какие причины приводят к ЧС?
7. Как развивается ЧС?
8. Ожидаются ли подобные ЧС?
9. Способно ли население адаптироваться к ЧС?
10. Могут ли власти подготовиться к ЧС?
11. На кого (что) прямо (косвенно) влияет ЧС (люди, окружающая среда, предметы)?
12. Какие сопоставимые ЧС уже произошли?
13. Каков уровень подготовки (обучения) лиц, ответственных за готовность государственных органов (аварийных служб)?
14. Какие есть выводы об уязвимостях и (или) устойчивости затронутых элементов?
15. Что важно для сценария, но еще не учтено?

Для того чтобы оценить уровень уязвимости или предполагаемое воздействие угрозы на данную территориальную единицу и население, необходимо исследовать основные объекты воздействия, т.е. население, окружающую среду (здания и земли), экономику, услуги и инфраструктуру.

Важно отметить, что различные типы ущерба и убытков и исходный уровень уязвимости взаимосвязаны, т.е. количество погибших может быть связано с наличием и готовностью (или отсутствием) медицинского обслуживания, плохим качеством дорог (что задерживает прибытие служб спасения) или низким качеством строительства домов.

На данном этапе проводится углубленный анализ уязвимостей и тяжести их воздействия группой АОРЧС совместно с экспертами-специалистами из соответствующих сфер (экономика, социальная сфера, образование, наука). Это позволит понять, почему люди и средства их жизнеобеспечения, т.е. ресурсы, услуги и инфраструктура, уязвимы к конкретным опасным событиям. Понимание того, почему кто-то или что-то является уязвимым, даст возможность понять, что нужно сделать, чтобы снизить этот уровень уязвимости и потенциальное воздействие угрозы.

В начале исследования уязвимости необходимо провести различие между видами уязвимости, которые связаны с физическими, социальными, экономическими и экологическими факторами (рис. 5).



Рисунок 5. – Классификация факторов уязвимости

Данные исследования не должны ограничиваться объектами инфраструктуры, т.е. количественными оценками уязвимости сооружений или зданий, в которых размещены образовательные, медицинские, административные учреждения или производственные цеха и т.п. Необходимо больше внимания уделять взаимосвязи социальных и экономических факторов уязвимости. Это связано с тем, что физическая уязвимость (как в случае некачественно построенных или плохо содержащихся сооружений) часто связана с социально-экономическими, а также институциональными факторами (т.е. сменой экономических систем, ростом или снижением численности населения, бедностью, чрезмерным использованием природных ресурсов, уровнем управления и т.д.). В отличие от физической уязвимости социальную уязвимость можно оценить только качественными показателями (индикаторами). Вышеуказанные факторы взаимодействуют друг с другом, оказывая влияние на уязвимость населения (группы), и в большой степени зависят от социальных и экономических условий развития административно-территориальной единицы. Поэтому для проведения анализа необходимо выработать конкретные социально-экономические индикаторы, которые дополнительно помогут выявить и охарактеризовать уязвимость.

Для определения пороговых величин и индикаторов тяжести воздействия группа по АОРЧС обязательно должна использовать классификацию ЧС по степени тяжести. В итоговом отчете необходимо дать объяснения использованных индикаторов, чтобы провести различие между степенями воздействия опасных событий. При последующих оценках необходимо принимать к сведению исходные предположения, чтобы обновлять анализ и при необходимости адаптировать его.

На данном этапе важным является картирование уязвимостей. Исходными данными для этого являются:

- исходные данные о демографии, социально-экономические показатели;
- данные о инженерно-коммуникационных сооружениях (электросеть, плотины и каналы, транспорт, связь);
- данные о природных ресурсах (вода, почва, растительность).

На картах может быть указана вся территория, подведомственная местному органу власти. Для составления карты-схемы уязвимости населения и территории за основу необходимо использовать имеющуюся топографическую карту для нанесения исходных вышеперечисленных данных с использованием географической информационной системы (ГИС-технологий). Уязвимость выявляется, например, в отношении отдельных зданий или сооружений по степени уязвимости и обозначается на карте условными знаками.

**Этап 5.** Анализ и оценка рисков. Для того чтобы определить уровень риска ЧС группе по АОРЧС необходимо использовать матрицу рисков, при составлении которой используется информация о вероятности возникновения ЧС с ожидаемой степенью тяжести их воздействия и возможными уязвимостями. Матрица анализа и оценки угроз (опасностей) представляет собой таблицу, в которой указаны ЧС, представляющие наибольшую угрозу сообществу, и которые были определены при разработке сценариев возможных ЧС и во время описания прошлых ЧС. Для каждой ЧС указывается количество баллов согласно данным, полученным на третьем и четвертом этапах.

Для определения наиболее опасных угроз или риска используется формула (1):

$$D_r = P(Y) \cdot L(B), \quad (1)$$

где  $D_r$  – степень, величина риска;

$P(Y)$  – условная вероятность возникновения угрозы (опасности);

$L(B)$  – степень воздействия угрозы (опасности).

Например, основываясь на шкале от 1 до 5, предположим, что взрывы были бы весьма вероятными (степень 3), а их воздействие было бы умеренным (степень 2). В результате степень риска будет равна  $3 \times 2 = 6$ .

При этом надо учесть, что строго количественное толкование уравнения риска не всегда уместно или достаточно. В любом случае предварительные результаты расчетов следует тщательно проверять на семинарах (встречах) с участием членов рабочих групп и основных заинтересованных сторон. В ходе проверки всей имеющейся информации (включая информацию о потенциале) участники должны прийти к единому мнению относительно того, какие риски требуют первоочередного внимания. Матрица риска дает наглядное представление о результатах, т.е. сравнительное представление о разнообразии рисков, связанных с различными типами угроз.

На данном этапе также проводится картирование рисков ЧС, причем выполняется оно без инструментальных измерений, поэтому такие карты являются информационными и схематичными. Исходные пространственные данные, используемые при составлении карт риска, можно в широком плане представить следующим образом:

- исходные данные (административные, топографические, демографические, социально-экономические данные и услуги здравоохранения, образования и т.д.);
- данные о коммунальных предприятиях и инфраструктуре (электросеть, плотины и каналы, транспорт, связь и т.д.);
- данные о конкретных угрозах (опасностях) (пожары, наводнения и т.д.);
- данные о природных ресурсах (вода, почва, растительность и т.д.).

На картах может быть указана вся территория административно-территориальной единицы или только одна зона повышенного риска, например, пойма реки или территория промышленного предприятия. Для составления карты-схемы рисков аварий за основу необходимо использовать имеющуюся топографическую карту для нанесения исходных вышеперечисленных данных с использованием географической информационной системы. Риск выявляется, например, в отношении отдельных зданий и при этом высокую степень риска можно показать красным цветом, низкую – серым и т.д. Как и в случае любого другого метода анализа, необходимо учитывать, что результат картирования рисков зависит от точности исходных предположений и качества данных.

По итогу выполненных мероприятий составляется отчет об анализе рисков. Отчеты должны быть четко структурированы, а ключевая информация и выводы должны быть представлены в резюме. Следует включить также графики, фотографии и таблицы, которые помогают проиллюстрировать полученные результаты и выводы. При этом в отчетах обязательно должны быть представлены:

- введение;
- цели и методика анализа (включая продолжительность и основные этапы);
- общая информация об исследуемом участке или территории;
- основные распространенные угрозы (опасности), затрагивающие данный участок или территорию (карта опасностей и текстовая часть);
- анализ и оценка уязвимости и воздействия (виды уязвимости и потенциал, сценарии воздействия);
- анализ и оценка рисков (текстовая часть, матрицы рисков, карты и др.);
- выводы и предлагаемые меры по снижению рисков чрезвычайных ситуаций (аварий, стихийных бедствий).

**Этап 6.** Деятельность по результатам АОРЧС. Полученная в результате АОРЧС информация позволяет:

- определять приоритетные угрозы (опасности) и их последствия, вероятный ущерб на различных частях территории, выявить участки, которые находятся в зоне наивысшего уровня риска;
- определять инвестиционные приоритеты для снижения риска ЧС;
- повышать информированность населения о возможных чрезвычайных ситуациях (авариях и стихийных бедствиях);

- оказывать помощь и содействовать планированию мероприятий по обеспечению готовности к ЧС;
- определять соответствующие ресурсы (потенциал) для проведения мероприятий по реагированию на ЧС;
- содействовать уполномоченным государственным структурам в процессе внедрения системы мониторинга и раннего предупреждения в потенциально опасных зонах для предупреждения населения о возникновении различных ЧС.

Деятельность по результатам АОРЧС должна быть направлена на выработку практических мер по обеспечению безопасности людей, снижению уязвимости населения перед стихийными бедствиями и техногенными катастрофами.

Описание критериев риска должно предусматривать информацию:

- об остаточных рисках;
- о приемлемых рисках;
- о допустимых рисках;
- о возникающих рисках;
- о растущих рисках.

### **Заключение**

В ходе проведения исследований определены концептуальные положения национальной методологии оценки рисков ЧС природного и техногенного характера. Заложенные в них принципы позволят создать основу для планирования реагирования на ЧС (распределение возможностей реагирования, обучение персонала, проведение учений и т.д.), а также принятия мер по снижению рисков в различных сферах деятельности общества. Необходимо отметить, что для практического применения данной методологии (проверки ее работоспособности) необходимо провести примеры расчета риска ЧС, характерных для территории Республики Беларусь, и провести ее апробацию на административно-территориальной единице страны.

### **ЛИТЕРАТУРА**

1. Ходин, М.В. Обстановка с чрезвычайными ситуациями в Республике Беларусь в I полугодии 2023 года / М.В. Ходин, О.Е. Мельникова // Чрезвычайные ситуации: предупреждение и ликвидация. – 2023. – № 2 (54). – С. 45–50. – DOI: 10.54422/1994-439X.2023.2-54.45-50. – EDN: HCFDDG.
2. Лопачук, О.Н. Экономическая оценка ущерба от чрезвычайных ситуаций в организациях промышленности: методические и прикладные аспекты / О.Н. Лопачук, М.В. Лысенкова // Вестник Университета гражданской защиты МЧС Беларуси. – 2018. – Т. 2, № 4. – С. 540–548. – DOI: 10.33408/2519-237X.2018.2-4.540. – EDN: YPMHUD.
3. Левин, С.Н. Анализ методов оценки риска аварий и идентификации опасностей при разработке мероприятий по предупреждению чрезвычайных ситуаций / С.Н. Левин, А.Н. Лаврентьева, Г.Г. Васильев // Проблемы сбора, подготовки и транспорта нефти и нефтепродуктов. – 2011. – № 4 (86). – С. 141–151. – DOI: 10.17122/ntj-oil-2011-4-141-151. – EDN: ONHBZT.
4. Присяжнюк, Н.Л. Некоторые аспекты анализа и управления пожарным риском / Н.Л. Присяжнюк, Т.Н. Соловьева // Вестник Академии Государственной противопожарной службы. – 2005. – № 3. – С. 158–161. – EDN: LYEUVA
5. Тетерин, И.М. Научное обеспечение управления рисками ЧС техногенного характера в условиях глобализации / И.М. Тетерин // Вестник Академии Государственной противопожарной службы. – 2005. – № 4. – С. 3–8. – EDN: NOFJDE.
6. Клепко, Е.А. Обеспечение пожарной безопасности городов и регионов на основе оценки и управления пожарными рисками: дис. ... канд. техн. наук: 05.13.10 / Е.А. Клепко. – М., 2007. – 179 с.
7. Брушлинский, Н.Н. Основы теории пожарных рисков и ее приложения / Н.Н. Брушлинский [и др.]. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2012. – 192 с.
8. Бирюк, В.А. Методы оценки рисков в системе управления промышленной безопасностью предприятий нефтехимической промышленности / В.А. Бирюк, Ю.А. Булавка, Р.Н. Иманов // Вестник

- Университета гражданской защиты МЧС Беларуси. – 2018. – Т. 2, № 4. – С. 437–445. – DOI: 10.33408/2519-237X.2018.2-4.437. – EDN: YPMHQT.
9. Шойгу, Ю.С. Прогнозирование и управление социально-психологическими рисками во время чрезвычайной ситуации / Ю.С. Шойгу, Л.Г. Пыжьянова // Вестник Московского университета. Серия 14: Психология. – 2011. – № 4. – С. 76–83. – EDN: OQQWMJ.
  10. Zhang, Su. Research on the construction of a «full-chain» rapid response system for power emergencies / Su Zhang, Xiaolu Liu, Jingui Wang // Heliyon. – 2024. – Vol. 10, No. 4. – Article e26501. – DOI: 10.1016/j.heliyon.2024.e26501.



