



Основан в 2016 году  
Выходит 4 раза в год

Научный журнал  
**Вестник**  
**Университета гражданской защиты**  
**МЧС Беларуси**  
**(Journal of Civil Protection)**  
**Том 4, № 2, 2020**

**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:**

Лешенюк Николай Степанович, доктор физико-математических наук, профессор – председатель; Богданова Валентина Владимировна, доктор химических наук, профессор – зам. председателя; Акулов Артем Юрьевич, кандидат технических наук (Россия); Альгин Владимир Борисович, доктор технических наук, профессор; Байков Валентин Иванович, доктор технических наук, старший научный сотрудник; Бирюк Виктор Алексеевич, кандидат технических наук, доцент; Волянин Ежи, доктор технических наук, профессор (Польша); Герасимчик Александр Петрович, кандидат психологических наук, доцент; 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; Ковтун Вадим Анатольевич, доктор технических наук, профессор; Кремень Маркс Аронович, доктор психологических наук, профессор; Кудряшов Вадим Александрович, кандидат технических наук, доцент; Кузьмицкий Валерий Александрович, доктор физико-математических наук, доцент; Ласута Геннадий Федорович, кандидат сельскохозяйственных наук; Лебедева Наталья Шамильевна, доктор химических наук, доцент (Россия); Лебедин Александр Владимирович, доктор военных наук, профессор; Пастухов Сергей Михайлович, кандидат технических наук, доцент; Поздеев Сергей Валерьевич, доктор технических наук, профессор (Украина); Порхачев Михаил Юрьевич, кандидат педагогических наук, доцент (Россия); Раимбеков Кендебай Жанабильевич, кандидат технических наук (Казахстан); Соколов Сергей Викторович, доктор технических наук, профессор (Россия); Тихонов Максим Михайлович, кандидат технических наук, доцент; 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.

Всю 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: (017) 340-53-93 (главный редактор)  
(017) 341-32-99

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

E-mail 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», 2020

## СОДЕРЖАНИЕ

### Пожарная и промышленная безопасность (технические науки)

**Джураев С.М., Курбанбаев Ш.Э., Нурмухаммадов Ж.Ш.** Синтез новых негорючих теплозащитных материалов и исследование их свойств ..... 123

**Нехань Д.С., Кураченко И.Ю., Олесиук Н.М., Креер Л.А.** Исследования температуры газовой среды при проведении натуральных огневых испытаний строительных конструкций ..... 130

**Полевода И.И., Нехань Д.С.** Результаты натуральных огневых испытаний центрифугированных железобетонных колонн кольцевого сечения ..... 142

**Ботян С.С.** Оценка огнестойкости каркасно-обшивных перегородок с использованием теплофизических характеристик, полученных экспериментально-расчетным способом в камерной электропечи ..... 160

**Жук Д.В., Дмитракович Н.М.** Разработка методики испытаний пакетов материалов одежды специальной защитной пожарной с учетом послойного контроля температуры при нагревании ..... 176

**Журов М.М., Бобрышева С.Н., Лахвич В.В., Рыжков М.Б.** Исследование параметров подачи огнетушащего порошкового состава огнетушителем ..... 186

### Безопасность в чрезвычайных ситуациях (технические науки)

**Грачулин А.В., Шкирандо Д.А.** Совершенствование функционирования системы передачи извещений о пожаре «Молния» ..... 194

### Гражданская оборона

**Пархомчик Э.А., Мурзич И.К., Бузин Н.Е.** Концепция развития государственной системы гражданской защиты в Республике Беларусь ..... 203

**Безносик Е.А., Пастухов С.М., Тихонов М.М.** Мероприятия комплексной защиты работников организации и населения, попадающих в зону возможного химического заражения ..... 213

**Хроколов В.А., Мурзич И.К., Бузин Н.Е.** Военно-политическая обстановка в Балтийском регионе как один из факторов, влияющих на подготовку и ведение гражданской обороны ..... 220

Правила предоставления статей ..... 229

## CONTENTS

### Fire and industrial safety (technical sciences)

- Dzhuraev S.M., Kurbanbaev Sh.E. Nurmukhammadov J.Sh.** Synthesis of new noncombustible heat protective materials and research of their properties ..... 123
- Nekhan' D.S., Kurachenko I.Yu., Olesiyuk N.M., Kreer L.A.** Temperature studies of the gaseous medium during full-scale fire tests of building constructions..... 130
- Polevoda I.I., Nekhan' D.S.** Results of full-scale fire test of spun reinforced concrete columns of annular section ..... 142
- Botyan S.S.** Assessment of fire resistance of frame-sheathing partitions using thermophysical characteristics obtained experimentally by calculation in a chamber electric furnace ..... 160
- Zhuk D.V., Dmitrakovich N.M.** Development of test methods for packages of materials for special protective clothing for firefighters taking into account layer-by-layer temperature control during heating..... 176
- Zhurov M.M., Bobrusheva S.N., Lakhvich V.V., Ryzhkov M.B.** Investigation of parameters of fire extinguishing powder supply ..... 186

### Safety in emergencies (technical sciences)

- Grachulin A.V., Shkirando D.A.** Improving of operation of the «Lightning» fire notification system ..... 194