**Методика оценки рисков чрезвычайных ситуаций природного  
и техногенного характера**  
**Methodology of risk assessment of natural and technogenic emergencies**

**Миканович Дмитрий Станиславович**

кандидат технических наук, доцент  
Государственное учреждение образования  
«Университет гражданской защиты  
Министерства по чрезвычайным ситуациям  
Республики Беларусь», факультет  
предупреждения и ликвидации чрезвычайных  
ситуаций, начальник факультета  
Адрес: ул. Машиностроителей, 25,  
220118, г. Минск, Беларусь  
Email: dmikanovich@list.ru  
SPIN-код: 1516-9648

**Dmitriy S. Mikanovich**

PhD in Technical Sciences, Associate Professor  
State Educational Establishment «University  
of Civil Protection of the Ministry for Emergency  
Situations of the Republic of Belarus»,  
Faculty of Emergency Prevention and Elimination,  
Head of Faculty  
Address: Mashinostroiteley str., 25,  
220118, Minsk, Belarus  
Email: dmikanovich@list.ru  
ORCID: 0000-0002-3560-1741

**Морозов Артем Александрович**

кандидат технических наук  
Государственное учреждение образования  
«Университет гражданской защиты  
Министерства по чрезвычайным ситуациям  
Республики Беларусь», кафедра  
ликвидации чрезвычайных ситуаций, доцент  
Адрес: ул. Машиностроителей, 25,  
220118, г. Минск, Беларусь  
Email: morozow974@gmail.com  
SPIN-код: 7482-7284

**Artem A. Morozov**

PhD in Technical Sciences  
State Educational Establishment «University  
of Civil Protection of the Ministry for Emergency  
Situations of the Republic of Belarus»,  
Chair of Emergency Elimination,  
Associate Professor  
Address: Mashinostroiteley str., 25,  
220118, Minsk, Belarus  
Email: morozow974@gmail.com  
ORCID: 0000-0001-8079-2578

**Гнищевич Андрей Иванович**

Государственное учреждение образования  
«Университет гражданской защиты  
Министерства по чрезвычайным ситуациям  
Республики Беларусь», факультет  
предупреждения и ликвидации чрезвычайных  
ситуаций, заместитель начальника курса  
по идеологической работе  
Адрес: ул. Машиностроителей, 25,  
220118, г. Минск, Беларусь  
Email: Andreq\_g2@mail.ru

**Andrey I. Gnitsevich**

State Educational Establishment «University  
of Civil Protection of the Ministry for Emergency  
Situations of the Republic of Belarus»,  
Faculty of Emergency Prevention  
and Elimination, Deputy Head of Course  
Address: Mashinostroiteley str., 25,  
220118, Minsk, Belarus  
Email: Andreq\_g2@mail.ru

**Гусев Антон Сергеевич**

Государственное учреждение образования  
«Университет гражданской защиты  
Министерства по чрезвычайным ситуациям  
Республики Беларусь», кафедра пожарной  
аварийно-спасательной подготовки,  
преподаватель  
Адрес: ул. Машиностроителей, 25,  
220118, г. Минск, Беларусь

**Anton S. Gusev**

State Educational Establishment «University  
of Civil Protection of the Ministry for Emergency  
Situations of the Republic of Belarus»,  
Chair of Rescue and Firefighting Training,  
Lecturer  
Address: Mashinostroiteley str., 25,  
220118, Minsk, Belarus

## METHODOLOGY OF RISK ASSESSMENT OF NATURAL AND TECHNOGENIC EMERGENCIES

Mikanovich D.S., Morozov A.A., Gnitsevich A.I., Gusev A.S.

*Purpose.* To formulate the main provisions of the methodology of risk assessment of natural and man-made emergencies (hereinafter – ES).

*Methods.* The method of theoretical analysis of literary sources was used to study the regulatory framework for emergency risk assessment in various countries. The obtained results were processed using the estimation method and theoretical generalization of the obtained data.

*Findings.* The main provisions of the methodology of ES risk assessment, which establish the uniformity of approaches to the analysis and assessment of ES risks based on the principles of multilateral participation and assistance of stakeholders, have been determined.

*Application field of research.* The results of the research can be used by the Ministry of Emergency Situations in the development of the methodology of ES risk assessment.

*Keywords:* risk assessment, emergency situation, risk assessment methodology, mitigation, elimination of emergency situations.

(The date of submitting: February 26, 2024)

### REFERENCES

1. Khodin M.V., Mel'nikova O.E. Obstanovka s chrezvychaynymi situatsiyami v Respublike Belarus' v I polugodii 2023 goda [Analysis of the emergency situations in the Republic of Belarus in the 1st half of 2023]. *Chrezvychaynye situatsii: preduprezhdenie i likvidatsiya*, 2023. No. 2 (54). Pp. 45–50. (rus). DOI: 10.54422/1994-439X.2023.2-54.45-50. EDN: HCFDDG.
2. Lopachuk O.N., Lysenkova M.V. Ekonomicheskaya otsenka ushcherba ot chrezvychaynykh situatsiy v organizatsiyakh promyshlennosti: metodicheskie i prikladnye aspekty [Economic assessment of damage from emergencies in industrial organizations: methodological and applied aspects]. *Journal of Civil Protection*, 2018. Vol. 2, No. 4. Pp. 540–548. (rus). DOI: 10.33408/2519-237X.2018.2-4.540. EDN: YPMHUD.
3. Levin S.N., Lavrent'eva A.N., Vasil'ev G.G. Analiz metodov otsenki riska avariyy i identifikatsii opasnostey pri razrabotke meropriyatiy po preduprezhdeniyu chrezvychaynykh situatsiy [Accident risk assessment and hazards identification analysis for emergency situations prevention]. *Problems of Gathering, Treatment and Transportation of Oil and Oil Products*, 2011. Vol. 56, No. 4. Pp. 141–151. (rus). DOI: 10.17122/ntj-oil-2011-4-141-151. EDN: ONHBZT.
4. Prisyazhnyuk N.L., Solov'eva T.N. Nekotorye aspekty analiza i upravleniya pozharnym riskom [Some aspects of fire risk analysis and management]. *Vestnik Akademii Gosudarstvennoy protivopozharnoy sluzhby*, 2005. No. 3. Pp. 158–161. (rus). EDN: LYEUVA
5. Teterin I.M. Nauchnoe obespechenie upravleniya riskami ChS tekhnogennogo kharaktera v usloviyakh globalizatsii [Scientific support of the management of man-made emergency risks in the context of globalization]. *Vestnik Akademii Gosudarstvennoy protivopozharnoy sluzhby*, 2005. No. 4. Pp. 3–8. (rus). EDN: NOFJDE.
6. Klepko E.A. Obespechenie pozharnoy bezopasnosti gorodov i regionov na osnove otsenki i upravleniya pozharnymi riskami [Ensuring fire safety of cities and regions based on fire risk assessment and management]. PhD. techn. sci. diss.: 05.13.10. Moscow, 2007. 179 p. (rus)
7. Brushlinskiy N.N., Sokolov S.V., Klepko E.A., Belov V.A., Ivanova O.V., Popkov S.Yu. Osnovy teorii pozharnykh riskov i ee prilozheniya [Fundamentals of the theory of fire risks and its applications]. Moscow: SFA of EMERCOM of Russia, 2012. 192 p. (rus)
8. Biryuk V.A., Bulavka Yu.A., Imanov R.N. Metody otsenki riskov v sisteme upravleniya promyshlennoy bezopasnost'yu predpriyatiy neftekhimicheskoy promyshlennosti [Methods of risks estimation in the system of industrial safety management at petrochemical industry enterprises]. *Journal of Civil Protection*, 2018. Vol. 2, No. 4. Pp. 437–445. (rus). DOI:10.33408/2519-237X.2018.2-4.437. EDN: YPMHQT.
9. Shoygu Yu.S., Pyzh'yanova L.G. Prognozirovaniye i upravlenie sotsial'no-psikhologicheskimi riskami vo vremya chrezvychaynoy situatsii [Forecasting and managing social and psychological risks during an emergency situation]. *Lomonosov Psychology Journal*, 2011. No. 4. Pp. 76–83. (rus). EDN: OQQWMJ.
10. Zhang Su, Xiaolu Liu, Jingui Wang. Research on the construction of a «full-chain» rapid response system for power emergencies. *Heliyon*, 2024. Vol. 10, No. 4. Article e26501. DOI: 10.1016/j.heliyon.2024.e26501.

## РИТУАЛ И ТРАДИЦИЯ КАК СРЕДСТВО ТРАНСЛЯЦИИ КОРПОРАТИВНОЙ КУЛЬТУРЫ СПАСАТЕЛЕЙ-ПОЖАРНЫХ

Ковалева Т.Г., Дементьева Т.Г., Луц Л.Н.

*Цель.* Раскрыть значение традиций и ритуалов в развитии корпоративной культуры пожарно-спасательной службы. Описать исторические и морально-этические аспекты традиций и ритуалов белорусских пожарных. Показать практическую и прагматическую значимость сохранения и передачи от поколения к поколению традиций и ритуалов как фактора патриотического и морально-этического воспитания спасателя.

*Методы.* Критический анализ теоретических источников по вопросам семиотики культуры, описывающих знаковые системы со специфическим соотношением между формой и содержанием. Анализ существующих традиций и ритуалов спасателей. Интервьюирование работников органов и подразделений МЧС.

*Результаты.* Раскрыт воспитательный потенциал и доказана эффективность воздействия традиций и ритуалов как инструмента психологического, культурно-исторического и патриотического воспитания спасателей-пожарных, а также элемента профессиональной идентификации и приобщения к корпоративной культуре.

*Область применения исследований.* Образовательное пространство современных учреждений, осуществляющих подготовку спасателей-пожарных. Сфера патриотического и идеологического воспитания, а также социально-культурного образования молодых спасателей-пожарных.

*Ключевые слова:* ритуал, традиция, корпоративная культура, знаковая система, коммуникация, морально-нравственное воспитание.

(Поступила в редакцию 8 апреля 2024 г.)

### Введение

Для современного человека, живущего в мире рационализма, прагматичной занятости, ритуальные формы предстают в качестве абсолютно новой, принципиально иной, по отношению к существующей, формы социального взаимодействия [1, с. 128–129]. Ритуальное взаимодействие имело место в эпоху примитивных культур и позволяло собирать и сплачивать членов социума. На протяжении долгого времени ритуал в основном был объектом религиоведения и этнографии, его считали чем-то архаичным, непостижимым, даже вредоносным, а следовательно, не представляющим интереса для научного анализа. С усилением роли общественных наук в поддержании стабильности социальных отношений взгляды ученых на ритуал изменились. Сущность и факторы влияния ритуальных действий на сознание и поведение человека привлекли внимание психоаналитиков, психологов, социологов, философов, лингвистов.

Основы психологического подхода к исследованию ритуала заложили З. Фрейд и К.Г. Юнг, которые рассматривали ритуал в связи с архетипическим родовым опытом как способ кодирования бессознательного. Знаковая структура ритуала была предметом анализа у К. Леви-Стросса, Л. Леви-Брюля. Игровой аспект ритуала исследовал Й. Хейзинг. Вопрос о ценностных основаниях ритуала стал предметом исследовательского внимания Б. Малиновского, М. Мосса, К. Хьюбнера, М. Элиаде и др. В научной литературе также описаны различные функции ритуала, например у М.С. Кагана, М.К. Мамардашвили, В.Н. Топорова и др. [2, с. 11–12]. Сегодня наблюдается определенный подъем интереса к этой проблематике, однако феномен ритуала все равно остается на периферии научного анализа [3, с. 39].

В настоящей статье ритуал трактуется в нескольких аспектах. Во-первых, в духе лотмановской семиотики культуры, т.е. как регулятивный механизм культуры, воспроизводящий стереотипизированные, часто повторяющиеся формулы массового поведения

и словесные декларации, которым тем самым придается торжественный смысл. С точки зрения организаторов и участников, ритуал – это действие или событие, и оно обладает повышенной степенью неизменности, символичности и значимости. Ритуал в жизни социума выполняет практические функции, а именно, объединяет и связывает отдельных личностей в единое целое вокруг определенных целей и идеалов [4, с. 70].

С другой стороны, ритуал представляет собой взаимодействие вербальных и невербальных средств коммуникации, т.е. является средством коммуникации, как и естественный язык в богатстве его функций, в том числе прагматической. Прагматическая роль ритуала реализуется посредством взаимодействия языковых и неязыковых знаков, а их оптимальное сочетание обеспечивает успех ритуального воздействия. Как любая знаковая система, ритуал передает определенную информацию в концентрированном виде, и успех коммуникации зависит от оптимального сочетания его вербальных (речевые акты) и невербальных (символика, музыка, жесты, движения) элементов [5, с. 7].

Имея знаковую природу и являясь средством коммуникации, ритуал тем не менее существенно отличается от естественного языка даже тем, что его невозможно перекодировать средствами иного языка, т.е. в обычном понимании термина «перевести с языка на язык» ритуал можно только описать и трактовать. В отличие от норм естественного языка, где имеет место условный тип связи между означаемым и его символом, в ритуале символ «прорастает внутрь содержания», соотнося свою форму с задачами означаемого образа. Можно сказать, что ритуал – это тот случай, когда люди не используют язык для коммуникации, но символы передают свой смысл через физические действия и речевые акты людей. Своеобразной чертой ритуала является также его ритм. Все ритуалы обязательно обладают своей ритмикой, и каждое событие проигрывается до бесконечности с возвращением цикла «на круги своя». Это приводит к постоянному повторению ограниченного числа жестов и формированию канона. Ритуалы и традиции формируют и укрепляют общество, выполняя воспитательную, образовательную и пропагандистскую функции, составляя существенную часть его культуры.

С точки зрения формализации существует определенное различие между традицией и ритуалом. Традиция предусматривает менее формализованные процедуры, допускает отступление от предписанных речевых актов или используемых символов. В настоящей статье данное различие рассматривается как несущественное, и термины «традиция» и «ритуал» используются как равнозначные. Таким образом, ритуал понимается как определенная предписанная последовательность совершения действий, речевых актов, невербальных средств коммуникации (жестов, движений, поз, символов, дистанции между участниками).

### **Основная часть**

Социологи различают организационную и корпоративную культуру, полагая, что организационная культура складывается в результате целенаправленных административных действий, а корпоративная культура формируется как результат длительно складывающегося социально-исторического процесса, протекающего независимо от воли отдельных людей.

Профессия спасателя-пожарного относится к числу профессий, связанных с риском для жизни. Спасатель должен быть всегда готов оказать помощь в экстремальной ситуации, для этого требуются определенные профессиональные и моральные качества. Умения и навыки спасения или тушения пожара можно развить в ходе обучения, а такие качества личности, как мужество, отвага, смелость, готовность пойти на помощь незнакомым людям, не даются от рождения, их необходимо воспитывать. Традиции и ритуалы как раз и являются одним из средств нравственно-этического воспитания спасателей-пожарных.

Ритуалы в профессиональной среде военизированных организаций, каковой является и профессиональное сообщество спасателей-пожарных, представляют собой важную часть как организационной, так и корпоративной культуры. Ритуалы пожарных «как совершенная,

законченная устойчивая конструкция» (Л.П. Морина) обладают нормативным статусом, каждый из них имеет свой смысл и значимость. Ритуалы скрепляют организацию, участвуют в формировании ее главных ценностей и являются своеобразным средством «культурной регуляции» поведения ее членов [6].

Опыт упорядочивания, классификации и легализации традиций, ритуалов и церемоний, сложившихся в системе МЧС, имеется в Российской Федерации. В документе «Об одобрении Перечня церемоний и ритуалов, связанных с соблюдением традиций, сложившихся в системе МЧС России» [7] подчеркивается, что актуальность развития и поддержания сложившихся исторически традиций, сопряженных с ритуалами и церемониями борцов с огнем, связана с повышением престижа службы и работы в МЧС и подкрепляется положительным их влиянием на воспитательный процесс. В документе выделяются две группы: 1) церемонии и ритуалы, определенные нормативными правовыми документами и соблюдаемые в МЧС России, 2) церемонии, ритуалы и традиции, которые сложились в системе МЧС исторически. К первой группе относится, например, приведение к присяге военнослужащих спасательных воинских формирований и сотрудников федеральной противопожарной службы; подъем и спуск Государственного флага Российской Федерации; вручение боевого знамени, вручение личному составу вооружения и техники, отдание почестей при погребении. Во второй группе перечислены: посвящение молодых сотрудников в профессию, выпуск молодых специалистов учреждений высшего образования, проведение Дня открытых дверей, торжественные проводы на заслуженный отдых, проведение Дня спасателя Российской Федерации, проведение Дня пожарной охраны, сохранение памяти погибших при выполнении служебного долга, работа с сотрудниками МЧС России, получившими травму при исполнении служебных обязанностей, получение очередного звания и некоторые другие [7]. Каждое из этих событий подробно описано с указанием последовательности совершения действий, произносимых слов, жестов, движений. В документе подчеркивается роль традиций и ритуалов для развития корпоративной культуры МЧС России.

Корпоративная и организационная культура МЧС Республики Беларусь впитала многие исторические и современные традиции, скрепленные ритуалами и церемониями. Существует нормативный документ «Методические рекомендации по организации и проведению традиционных служебных ритуалов в органах и подразделениях по чрезвычайным ситуациям», утвержденный 30 июня 2022 г. Министром по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь<sup>1</sup>. Ритуалы, традиции, церемонии белорусских работников МЧС – это формы коллективных социальных и профессиональных регулирующих практик, которые касаются парадной деятельности, учебно-боевой деятельности, повседневной, караульно-гарнизонной деятельности. Одни, как у соседей спасателей-пожарных или военных в России, имеют исторические корни, другие возникли в ходе профессиональной деятельности и связаны коллективным эмоциональным опытом или требованиями организационной культуры.

Наиболее яркими и впечатляющими являются традиции, ритуалы и церемонии парадной деятельности. Ритуалы парадной деятельности представляют собой определенную коммуникативную технологию «производства групповой солидарности, идентичности и символов, репрезентирующих группу». Парадные церемонии представляют собой один из ключевых механизмов формирования коллектива, т.к. в них комбинируются элементы идеологического и эмоционального воздействия, сочетается внешний образ (парадная форма), музыка, ритмичность движений, барабанная дробь, речевые средства (короткие команды, слова присяги). Парадные ритуалы оказывают сильнейшее эмоциональное воздействие как на участников, так и на зрителей, в числе которых, как правило, родные и близкие участников. Наблюдая парадные церемонии, зрители испытывают чувство сопричастности к организации,

<sup>1</sup> Методические рекомендации по организации и проведению традиционных служебных ритуалов в органах и подразделениях по чрезвычайным ситуациям: утв. Министром по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь, 30 июня 2022 г. – 20 с.

восхищаются выправкой и красотой участников, испытывают чувство гордости. Парадные ритуалы эмоционально вовлекают в торжественное действие членов семей спасателей-пожарных, что чрезвычайно важно для укрепления семьи и взаимопонимания между ее членами.

В повседневной жизни работников и будущих спасателей-курсантов учреждений образования исполняются такие ритуалы, как, например, воинское приветствие, утренняя поверка с подъемом флага и маршем. Утреннее построение выполняет организующую и стимулирующую к активной деятельности функцию: под музыкальное сопровождение по плацу проходит марш. Таким образом реализуется установка на трудовой день и его организацию. Утренняя поверка может сопровождаться ритуалом поощрения, таким образом повышается мотивация работника к эффективному труду.

Один из простых ритуалов повседневной жизни – ритуал воинского приветствия. Он уходит корнями в далекое прошлое – к эпохе средневековых рыцарей и изначально демонстрировал дружеские намерения рыцарей по отношению друг к другу. Этикетный жест поднесения кисти руки к козырьку с выпрямленными пальцами в наше время является для офицеров привычным и почти автоматическим. С течением времени появился глагол «козырнуть», т.е. выполнить воинское приветствие при встрече с начальством или высшими военными чинами<sup>2</sup>. Выпрямленный корпус, развернутые плечи демонстрируют уважение, вежливость, выправку, воспитанность и дисциплину. Нередко обучающиеся приветствуют преподавателей из числа гражданских сотрудников речевым действием «Здравия желаю», что также является выражением уважительного и доброжелательного отношения к лицам, старшим по возрасту и по положению.

В повседневной деятельности обучающихся в учреждениях образования имеются определенные ритуалы организационного типа. Например, рапорт дежурного перед началом занятия, рапорт по прибытии на зачет или экзамен, рапорт после выполнения учебного задания. Эти ритуалы реализуются речевыми актами утверждения (констативы) без привлечения невербальных элементов.

В гарнизонной жизни спасателей-пожарных имеются определенные ритуалы и традиции, возникшие под влиянием специфики службы. Такие ритуалы имеют психологические основания, особенно у людей, работа которых связана с риском для жизни и природными стихиями. Жизнь и работа спасателей-пожарных находится в зоне риска и связана с водой и огнем. В связи с этим их «сакральные» ритуалы нередко связаны с «обратным» суеверием, т.е. совершаются действия, которые необходимы, чтобы предотвратить нежелательные или опасные последствия<sup>3</sup>. Так, молодых бойцов после первого пожара принято обливать водой, вероятно, чтобы в будущем огонь не причинил им вреда. Одной из традиций является церемония проводов на пенсию: для работника прокладывают сухие рукава, между которыми он должен пройти. Таким образом, очевидно, ему желают спокойной жизни, не связанной с водной стихией. Определенные ритуальные действия совершаются при получении очередного звания; в нормативных методических рекомендациях подробно описывается последовательность действий с символами (звездочками) и объектами, приводится содержание и структура речевых актов-пожеланий (здравниц)<sup>4</sup>.

Прагматические функции традиций, ритуалов и церемоний в среде спасателей-пожарных реализуются в процессе выполнения ритуалов поощрения, порицания, интеграции, инициации [8].

---

<sup>2</sup> Иванов, В. Как родилось русское воинское приветствие? [Электронный ресурс] / В. Иванов // Федеральный портал Истории России «История.РФ»: [histrf.ru](https://histrf.ru). – 2018. – 19 янв. – Режим доступа: <https://histrf.ru/read/articles/kak-rodilos-russkoie-voinskoie-privietstviie>. – Дата доступа: 02.04.2024.

<sup>3</sup> Приметы, традиции, суеверия и ритуалы пожарных в России [Электронный ресурс] // Пожарная безопасность. Сайт пожарных и спасателей МЧС: [fireman.club](https://fireman.club). – 2016. – 4 марта. – Режим доступа: <https://fireman.club/statyi-polzovateley/primety-tradicii-i-sueveriya-pozharnyx-ritualy-pozharnoj-oxrany-v-rossii/>. – Дата доступа: 02.04.2024.

<sup>4</sup> См. сноску 1.

Церемония поощрения демонстрирует одобрение достижений или поведения работника, соответствующего корпоративным нормам. В качестве таких ритуалов могут выступать награждения памятными или почетными знаками. Этот ритуал в значительной степени формализован. Ритуал порицания символизирует осуждение организацией нежелательного поведения работника. В качестве ритуалов порицания выступают общие собрания или индивидуальные встречи управляющего с сотрудником, нарушающим дисциплину, такие ритуалы менее формализованы. Ритуалы интеграции собирают всех работников, чтобы напомнить им общие цели организации. К числу таких ритуалов можно отнести праздничные концерты, которые нередко включают ритуалы поощрения. Ритуалы инициации совершаются при вступлении в коллектив, они демонстрируют новому работнику действительные ценности и морально-этические нормы коллектива. К ритуалам инициации относится прежде всего торжественное принятие присяги.

Повторяющиеся с неизменным сценарием и результатом события в жизни организации, так называемые цепочки интерактивных ритуалов [9], представляют собой одну из коммуникативных технологий формирования групповой солидарности, принадлежности и символики, являясь ключевым механизмом создания социальных сообществ.

### Заключение

Традиции и ритуалы представляют собой мощный инструмент интеллектуального, эмоционального и волевого воздействия как на работников пожарно-спасательной сферы, так и на членов их семей, а также на широкую публику. Для работников с большим опытом важны парадные и гарнизонные ритуалы, укрепляющие чувство групповой принадлежности, «моральной правоты» и при необходимости подпитывающие «эмоциональную энергию» для предотвращения профессионального выгорания.

Будущие спасатели-пожарные, курсанты и слушатели учреждений образования воспитываются на исторических и организационных традициях, ритуалах инициации и повседневной жизни, шаг за шагом проникаясь духом корпоративной культуры, на видимом уровне которой находятся торжественные церемонии во всем богатстве вербальных и невербальных элементов.

Наряду с традициями, ритуалами и церемониями корпоративная культура включает такие элементы, как символы, герои, ценности. Каждый из этих элементов может быть объектом социолингвистического анализа, нацеленного на выявление практических и прагматических функций, которые в совокупности формируют устойчивую к переменам, скрепленную традициями, жизнеспособную и эффективную организацию и являются элементом технологии построения социального взаимодействия.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Костина, А.В. Проблема Дара в философии постмодернизма: от архаических ритуалов к ритуалам современным / А.В. Костина // Мир психологии. – 2003. – № 1 (33). – С. 128–140. – EDN: EATPZR.
2. Морина, Л.П. Семиотика ритуализированных поведенческих форм культуры: автореф. дис. ... д-ра филос. наук: 24.00.01 / Л.П. Морина; Санкт-Петербургский государственный университет. – СПб., 2008. – 43 с.
3. Кириленко, Ю.Н. Философское измерение ритуала: ритуал как языковая игра / Ю.Н. Кириленко // Вестник Томского государственного университета. – 2010. – № 341. – С. 39–42. – EDN: NEJXBVJ.
4. Кондаков, И.В. Ритуал как механизм русской истории (прагматическая функция ритуала) / И.В. Кондаков // Мир психологии. – 2003. – № 1 (33). – С. 70–85. – EDN: MQMIAC.
5. Мечковская, Н.Б. Семиотика: Язык. Природа. Культура: курс лекций, учеб. пособие для студ. филол., лингв. и переводовед. фак. высш. учеб. заведений / Н.Б. Мечковская. – 2-е изд., испр. – М.: Издательский центр «Академия», 2007. – 432 с. – ISBN 978-5-7695-4467-5.
6. Маюров, Н.П. Традиции и ритуалы как социальный феномен // Н.П. Маюров, Т.А. Трофимова, Д.А. Макаров // Пробелы в российском законодательстве. – 2016. – № 4. – С. 260–265. – EDN: VZXPTL.

7. Об одобрении Перечня церемоний и ритуалов, связанных с соблюдением традиций, сложившихся в системе МЧС России [Электронный ресурс]: решение Коллегии МЧС России от 6 февр. 2013 г. № 1/VIII. – Режим доступа: <https://mchs.gov.ru/dokumenty/1848>. – Дата доступа: 02.04.2024.
8. Зверева, Т.В. Основания, принципы, признаки и элементы корпоративной культуры / Т.В. Зверева // Инженерный вестник Дона. – 2009. – № 4 (10). – С. 2–13. – EDN: KZTWCL.
9. Прозорова, Ю.А. Интерактивный ритуал как социально-коммуникативная технология организации группового взаимодействия: автореф. дис. ... канд. социол. наук: 22.00.04 / Ю.А. Прозорова; Санкт-Петербургский государственный университет. – СПб., 2009. – 22 с.



**Ритуал и традиция как средство трансляции корпоративной культуры спасателей-пожарных**

**Ritual and tradition as a means of transmission firefighter-rescuers' corporate culture**

***Ковалева Татьяна Григорьевна***

кандидат филологических наук, доцент  
Государственное учреждение образования  
«Университет гражданской защиты  
Министерства по чрезвычайным ситуациям  
Республики Беларусь», кафедра современных  
языков, профессор

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

Email: kova77@mail.ru

SPIN-код: 2704-1742

***Tatyana G. Kovaleva***

PhD in Philological Sciences, Associate Professor  
State Educational Establishment «University  
of Civil Protection of the Ministry for Emergency  
Situations of the Republic of Belarus»,  
Chair of Modern Languages, Professor

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

Email: kova77@mail.ru

ORCID: 0000-0002-8513-5662

***Дементьева Татьяна Георгиевна***

кандидат филологических наук, доцент  
Институт повышения квалификации  
и переподготовки кадров Минского  
государственного лингвистического  
университета, кафедра интенсивного  
обучения иностранным языкам, доцент

Адрес: ул. Захарова, 21, корпус Б,  
220034, г. Минск, Беларусь

Email: tania-dementieva@rambler.ru

SPIN-код: 7388-3998

***Tatyana G. Dement'eva***

PhD in Philological Sciences, Associate Professor  
Institute for Advanced Studies and Retraining  
of Minsk State Linguistic University,  
Chair of Intensive Foreign Languages  
Instruction, Associate Professor

Address: Zakharova str., 21, build. B,  
220034, Minsk, Belarus

Email: tania-dementieva@rambler.ru

***Луц Любовь Николаевна***

кандидат филологических наук, доцент  
Государственное учреждение образования  
«Университет гражданской защиты  
Министерства по чрезвычайным ситуациям  
Республики Беларусь», кафедра современных  
языков, заведующий кафедрой

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

Email: golovkina8008@gmail.com

SPIN-код: 2872-9649

***Lyubov N. Luts***

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

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

Email: golovkina8008@gmail.com

ORCID: 0000-0002-2565-2801

## RITUAL AND TRADITION AS A MEANS OF TRANSMISSION FIREFIGHTER-RESCUERS' CORPORATE CULTURE

Kovaleva T.G., Dement'eva T.G., Luts L.N.

*Purpose.* To reveal the importance of traditions and rituals in the development of the corporate culture of the fire and rescue service. To describe the historical, moral and ethical aspects of the traditions and rituals of Belarusian firefighters. To show the practical and pragmatic significance of preserving and transmitting traditions and rituals from generation to generation as a factor in the patriotic, moral and ethical education of a rescuer.

*Methods.* Critical analysis of theoretical sources on the semiotics of culture, describing sign systems with a specific relationship between form and content. Sociolinguistic analysis of existing traditions and rituals of rescuers. Interviewing employees of bodies and departments of the Ministry of Emergency Situations.

*Findings.* The educational potential has been revealed and the effectiveness of the influence of traditions and rituals as psychological, cultural, historical and patriotic education of firefighters and rescuers, as well as an element of professional identification and familiarization with corporate culture, has been proven.

*Application field of research.* The educational space of modern institutions that train fire rescuers. The sphere of patriotic and ideological education, as well as socio-cultural education of young rescue firefighters.

*Keywords:* ritual, tradition, corporate culture, sign system, communication, moral education.

(The date of submitting: April 8, 2024)

### REFERENCES

1. Kostina A.V. Problema Dara v filosofii postmodernizma: ot arkhaiskikh ritualov k ritualam sovremennym [The problem of a gift in the philosophy of postmodernism: from archaic rituals to modern rituals]. *Word of psychology*, 2003. No. 1 (33). Pp. 128–140. (rus). EDN: EATPZP.
2. Morina L.P. *Semiotika ritualizirovannykh povedencheskikh form kul'tury* [Semiotics of ritualized behavioral forms of culture]: Grand PhD philosophical sci. diss. synopsis: 24.00.01; St. Petersburg University. St. Petersburg, 2008. 43 p. (rus)
3. Kirilenko Ju.N. Filosofskoe izmerenie rituala: ritual kak yazykovaya igra [Philosophical dimension of ritual: ritual as a language game]. *Tomsk State University Journal*, 2010. No. 341. Pp. 39–42. (rus). EDN: NEJXBJ.
4. Kondakov, I.V. Ritual kak mekhanizm russkoy istorii (pragmaticheskaya funktsiya rituala) [Ritual as a mechanism of Russian history (pragmatic function of ritual)]. *Word of psychology*, 2003. No. 1 (33). Pp. 70–85. (rus). EDN: MQMIAC.
5. Mechkovskaya N.B. *Semiotika: Yazyk. Priroda. Kul'tura* [Semiotics: Language. Nature. Culture]: course of lectures, tutorial for students of philology, linguistics and translation studies of higher educational institutions. 2nd edition, revised. Moscow: Publishing center «Akademiya», 2007. 432 p. (rus). ISBN 978-5-7695-4467-5.
6. Mayurov N.P., Trofimova T.A., Makarov D.A. Traditsii i ritualy kak sotsial'nyy fenomen [Traditions and rituals as a social phenomenon]. *Gaps in Russian Legislation*, 2016. No. 4. Pp. 260–265. (rus). EDN: VZXPTL.
7. *Ob odobrenii Perechnya tseremoniy i ritualov, svyazannykh s soblyudeniem traditsiy, slozhivshikhsya v sisteme MChS Rossii* [On approval of the List of ceremonies and rituals related to the observance of traditions that have developed in the system of the EMERCOM of Russia]: decision of the Collegium of the EMERCOM of Russia, February 6, 2013, No. 1/VIII. Available at: <https://mchs.gov.ru/dokumenty/1848> (accessed: April 2, 2024).
8. Zvereva T.V. Osnovaniya, printsipy, priznaki i elementy korporativnoy kul'tury [Foundations, principles, signs and elements of corporate culture]. *Engineering Journal of Don*, 2009. No. 4 (10). Pp. 2–13. (rus). EDN: KZTWCL.
9. Prozorova Yu.A. Interaktivnyy ritual kak sotsial'no-kommunikativnaya tekhnologiya organizatsii gruppovogo vzaimodeystviya [Interactive ritual as a socio-communicative technology of organizing group interaction]: PhD social. sci. diss. synopsis: 22.00.04; St. Petersburg University. St. Petersburg, 2009. 22 p. (rus)

## **ИНФОРМАЦИОННАЯ КОНЦЕПТУАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ДОЛЖНОСТНЫХ ЛИЦ ОРГАНОВ ГОСУДАРСТВЕННОГО ПОЖАРНОГО НАДЗОРА ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ НАДЗОРНО-ПРОФИЛАКТИЧЕСКИХ МЕРОПРИЯТИЙ (НА ПРИМЕРЕ ОРГАНИЗАЦИИ ПРОВЕДЕНИЯ МОНИТОРИНГА)**

**Суриков А.В., Зайнудинова Н.В., Барыш С.В.**

*Цель.* Разработать информационную концептуальную модель профессиональной деятельности должностных лиц органов государственного пожарного надзора при осуществлении надзорно-профилактических мероприятий (на примере организации проведения мониторинга).

*Методы.* Общая методология работы предусматривала использование теоретических методов исследования (анализ и синтез).

*Результаты.* Проведен анализ нормативных правовых актов, регламентирующих контрольную (надзорную) деятельность в Республике Беларусь, применительно к деятельности должностных лиц органов государственного пожарного надзора. Представлена информационная концептуальная модель профессиональной деятельности указанных должностных лиц при осуществлении мониторинга.

*Область применения исследований.* Полученные результаты исследований могут быть применены в образовательном процессе при подготовке работников органов государственного пожарного надзора, а также при разработке имитационных обучающих систем проведения надзорно-профилактических мероприятий с применением данной формы государственного контроля (надзора).

*Ключевые слова:* государственный надзор в области обеспечения пожарной безопасности, органы государственного пожарного надзора, формы государственного контроля (надзора).

(Поступила в редакцию 19 марта 2024 г.)

### **Введение**

Осуществление государственного надзора в различных сферах деятельности является одной из управленческих функций государства. Государственный надзор в области обеспечения пожарной безопасности осуществляется должностными лицами органов государственного пожарного надзора МЧС Беларуси (далее – органы ГПН) [1]. Государственный контроль (надзор) осуществляется в формах, установленных Указом Президента Республики Беларусь [2].

Деятельность по осуществлению контроля (надзора) за соблюдением субъектами хозяйствования законодательства о пожарной безопасности предопределяет повышенные требования к квалификации должностных лиц органов ГПН. В свою очередь, большой объем профессионально значимой нормативной информации снижает надежность указанной деятельности. Помимо знаний требований пожарной безопасности должностные лица органов ГПН, безусловно, должны соблюдать законность при осуществлении непосредственно самой контрольной (надзорной) деятельности как при проведении контрольных (надзорных) мероприятий, так и при ведении административного процесса, проведении проверок информации по пожарам и т.д. Указанное означает, что объем профессионально значимой информации значительно увеличивается.

Очевидно, что наибольшие затруднения в профессиональной деятельности испытывают работники, имеющие небольшой стаж практической деятельности либо не имеющие его вовсе. В данном случае речь прежде всего идет о выпускниках профильных учебных заведений. Это означает, что повышение качества подготовки в период обучения будущих работников органов ГПН является крайне важной задачей, а применяемые методы обучения

требуют постоянного совершенствования, в том числе за счет расширения применения современных информационных технологий.

Модель системы подготовки инженерно-технических работников к нормативно обусловленной деятельности и педагогические условия ее эффективного функционирования приведены в работе [3]. Модель строится на основе концепции деятельности по обеспечению противопожарной защиты и концептуальной модели явления «пожар» с учетом структуры готовности специалиста, ориентировочной основы деятельности, ведущих характеристик усвоения информации. Методика формирования профессиональной компетентности государственных инспекторов по пожарному надзору в системе дополнительного образования взрослых Республики Беларусь рассмотрена в работе [4]. В работе приведено теоретическое обоснование сущности, структуры, содержания и уровней профессиональной компетентности государственных инспекторов по пожарному надзору. Выявлены организационно-педагогические условия формирования профессиональной компетентности государственных инспекторов по пожарному надзору, а также предложена методика формирования профессиональной компетентности государственных инспекторов по пожарному надзору.

Большой вклад в создание методик проведения проверок противопожарного состояния объектов и подготовки должностных лиц органов ГПН внесли исследования А.О. Андреева, Н.Н. Брушлинского, В.М. Гаврилея, В.И. Козлачкова, И.А. Лобаева, Е.А. Мешалкина, А.Ю. Хохловой, Д.Г. Карпенко [5], Е.А. Ягодки [6] и др. Одной из наиболее эффективных методик указанного направления профессиональной деятельности должностных лиц органов ГПН является применение информационной концептуальной модели требований пожарной безопасности, разработанной профессором В.И. Козлачковым [7].

Построение указанной модели основывается на формировании интегральных информационных структур (модулей), содержащих взаимосвязанные принципы деятельности, проявляющие себя в конкретных ситуациях и ситуационно закрепленные в определенных нормативных правовых актах, регламентирующих требования пожарной безопасности. Вместе с тем методики, направленные на повышение эффективности подготовки должностных лиц органов ГПН в сегменте профессиональной деятельности, связанном непосредственно с порядком проведения надзорно-профилактических мероприятий, в доступных источниках отсутствуют.

По мнению авторов настоящей статьи, технология создания информационной концептуальной модели профессиональной деятельности должностных лиц органов ГПН, использованная профессором В.И. Козлачковым, применима и для решения задачи по повышению эффективности подготовки указанных работников при формировании профессиональных компетенций относительно порядка осуществления надзорно-профилактических мероприятий, а практическая реализация модели, описывающей действия должностных лиц, осуществляющих надзорно-профилактические мероприятия, может быть выполнена с применением современных информационных технологий.

Настоящая работа посвящена разработке информационной концептуальной модели профессиональной деятельности должностных лиц органов ГПН при осуществлении надзорно-профилактических мероприятий (на примере организации проведения мониторинга, как наиболее часто применяемой формы государственного контроля (надзора)), направленной на усовершенствование реализации образовательного процесса при подготовке будущих работников органов ГПН в части реализации законодательства о контрольной (надзорной) деятельности.

### **Основная часть**

**Сущность построения информационной концептуальной модели профессиональной деятельности.** Как указывалось ранее, разработка информационной концептуальной модели профессиональной деятельности базируется на применении технологии определения интегральных информационных структур (модулей), содержащих ее взаимосвязанные

принципы и сформированных на основе выделения основных элементов информации, содержащей требования к нормативно обусловленной деятельности.

Применение данной технологии приводит к тому, что не требуется хранить всю информацию, а достаточно лишь знать ключевые элементы и принципы их реализации, чтобы построить развернутое информационное сообщение. Такая технология позволяет резко сократить объем циркулирующей информации за счет выделения из нее основных элементов, которые интегрируются в информационные модули (комплексы).

Применение технологии создания информационной концептуальной модели профессиональной деятельности позволяет дополнить всю действующую нормативную базу системой ориентиров, т.е. своеобразным навигатором.

Порядок формирования указанных модулей приведен на рисунке 1.



Рисунок 1. – Порядок формирования информационных модулей

Общий обзор информации позволяет определить ее предметную направленность; круг и характер проблем (задач), которые в ней освещены (решены); структуру; плотность; доступность; объем; новизну; возможность использования в практической деятельности. Такое представление об информации создает возможность рациональной организации ее обработки.

После обзора из общего объема информации выделяется профессионально значимая. При отборе информации необходимо обратить внимание на характер ее включения в общий объем и придаваемое значение. Это впоследствии облегчает поиск существенных признаков изучаемого предмета и позволяет определить значение и возможности использования информации в профессиональной деятельности.

Анализ информации начинается с поиска существенных признаков (опорных сигналов), определяющих смысл информационных сообщений, на которые делится информация. Определение смысла включает уяснение цели, средств и способов решения проблем, отраженных в информации. Выделение ключевых слов (фраз) позволяет сократить информацию и представить ее в виде неструктурированного перечня кратких сообщений.

После того как упрощение произведено, между ключевыми словами устанавливаются отношения. Для этого определяются родовые или видовые признаки, присущие этим элементам, которые необходимы для установления соподчиненности.

После выполнения этих операций (выделение ключевых слов, установление объемных отношений между ними) ключевые сообщения группируются по общим признакам – обобщаются.

Поскольку при анализе информации не только выделяются существенные признаки, но и определяется смысл отдельных сообщений, создается возможность формирования структурных связей между обобщенными группами понятий (синтез), что, в свою очередь, обуславливает усвоение информации на качественно новом уровне [7].

**Анализ нормативных правовых актов, регламентирующих контрольную (надзорную) деятельность в Республике Беларусь.** Государственный надзор в области обеспечения пожарной безопасности в Республике Беларусь включает:

- 1) государственный пожарный надзор;
- 2) надзор за соблюдением законодательства при осуществлении деятельности по обеспечению пожарной безопасности;
- 3) государственный надзор за соблюдением требований технических регламентов Таможенного союза, Евразийского экономического союза (далее – ЕАЭС) в области пожарной безопасности [1].

При осуществлении государственного надзора в области обеспечения пожарной безопасности должностными лицами органов ГПН применяются формы государственного контроля (надзора), установленные законодательством Республики Беларусь о контрольной (надзорной) деятельности. К указанным формам контроля (надзора) относятся выборочные и внеплановые проверки, мероприятия технического (технологического, поверочного) характера, а также меры профилактического и предупредительного характера [2].

Проверка представляет собой форму контроля (надзора), в ходе которого контролирующей (надзорной) орган проверяет соответствие деятельности, осуществляемой проверяемыми субъектами, требованиям законодательства и при выявлении нарушений законодательства применяет полномочия, предоставленные законодательными актами в целях пресечения нарушений и устранения их вредных последствий [2]. К таким полномочиям, например, относится привлечение лиц, совершивших правонарушение, к административной ответственности. Порядок проведения проверок установлен Указом Президента Республики Беларусь [2].

По признаку плановости проверки подразделяются на выборочные (проверки, проводимые в плановом порядке) и внеплановые. Выборочные проверки назначаются с учетом критериев оценки степени риска для отбора проверяемых субъектов при проведении выборочной проверки и на основании результатов анализа имеющейся в распоряжении контролирующего (надзорного) органа информации, свидетельствующей о высокой степени риска нарушений законодательства и невозможности их выявления и (или) устранения иными формами государственного контроля (надзора). Внеплановые проверки назначаются при наличии установленных законодательством оснований [2].

Применительно к деятельности органов ГПН мероприятия технического (технологического, поверочного) характера – это действия контролирующих (надзорных) органов по оценке соблюдения юридическими и физическими лицами требований актов законодательства, в том числе обязательных для соблюдения требований технических нормативных правовых актов при осуществлении строительной деятельности (строительства), проектировании и проведении строительно-монтажных работ, включенные в утверждаемый Советом Министров Республики Беларусь по согласованию с Президентом Республики Беларусь перечень мероприятий технического (технологического, поверочного) характера [2].

Перечень мероприятий технического (технологического, поверочного) характера, проводимых органами ГПН, регламентируется постановлением Совета Министров Республики Беларусь [8], а порядок их проведения – постановлением Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь [9].

Проведение выборочных и внеплановых проверок по вопросам, относящимся к мероприятиям технического (технологического, поверочного) характера, не допускается. Мероприятия технического (технологического, поверочного) характера имеют предупредительно-профилактическую направленность. Вместе с тем при неустранении выявленных нарушений, выявлении повторных нарушений, ранее установленных в ходе мероприятий технического (технологического, поверочного) характера, а также при выявлении нарушений, устранение которых невозможно, меры ответственности применяются в порядке, установленном законодательством [2].

Периодичность осуществления мероприятий в отношении одного объекта (субъекта) контроля (надзора) установлена [8].

Мониторинг, как разновидность мер профилактического и предупредительного характера, представляет собой форму контроля (надзора), заключающегося в наблюдении, анализе, оценке, установлении причинно-следственных связей, применяемого контролирующими (надзорными) органами в целях оперативной оценки фактического состояния объектов и условий деятельности субъекта мониторинга на предмет соответствия требованиям законодательства, выявления и предотвращения причин и условий, способствующих совершению нарушений, без использования полномочий, предоставленных контролирующим (надзорным) органам и их должностным лицам для проведения проверок [2]. Порядок проведения мониторинга установлен Указом Президента Республики Беларусь [2].

Именно мониторинги являются формой государственного контроля (надзора) наиболее часто применяемой должностными лицами органов ГПН при реализации ими законодательства о контрольной (надзорной) деятельности.

В зависимости от того, в каком из направлений государственного надзора в области обеспечения пожарной безопасности должностными лицами органов ГПН осуществляется надзор, применяется та или иная форма государственного контроля (надзора) [1; 2; 9–11].

Проведенный отбор и обзор нормативных правовых актов [2; 8; 10–12], регламентирующих контрольную (надзорную) деятельность органов ГПН, а также ведомственных документов МЧС Беларуси позволил сформулировать следующие присущие отдельным формам государственного контроля (надзора) ключевые особенности:

1. Цель формы контроля (надзора).

Проверки проводятся в целях пресечения нарушений и устранения их вредных последствий, а мониторинги – в целях оперативной оценки фактического состояния объектов и условий деятельности субъекта мониторинга на предмет соответствия требованиям законодательства, выявления и предотвращения причин и условий, способствующих совершению нарушений.

2. Предмет надзора.

При проведении проверок контролирующей (надзорной) орган проверяет соответствие деятельности проверяемого субъекта в соответствии с компетенцией данного органа. При этом при проведении мероприятий технического (технологического, поверочного) характера оценивается только соблюдение требований нормативных правовых актов при осуществлении определенной деятельности (например, при проектировании или проведении строительно-монтажных работ).

3. Направленность (характер) формы контроля (надзора).

При проведении проверок контролирующей (надзорной) орган проверяет соответствие деятельности, осуществляемой проверяемыми субъектами, требованиям законодательства и при выявлении нарушений законодательства применяет соответствующие полномочия, в то время как мероприятия технического (технологического, поверочного) характера имеют предупредительно-профилактическую направленность, а мониторинги и вовсе относятся к мерам профилактического и предупредительного характера.

#### 4. Планирование мероприятий.

Проверки подразделяются на выборочные (т.е. по сути плановые) и внеплановые, в то время как для мероприятий технического (технологического, поверочного) характера и мониторингов законодательно не установлен порядок их планирования. Вместе с тем следует отметить, что в соответствии с ведомственными нормативными документами МЧС установлен порядок планирования указанных надзорно-профилактических мероприятий.

#### 5. Способ проведения мероприятий.

При проведении проверки проверяющий самостоятельно определяет методы и способы ее осуществления. Проверяющие могут производить осмотр используемых для осуществления деятельности территорий или помещений проверяемого субъекта, требовать и получать от проверяемого субъекта необходимые для проверки документы (их копии), в том числе в электронном виде, иную информацию, касающуюся его деятельности и имущества, изымать у проверяемого субъекта в установленном порядке подлинники документов (иные носители информации), имеющих отношение к выявленным нарушениям, и т.д.

Применительно к деятельности органов ГПН мероприятия технического (технологического, поверочного) характера проводятся путем рассмотрения и выборочного анализа проектной документации, осмотра строительной площадки, оценки соблюдения законодательства при проведении строительно-монтажных работ, изучения технической и другой документации. Мониторинг заключается в наблюдении, анализе, оценке, установлении причинно-следственных связей.

6. Наличие определенных ограничений полномочий для должностных лиц, осуществляющих мероприятия.

Данная особенность характерна для проведения мониторингов. В частности, это касается ограничения доступа на объект мониторинга. При проведении надзорно-профилактического мероприятия в данной форме должностные лица контролирующих (надзорных) органов вправе входить на территорию и (или) объекты субъекта, являющиеся общедоступными, а на иные территорию и (или) объекты – с согласия субъекта. При проведении проверок проверяющие вправе при предъявлении служебных удостоверений и предписания на проведение проверки (в отношении объектов, допуск на которые ограничен в соответствии с законодательством, – иных документов, предусмотренных законодательством для допуска на объекты) в установленном порядке свободно входить в служебные, производственные и иные помещения (объекты), территории проверяемого субъекта для реализации своих полномочий. При проведении мероприятий технического (технологического, поверочного) характера органам ГПН для выполнения возложенных на них обязанностей предоставлено право доступа на объекты, в отношении которых осуществляются данные мероприятия, независимо от их назначения, форм собственности, источников финансирования при предъявлении служебных удостоверений и решений об осуществлении мероприятий технического (технологического, поверочного) характера, а в отношении объектов, доступ на которые ограничен в соответствии с законодательством, – и иных документов, предусмотренных законодательством для допуска на такие объекты.

В дополнение законодательством установлено ограничение на использование при проведении мониторингов полномочий, предоставленных контролирующим (надзорным) органам и их должностным лицам для проведения проверок. В первую очередь, с точки зрения деятельности органов ГПН, это накладывает ограничения на получение от субъекта хождения документов, необходимых для мониторинга документов.

#### 7. Применяемые меры реагирования по результатам проведения мероприятий.

При проведении проверок по фактам выявленных нарушений проверяющим в пределах его компетенции может быть составлен протокол об административном правонарушении и (или) вынесено постановление по делу об административном правонарушении.

По результатам проведения мероприятий технического (технологического, поверочного) характера меры ответственности применяются в установленном законодательством



порядке при неустранении выявленных нарушений, выявлении повторных нарушений, ранее установленных в ходе мероприятий технического (технологического, поверочного) характера, а также при выявлении нарушений, устранение которых невозможно.

По результатам мониторинга меры ответственности в отношении субъекта и (или) его должностных лиц применяются в случае невыполнения субъектом рекомендаций об устранении выявленных в ходе мониторинга нарушений (недостатков) либо повторного выявления нарушений (недостатков), установленных в ходе предыдущего мониторинга.

8. Урегулирование споров между сторонами.

Порядок проведения проверок предусматривает представление проверяемым субъектом в контролирующей (надзорной) орган возражений по акту (справке) проверки. Каждое лицо имеет право обжаловать решения контролирующих (надзорных) органов, требования (предписания) об устранении нарушений, действия (бездействие) их должностных лиц, если такое лицо полагает, что эти решения, требования (предписания) или действия (бездействие) нарушают его права и (или) законные интересы. При этом жалоба может быть подана в вышестоящий контролирующий (надзорный) орган или вышестоящему должностному лицу, которому проверяющие непосредственно подчинены, и (или) в суд.

При проведении мероприятий технического (технологического, поверочного) характера предписания и требования, вынесенные должностными лицами органов ГПН по результатам обследования объектов строительства и оценки проектной документации, также могут быть обжалованы вышестоящему должностному лицу.

Вместе с тем действующим законодательством о контрольной (надзорной) деятельности не предусмотрено обжалование решений контролирующих (надзорных) органов, принимаемых по результатам проведения мониторинга.

Одновременно с выявленными особенностями различных форм государственного контроля (надзора) были установлены общие принципы организации их проведения. Следует отметить, что далее рассмотрена только реализация надзорно-профилактических мероприятий, проводимых на плановой основе. Указанные принципы можно представить в виде достаточно простой последовательности основных операций (рис. 2).



Рисунок 2. – Основные операции при реализации различных форм государственного контроля (надзора)

Фактически представленная на рисунке 2 последовательность действий представляет собой не что иное, как совокупность интегральных информационных структур (модулей), содержащих взаимосвязанные принципы осуществления надзорно-профилактических мероприятий и являющихся основой для разработки информационной концептуальной модели профессиональной деятельности должностных лиц органов ГПН в данном сегменте.

**Разработка информационной концептуальной модели профессиональной деятельности должностных лиц органов ГПН при осуществлении надзорно-профилактических мероприятий.** Исходя из проведенного анализа нормативных правовых актов, была

разработана информационная концептуальная модель профессиональной деятельности должностных лиц органов ГПН при осуществлении надзорно-профилактических мероприятий в форме проведения мониторинга (табл. 1).

**Таблица 1. – Информационная концептуальная модель профессиональной деятельности должностных лиц органов ГПН при проведении мониторинга**

Действия	Требования нормативных правовых актов и ведомственных документов
Планирование мероприятий	
Отбор субъектов (отдельных объектов) в план мониторингов	[12, п. 52, 53]
Подготовка к мероприятию	
Подготовка уведомления о проведении мониторинга	[12, п. 55]
Подготовка решения о проведении мониторинга	Положение о порядке проведения мониторинга, утвержденное Указом Президента Республики Беларусь [2] (далее – Положение о мониторинге): п. 4
Регистрация решения в журнале учета мониторингов	[12, п. 55]
Внесение сведений о решении в интегрированную автоматизированную систему контрольной надзорной деятельности в Республике Беларусь (далее – ИАС КНД)	Регламент функционирования новой версии ИАС КНД, утвержденный приказом Министерства связи и информатизации [13] (далее – Регламент функционирования ИАС КНД): гл. 5
Проведение мероприятия	
Получение согласия представителя субъекта в допуске на территорию и (или) объекты (в здания, сооружения, помещения), не являющиеся общедоступными	Положение о мониторинге: п. 3
Внесение записи о согласии предоставления допуска на территорию и (или) объекты (в здания, сооружения, помещения), не являющиеся общедоступными, в решение о проведении мониторинга	[12, п. 56]
Получение согласия представителя субъекта в представлении документов и иных материалов, необходимых для проведения мониторинга	[12, п. 56]
Внесение записи о согласии представления документов и иных материалов, необходимых для проведения мониторинга, в решение о проведении мониторинга	[12, п. 56]
Оценка фактического состояния объекта и условий деятельности субъекта мониторинга на предмет соответствия требованиям законодательства	Положение о мониторинге: п. 3
Оформление и принятие решений по результатам проведения мероприятия	
Подготовка аналитической (информационной) записки	Положение о мониторинге: п. 8
Подготовка информации при выявлении продукции без документов об оценке ее соответствия установленным требованиям	[12, п. 57]
Вынесение предложения о приостановлении деятельности либо требования (предписания) о приостановлении (запрете) производства и (или) реализации товаров (работ, услуг), эксплуатации транспортных средств при обнаружении нарушений законодательства, создающих угрозу национальной безопасности, причинения вреда жизни и здоровью населения, окружающей среде	Положение о мониторинге: п. 7
Вручение (направление) субъекту мониторинга рекомендаций по устранению выявленных нарушений	Положение о мониторинге: п. 5
Внесение сведений о результатах мониторинга в журнал учета мониторингов	[12, п. 62]
Внесение сведений о результатах мониторинга в ИАС КНД	Регламент функционирования ИАС КНД: гл. 5

Продолжение таблицы 1

Действия	Требования нормативных правовых актов и ведомственных документов
<b>Контроль исполнения принятых решений</b>	
Определение необходимости проведения контрольного мероприятия для подтверждения устранения проверяемым субъектом нарушений, выявленных в ходе мониторинга, с выходом на место	[12, п. 60]
Проведение контрольного мероприятия для подтверждения устранения проверяемым субъектом нарушений, выявленных в ходе мониторинга, с выходом на место	[12, п. 61]
Внесение сведений о результатах мероприятия по контролю за устранением нарушений в журнал учета мониторингов	[12, п. 62]
<b>Принятие решений по результатам контроля</b>	
Принятие решения о применении в установленном законодательством порядке мер ответственности в отношении субъекта и (или) его должностных лиц в случае невыполнения субъектом рекомендаций об устранении выявленных в ходе мониторинга нарушений (недостатков)	Положение о мониторинге: п. 8
Внесение сведений о реализации материалов мониторинга в ИАС КНД	Регламент функционирования ИАС КНД: гл. 5

Разработанная модель позволяет сформировать полноценную ориентировочную основу профессиональной деятельности обучающихся при изучении порядка осуществления мониторингов, а также оперативно реагировать на изменения законодательства о контрольной (надзорной) деятельности в данном сегменте.

Представленная информационная концептуальная модель профессиональной деятельности должностных лиц органов ГПН при осуществлении мониторинга в дальнейшем может быть использована при разработке имитационных обучающих систем проведения надзорно-профилактических мероприятий с применением данной формы государственного контроля (надзора).

### Заключение

На основании анализа требований нормативных правовых актов, регулирующих надзорную деятельность органов ГПН в Республике Беларусь, установлено, что вне зависимости от применяемой формы государственного контроля (надзора) все действия должностных лиц, осуществляющих надзорно-профилактические мероприятия, как правило, представляют собой единую модель профессиональной деятельности: планирование мероприятий → подготовка к мероприятию → проведение мероприятия → принятие решений по результатам проведения мероприятия → контроль исполнения принятых решений → принятие решений по результатам контроля. Каждый компонент модели включает выполнение различных действий в зависимости от формы контроля, действий проверяемого субъекта и т.д.

С учетом проведенного анализа разработана информационная концептуальная модель профессиональной деятельности должностных лиц органов ГПН при осуществлении надзорно-профилактических мероприятий в форме мониторинга. Указанная модель позволяет сформировать полноценную ориентировочную основу будущей профессиональной деятельности обучающихся в части порядка осуществления данной формы государственного контроля (надзора). Относительно порядка осуществления проверок и мероприятий технического (технологического, поверочного) характера соответствующие модели могут быть разработаны в перспективе.

Разработанная модель может стать основой для разработки алгоритмов работы интерактивной имитационной обучающей системы проведения контрольных (надзорных) мероприятий. Последнее позволит расширить применяемый при подготовке должностных

лиц органов ГПН педагогический инструментарий путем расширения спектра используемых современных информационных технологий.

### ЛИТЕРАТУРА

1. О пожарной безопасности [Электронный ресурс]: Закон Респ. Беларусь, 15 июня 1993 г., № 2403-ХП // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь. – Режим доступа: <https://pravo.by/document/?guid=3871&p0=v19302403>. – Дата доступа: 04.03.2024.
2. О совершенствовании контрольной (надзорной) деятельности в Республике Беларусь [Электронный ресурс]: Указ Президента Респ. Беларусь, 16 окт. 2009 г., № 510 // Онлайн-сервис готовых правовых решений ilex / ООО «ЮрСпектр», Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. – Режим доступа: <https://ilex-private.ilex.by>. – Дата доступа: 04.03.2024.
3. Бариев, Э.Р. Педагогические условия совершенствования подготовки инженерно-технических работников к нормативно обусловленной профессиональной деятельности (на примере подготовки к обеспечению пожарной безопасности): автореф. дис. ... канд. пед. наук: 13.00.01 / Э.Р. Бариев; Нац. ин-т образования. – Минск, 1997. – 18 с.
4. Маковчик, А.В. Формирование профессиональной компетентности государственных инспекторов по пожарному надзору (в учреждении дополнительного образования взрослых): автореф. дис. ... канд. пед. наук: 13.00.08 / А.В. Маковчик; Академия последипломного образования. – Минск, 2013. – 23 с.
5. Карпенко, Д.Г. Организация проверок противопожарного состояния объектов при осуществлении государственного пожарного надзора: дис. ... канд. техн. наук : 05.13.10 / Д.Г. Карпенко; Академия Государственной противопожарной службы МЧС России. – М., 2007. – 373 л.
6. Ягодка, Е.А. Поддержка принятия управленческих решений о соответствии объекта защиты обязательным требованиям пожарной безопасности: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.13.10 / Е.А. Ягодка; Академия Государственной противопожарной службы МЧС России. – М., 2014. – 26 с.
7. Козлачков, В.И. Типовая и риск-ориентированная модели надзорной деятельности в области обеспечения пожарной безопасности. Сравнительный анализ: монография / В.И. Козлачков. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2016. – 328 с.
8. Об утверждении перечня мероприятий технического (технологического, поверочного) характера [Электронный ресурс]: постановление Совета Министров Респ. Беларусь, 30 нояб. 2012 г., № 1105 // Онлайн-сервис готовых правовых решений ilex / ООО «ЮрСпектр», Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. – Режим доступа: <https://ilex-private.ilex.by>. – Дата доступа: 04.03.2024.
9. Об осуществлении органами государственного пожарного надзора мероприятий технического (технологического, поверочного) характера [Электронный ресурс]: постановление Министерства по чрезвычайным ситуациям Респ. Беларусь, 19 февр. 2019 г., № 24 // Онлайн-сервис готовых правовых решений ilex / ООО «ЮрСпектр», Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. – Режим доступа: <https://ilex-private.ilex.by>. – Дата доступа: 04.03.2024.
10. О ратификации Договора о Евразийском экономическом союзе [Электронный ресурс]: Закон Респ. Беларусь, 9 окт. 2014 г., № 193-3 // Онлайн-сервис готовых правовых решений ilex / ООО «ЮрСпектр», Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. – Режим доступа: <https://ilex-private.ilex.by>. – Дата доступа: 04.03.2024.
11. О мерах по обеспечению государственного контроля (надзора) за соблюдением требований технических регламентов [Электронный ресурс]: Указ Президента Респ. Беларусь, 9 февр. 2015 г., № 48 // Онлайн-сервис готовых правовых решений ilex / ООО «ЮрСпектр», Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. – Режим доступа: <https://ilex-private.ilex.by>. – Дата доступа: 04.03.2024.
12. Методические рекомендации по осуществлению государственного надзора в области обеспечения пожарной безопасности / МЧС Респ. Беларусь. – Минск, 2023. – 75 с.
13. Об утверждении документов: приказ Министерства связи и информатизации Респ. Беларусь, 16 марта 2023 г., № 57 / Министерство связи и информатизации Респ. Беларусь. – Минск, 2023. – 58 с.

**Информационная концептуальная модель профессиональной деятельности  
должностных лиц органов государственного пожарного надзора  
при осуществлении надзорно-профилактических мероприятий  
(на примере организации проведения мониторинга)**

**Information conceptual model of professional activity of officials of state fire supervision  
when implementing supervision and prevention measures  
(based on the example of organizing monitoring)**

***Суриков Андрей Валерьевич***

кандидат технических наук, доцент  
Государственное учреждение образования  
«Университет гражданской защиты  
Министерства по чрезвычайным ситуациям  
Республики Беларусь», кафедра организации  
надзорной и профилактической деятельности,  
начальник кафедры  
Адрес: ул. Машиностроителей, 25,  
220118, г. Минск, Беларусь  
Email: shurikoff@bk.ru  
SPIN-код: 1163-6294

***Andrey V. Surikov***

PhD in Technical Sciences, Associate Professor  
State Educational Establishment «University  
of Civil Protection of the Ministry for Emergency  
Situations of the Republic of Belarus»,  
Chair of Organization of Supervisory  
and Preventive Activities,  
Head of the Chair  
Address: Mashinostroiteley str., 25,  
220118, Minsk, Belarus  
Email: shurikoff@bk.ru  
ORCID: 0000-0002-3659-7297

***Зайнудинова Наталья Владимировна***

кандидат технических наук, доцент  
Государственное учреждение образования  
«Университет гражданской защиты  
Министерства по чрезвычайным ситуациям  
Республики Беларусь», кафедра  
промышленной безопасности, доцент  
Адрес: ул. Машиностроителей, 25,  
220118, г. Минск, Беларусь  
Email: Zainudzinava@gmail.com  
SPIN-код: 3032-4413

***Natal'ya V. Zaynudinova***

PhD in Technical Sciences, доцент  
State Educational Establishment «University  
of Civil Protection of the Ministry for Emergency  
Situations of the Republic of Belarus»,  
Chair of Industrial Safety,  
Associate Professor  
Address: Mashinostroiteley str., 25,  
220118, Minsk, Belarus  
Email: Zainudzinava@gmail.com  
ORCID: 0000-0003-1848-1562

***Барыш Степан Анатольевич***

Государственное учреждение образования  
«Университет гражданской защиты  
Министерства по чрезвычайным ситуациям  
Республики Беларусь», факультет  
предупреждения и ликвидации  
чрезвычайных ситуаций, курсант  
Адрес: ул. Машиностроителей, 25,  
220118, г. Минск, Беларусь  
Email: stepabarysh16122003@gmail.com

***Stepan A. Barysh***

State Educational Establishment «University  
of Civil Protection of the Ministry for Emergency  
Situations of the Republic of Belarus»,  
Faculty of Emergency Prevention and Elimination,  
cadet  
Address: Mashinostroiteley str., 25,  
220118, Minsk, Belarus  
Email: stepabarysh16122003@gmail.com

**INFORMATION CONCEPTUAL MODEL OF PROFESSIONAL ACTIVITY  
OF OFFICIALS OF STATE FIRE SUPERVISION WHEN IMPLEMENTING  
SUPERVISION AND PREVENTION MEASURES  
(BASED ON THE EXAMPLE OF ORGANIZING MONITORING)**

**Surikov A.V., Zaynudinova N.V., Barysh S.A.**

*Purpose.* To develop an information conceptual model of the professional activities of officials of state fire supervision authorities while implementing supervisory and preventive measures (using the example of organizing monitoring).

*Methods.* The general methodology of the work included the use of theoretical research methods (analysis and synthesis).

*Findings.* An analysis of regulatory legal acts regulating control (supervisory) activities in the Republic of Belarus was carried out in relation to the activities of officials of state fire supervision authorities. An information conceptual model of the professional activities of these officials during monitoring is presented.

*Application field of research.* The obtained research results can be applied in educational process in the training of employees of state fire supervision authorities, as well as in the development of simulation training systems for conducting supervisory and preventive measures using this form of state control (supervision).

*Keywords:* state supervision in the field of fire safety, state fire supervision authorities, forms of state control (supervision).

(The date of submitting: March 19, 2024)

**REFERENCES**

1. *O pozharnoy bezopasnosti* [About fire safety]: *Law of the Republic of Belarus, June 15, 1993, No. 2403–XII*. National legal Internet portal of the Republic of Belarus, available at: <https://pravo.by/document/?guid=3871&p0=v19302403> (accessed: March 4, 2024). (rus)
2. *O sovershenstvovanii kontrol'noy (nadzornoy) deyatel'nosti v Respublike Belarus'* [On the improvement of control (supervisory) activities in the Republic of Belarus]: *Decree of the President of the Republic of Belarus, October 16, 2009, No. 510*. Online service of ready-made legal solutions ilex. ООО «Yur-Spektr», National Center of Legal Information of the Republic of Belarus, available at: <https://ilex-private.ilex.by> (accessed: March 4, 2024). (rus)
3. Bariev E.R. *Pedagogicheskie usloviya sovershenstvovaniya podgotovki inzhenerno-tehnicheskikh rabotnikov k normativno obuslovlennoy professional'noy deyatel'nosti (na primere podgotovki k obespecheniyu pozharnoy bezopasnosti)* [Pedagogical conditions for improving training of engineering specialists' for their professional activity stipulated by the norms and regulations (on the example of fire safety training)]. PhD ped. sci. diss. Synopsis: 13.00.01. National Institute of Education. Minsk, 1997. 18 p. (rus)
4. Makovchik A.V. *Formirovanie professional'noy kompetentnosti gosudarstvennykh inspektorov po pozharnomu nadzoru (v uchrezhdenii dopolnitel'nogo obrazovaniya vzroslykh)* [Formation of professional competence of state fire inspectors (in the establishment of additional adult education)]. PhD ped. sci. diss. Synopsis: 13.00.08. Academy of postgraduate education. Minsk, 2013. 23 p. (rus).
5. Karpenko D.G. *Organizatsiya proverok protivopozharnogo sostoyaniya ob"ektov pri osushchestvlenii gosudarstvennogo pozharnogo nadzora* [Organization of fire safety inspections of objects during the implementation of state fire supervision]. PhD tech. sci. diss.: 05.13.10. State Fire Academy of EMERCOM of Russia. Moscow, 2007. 373 p. (rus).
6. Yagodka E.A. *Podderzhka prinyatiya upravlencheskikh resheniy o sootvetstvii ob"ekta zashchity obyazatel'nykh trebovaniyam pozharnoy bezopasnosti* [Support for making management decisions on the compliance of the protected object with mandatory fire safety requirements]. PhD ped. sci. diss. Synopsis: 05.13.10. State Fire Academy of EMERCOM of Russia. Moscow, 2014. 26 p. (rus).
7. Kozlachkov V.I. *Tipovaya i risk-orientirovannaya modeli nadzornoy deyatel'nosti v oblasti obespecheniya pozharnoy bezopasnosti. sravnitel'nyy analiz* [Typical and risk-oriented models of supervisory

- activities in the field of fire safety. Comparative analysis]: monograph. Moscow: State Fire Academy of EMERCOM of Russia, 2016. 328 p. (rus).
8. *Ob utverzhdenii perechnya meropriyatiy tekhnicheskogo (tekhnologicheskogo, poverochnogo) kharaktera* [On approval of the list of technical (technological, verification) measures]: *Resolution of the Council of Ministers of the Republic of Belarus, November 30, 2012, No. 1105*. Online service of ready-made legal solutions ilex. OOO «YurSpektr», National Center of Legal Information of the Republic of Belarus, available at: <https://ilex-private.ilex.by> (accessed: March 4, 2024). (rus)
  9. *Ob osushchestvlenii organami gosudarstvennogo pozhnogo nadzora meropriyatiy tekhnicheskogo (tekhnologicheskogo, poverochnogo) kharaktera* [On the implementation of technical (technological, verification) measures by state fire supervision bodies]: *Resolution of the Ministry for Emergency Situations of the Republic of Belarus, February 19, 2019, No. 24*. Online service of ready-made legal solutions ilex. OOO «YurSpektr», National Center of Legal Information of the Republic of Belarus, available at: <https://ilex-private.ilex.by> (accessed: March 4, 2024). (rus)
  10. *O ratifikatsii Dogovora o Evraziyskom ekonomicheskom soyuze* [On ratification of the Treaty on the Eurasian Economic Union]: *Law of the Republic of Belarus, October 09, 2014, No. 193-Z*. Online service of ready-made legal solutions ilex. OOO «YurSpektr», National Center of Legal Information of the Republic of Belarus, available at: <https://ilex-private.ilex.by> (accessed: March 4, 2024). (rus)
  11. *O merakh po obespecheniyu gosudarstvennogo kontrolya (nadzora) za soblyudeniem trebovaniy tekhnicheskikh reglamentov* [On measures to ensure state control (supervision) over compliance with the requirements of technical regulations]: *Decree of the President of the Republic of Belarus, February 09, 2015, No. 48*. Online service of ready-made legal solutions ilex. OOO «YurSpektr», National Center of Legal Information of the Republic of Belarus, available at: <https://ilex-private.ilex.by> (accessed: March 4, 2024). (rus)
  12. *Metodicheskie rekomendatsii po osushchestvleniyu gosudarstvennogo nadzora v oblasti obespecheniya pozhnoy bezopasnosti* [Methodological recommendations for the implementation of state supervision in the field of fire safety]. The Ministry for Emergency Situations of the Republic of Belarus. Minsk, 2023. 75 p. (rus)
  13. *Ob utverzhdenii dokumentov* [On approval of documents]: *Order of the Ministry of Communications and Informatization of the Republic of Belarus, March 16, 2023, No. 57*. The Ministry of Communications and Informatization of the Republic of Belarus. Minsk, 2023. 58 p. (rus)

**ПРАВИЛА ПРЕДОСТАВЛЕНИЯ  
статей для публикации в научном журнале  
«Вестник Университета гражданской защиты МЧС Беларуси»**

1. Направляемые в Вестник Университета гражданской защиты МЧС Беларуси статьи должны представлять результаты научных исследований и испытаний, описания технических устройств и программно-информационных продуктов, проблемные обзоры, краткие сообщения, комментарии к нормативным техническим документам, справочные материалы и т.п.

2. Объем научной статьи, учитываемой в качестве публикации по теме диссертации, должен составлять не менее 0,35 авторского листа (14 000 печатных знаков, включая пробелы между словами, знаки препинания, цифры и др.). В этот объем входят таблицы, фотографии, графики, рисунки и список литературы.

3. Статья предоставляется в двух экземплярах. Второй экземпляр статьи должен быть постранично пронумерован и подписан всеми авторами. К рукописи статьи прилагаются: а) рекомендация кафедры, научной лаборатории или учреждения образования; б) экспертное заключение о возможности опубликования статьи в открытой печати; в) подписанный лицензионный договор на право опубликования статьи (заключается с каждым автором отдельно и печатается с двух сторон на одном листе). Форма договора размещена на сайте журнала: <https://journals.ucp.by>.

4. Электронная версия статьи, подготовленная в текстовом редакторе Microsoft Word, предоставляется на стандартных носителях либо по электронной почте на адрес: [vestnik@ucp.by](mailto:vestnik@ucp.by). Рисунки прилагаются дополнительно как отдельные файлы графического формата.

5. Материал статьи излагается в следующем порядке:

1) информация об авторах (на отдельном листе): фамилия, имя, отчество – полностью, ученая степень, ученое звание, место работы (полное название, адрес с указанием индекса и страны), должность, рабочий телефон, email (обязательно), имеющиеся персональные идентификационные номера в наукометрических базах (при этом обязательным является указание SPIN-кода РИНЦ, идентификатора ORCID). Если авторов несколько, указывается корреспондент по вопросам содержания статьи;

2) номер УДК (универсальная десятичная классификация);

3) название статьи;

4) аннотация (не менее 200 и не более 300 слов) является основным источником информации о статье, может публиковаться самостоятельно в реферативных журналах и информационных системах в отрыве от основного текста и, следовательно, должна быть понятной без обращения к самой публикации. Аннотация должна раскрывать: *цель* (определяется круг рассматриваемых вопросов, обозначаются цель и задачи работы, объект и предмет исследования); *методы* (излагаются подходы, методы и технологии исследования); *результаты* (приводятся наиболее значимые теоретические положения, экспериментальные данные, подчеркивается их актуальность и новизна); *область применения исследований* (описываются возможности использования полученных результатов, отмечается их научно-практическая значимость);

5) ключевые слова и словосочетания статьи (не более 12 слов);

6) дата поступления статьи (месяц и год);

7) введение; основная часть статьи; заключение, завершаемое четко сформулированными выводами;

8) указание на источник финансирования (если статья подготовлена в рамках выполнения гранта научных исследований);

9) список цитированной литературы. Для каждого источника указывается (при наличии) его DOI. Эксперты международных наукометрических баз данных негативно воспринимают включение в список цитированной литературы источников локального характера (постановлений, законов, инструкций, неопубликованных отчетов, диссертаций, авторефератов и т.п.), электронных материалов и ресурсов сети Интернет. Поэтому ссылки на такие источники рекомендуем оформлять в виде постраничных сносок со сквозной нумерацией.

На отдельной странице на английском языке приводятся следующие сведения: информация об авторах; название статьи; аннотация, обязательно включающая следующие пункты: purpose, methods, findings, application field of research; ключевые слова и словосочетания; транслитерация на латинице и перевод на английский язык списка цитированной литературы.

Для русскоязычных источников в транслитерации на латинице приводятся фамилия, имя, отчество авторов, названия статей, журналов (если нет англоязычного названия), материалов конференций, издательств и на английском языке – названия публикаций и выходные сведения (город, том и номер издания, страницы). Для транслитерации на латиницу следует применять систему транслитерации BGN, при этом можно использовать интернет-ресурсы, например сайт: <http://translit.net>.

Основные требования к оформлению статей, предоставляемых в научный журнал, и пример оформления статьи размещены на сайте издания: <https://journals.ucp.by>.

6. Содержание разделов статьи, таблицы, рисунки, цитированная литература должны отвечать требованиям межгосударственного стандарта ГОСТ 7.1-2003 и Инструкции о порядке оформления квалификационной научной работы (диссертации) на соискание ученых степеней кандидата и доктора наук, автореферата и публикаций по теме диссертации, утвержденной постановлением ВАК Беларуси от 28 февраля 2014 г. № 3.

7. Редакция оставляет за собой право на изменения, не искажающие основного содержания статьи. Рукописи отклоненных статей авторам не возвращаются.



**ГОСУДАРСТВЕННОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ «УНИВЕРСИТЕТ ГРАЖДАНСКОЙ ЗАЩИТЫ  
МИНИСТЕРСТВА ПО ЧРЕЗВЫЧАЙНЫМ СИТУАЦИЯМ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ»**

**Факультет заочного обучения**

**Проводит:**

**Подготовку по специальностям:**

**6-05-1033-01 «Предупреждение и ликвидация чрезвычайных ситуаций»** с присвоением квалификации «Инженер по предупреждению и ликвидации чрезвычайных ситуаций». Форма обучения – заочная. Полный срок обучения – 5 лет, сокращенный – 3 года.

По окончании обучения выдается диплом о высшем образовании государственного образца.

**Факультет безопасности жизнедеятельности**

**Проводит:**

**Переподготовку лиц с высшим образованием по специальностям:**

**9-09-1033-02 «Инжиниринг безопасности объектов строительства»** с присвоением квалификации «Инженер». Срок обучения – 18 месяцев. Форма обучения – заочная (три сессии).

**9-09-1033-03 «Промышленная безопасность»** с присвоением квалификации «Инженер». Срок обучения – 18 месяцев. Форма обучения – заочная (три сессии).

По окончании обучения выдается диплом государственного образца о переподготовке на уровне высшего образования.

**Повышение квалификации для руководящих работников и специалистов, имеющих высшее или среднее специальное образование, по образовательным программам:**

- «Экспертная деятельность» (в пожарной безопасности);
- «Пожарная безопасность. Предупреждение чрезвычайных ситуаций. Инженерно-технические мероприятия гражданской обороны»;
- «Монтаж, наладка и техническое обслуживание систем пожарной автоматики»;
- «Техническое обслуживание систем пожарной автоматики»;
- «Проектирование систем пожарной автоматики»;
- «Лица, осуществляющие капитальный ремонт (перезарядку) огнетушителей, торговлю средствами противопожарной защиты»;
- «Выполнение работ с применением огнезащитных составов (инженерно-технические работники)»;
- «Обеспечение пожарной безопасности на объектах Республики Беларусь»;
- «Обеспечение пожарной безопасности на объектах с массовым пребыванием людей»;
- «Промышленная безопасность»;
- «Организация и обеспечение промышленной безопасности предприятий химической промышленности, хранения и переработки зерна, аммиачных и хлораторных установок»;
- «Организация и обеспечение промышленной безопасности при обращении пиротехнических изделий»;
- «Безопасность горных работ»;
- «Экспертная деятельность в промышленной безопасности»;
- «Радиационная безопасность» (при использовании источников ионизирующего излучения в медицинских целях);
- «Радиационная безопасность» (при использовании источников ионизирующего излучения, в целях отличных от медицинских);
- «Основы обеспечения ядерной и радиационной безопасности» (для лиц, участвующих в обеспечении ядерной и радиационной безопасности при эксплуатации объектов использования атомной энергии);
- «Экспертиза безопасности в области использования атомной энергии (для работников, оказывающих услуги по проведению экспертизы безопасности в области использования атомной энергии)»;
- «Проектирование пунктов хранения радиоактивных отходов» для работников, оказывающих услуги в сфере проектирования;

- «Категорирование помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности»;
- «Охрана труда»;
- «Противодействие коррупции»;
- «Защита от чрезвычайных ситуаций».

**Обучающие курсы для лиц, имеющих профессионально-техническое и общее среднее образование, по образовательным программам:**

- «Монтаж, наладка и техническое обслуживание систем пожарной автоматики»;
- «Техническое обслуживание систем пожарной автоматики»;
- «Выполнение работ с применением огнезащитных составов (исполнители работ)»;
- «Защита от чрезвычайных ситуаций»;
- «Обеспечение пожарной безопасности на объектах с массовым пребыванием людей».

**Семинары по образовательным программам:**

- «Оказание первой помощи пострадавшим в ЧС»;
- «Расчет предела огнестойкости (железобетонных, металлических, деревянных, каменных строительных конструкций)»;
- «Расчет времени эвакуации людей при пожаре»;
- «Расчет температурного режима пожара в помещении»;
- «Расчет величины противопожарных разрывов между зданиями, сооружениями и наружными установками»;
- «Расчет площади легкобросываемых конструкций»;
- «Категорирование помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности»;
- «Порядок проектирования пассивной противопожарной защиты зданий различного назначения»;
- «Оптимизация затрат на обеспечение требований пожарной безопасности на основании расчетных методов»;
- «Охрана труда в организациях непромышленной сферы».

**Подготовку лиц к поступлению в учреждения образования Республики Беларусь по учебным предметам:** математика, физика, русский язык, русский язык как иностранный, белорусский язык, английский язык, немецкий язык, французский язык, история, обществоведение, химия (очная/дистанционная форма обучения).

**Обучение проводит профессорско-преподавательский состав университета и ведущие специалисты Республики Беларусь в области пожарной и промышленной безопасности.**

Наш адрес: 220118, г. Минск, ул. Машиностроителей, 25,  
ФЗО: тел/факс +37517 340-71-89,  
ФБЖ: тел. +37517 340-69-55, факс +37517 340-35-58, email: [fpipk@ucp.by](mailto:fpipk@ucp.by).

Дополнительная информация размещена на сайте университета: <http://ucp.by>  
в разделе «Повышение квалификации»

Научный журнал

**Вестник**  
**Университета гражданской защиты МЧС Беларуси**  
**Том 8, № 2, 2024**

Подписано в печать 10.05.2024.  
Формат 60×84 <sup>1</sup>/<sub>8</sub>.  
Бумага офсетная. Цифровая печать.  
Гарнитура Таймс.  
Усл. печ. л. 15,34. Уч.-изд. л. 14,24.  
Тираж 35 экз. Заказ 036-2024.

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, Минск.

ISSN 2519-237X