### Civil defense

- Parkhomchik E.A., Murzich I.K., Buzin N.E.** The concept of development of the state system of civil protection in the Republic of Belarus ..... 203
- Beznosik E.A., Pastukhov S.M., Tikhonov M.M.** Measures of comprehensive protection of workers of the organization and population falling into the zone of possible chemical contamination ..... 213
- Khrokolov V.A., Murzich I.K., Buzin N.E.** Military-political situation in the Baltic region, as one of the factors influencing the preparation and management of civil defense .... 220
- Rules of submitting articles for publication..... 229

DOI: <https://doi.org/10.33408/2519-237X.2020.4-2.123>

УДК 614.841

## СИНТЕЗ НОВЫХ НЕГОРЮЧИХ ТЕПЛОЗАЩИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ И ИССЛЕДОВАНИЕ ИХ СВОЙСТВ

Джураев С.М., Курбанбаев Ш.Э., Нурмухаммадов Ж.Ш.

*Цель.* Разработка новых огнестойких теплозащитных материалов, повышающих энергоэффективность и пожарную безопасность зданий и сооружений.

*Результаты.* Разработаны новые составы пористых плиточных материалов на основе минерала доломита, стандартного натриевого жидкого стекла и минеральных кислот, с добавлением органических наполнителей. Исследования пожарнотехнических характеристик полученных материалов, таких как горючесть и коэффициент дымообразования, показали их негорючесть.

*Область применения исследований.* Представленные результаты исследований в области синтеза новых пористых материалов и могут быть использованы в области повышения огне- и теплозащиты строительных конструкций.

*Ключевые слова:* теплоизоляция, теплозащитные материалы, натриевое жидкое стекло, доломит, минеральная кислота, органические наполнители, пористый материал, горючесть, дымообразование.

(Поступила в редакцию 19 марта 2020 г.)

### Введение

На сегодня эффективное обеспечение энергосбережения – актуальная задача во всем мире. Особенно остро стоит эта проблема в странах небогатых энергоресурсами.

Анализ результатов современных исследований показывают, что основным резервом энергосбережения является снижение потребления энергоресурсов объектами жилищно-общественного назначения, доля которых в строительной отрасли свыше 80 %. Поэтому снижение расхода тепла на обогрев зданий и сооружений – одно из перспективных направлений экономии тепловой энергии. Стоит обратить внимание и на то, что в климатических условиях региона Центральной Азии возрастает спрос на охлаждающие устройства для жаркого летнего периода. Поэтому, несмотря на то, что страны региона имеют большой запас топливных энергоресурсов (природный газ и нефть), целесообразно возводить энергоэффективные здания<sup>1</sup> [1–3].

Теплоизоляция строительных конструкций является одним из эффективных инструментов уменьшения потребности в отоплении и достижения энергосбережения. Для энергосбережения в зданиях и сооружениях необходимо применять эффективный теплоизоляционный материал, который обладает заданными теплотехническими характеристиками, такими как пониженные значения пожарной опасности, водо- и влагопоглощения, повышенная долговечность и относительно низкая себестоимость, более низкая теплопроводность<sup>2</sup> [4–8].

Один из важнейших критериев выбора теплоизоляционного материала – это его пожарные характеристики. Согласно международным стандартам (ISO 1182) материал определяется как негорючий, если при температуре 750 °С не загорается и не начинает тлеть. Огнестойкость – второе важное свойство. Если негорючесть определяет способность материала не загораться, то огнестойкость – сохранение материалом свойств в условиях высоких температур.

Исследования по созданию и совершенствованию свойств эффективных теплозащитных материалов, включающих новое, более эффективное сырье, на сегодня приобрета-

<sup>1</sup> Повышение энергоэффективности зданий в Узбекистане: направления реформ и ожидаемые эффекты // Аналитический доклад. – Ташкент. – 2014. – 59 с.

<sup>2</sup> См. сноску 1.

ют все большую актуальность. В современном строительстве растет потребность в экологически чистых, пожаробезопасных и долговечных теплоизоляционных материалах и этим требованиям отвечают силикатные материалы с развитой макропористой структурой: пеностекло, пенобетон, газобетон, пеносиликат и пористая стеклокерамика и др. [1; 4].

В данной работе приведены результаты исследований по получению и изучению новых составов пористых материалов на основе доступного сырья, такого как натриевое жидкое стекло, доломит, волластонит и кремнезем.

### **Основная часть**

Новые составы пористого материала были получены двумя способами (А и Б):

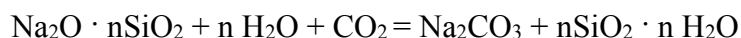
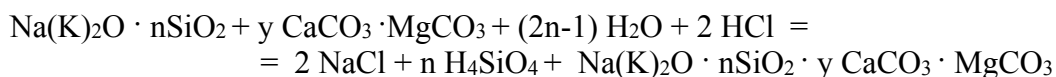
**А)** Производится отбор необходимого количества сырья – отхода Ангренского кремниевого завода, состоящего в основном (до 80 %) из кремнезема. Далее это сырье смешивается со стандартным натриевым жидким стеклом до получения однородной массы. Затем полученная масса подвергается кислотной обработке (до прекращения процесса выделения газа). После этого в полученную смесь при постоянном перемешивании добавляется органический наполнитель при температуре 400 °С с продолжением нагрева реакционной среды и перемешивания в течение 1 ч. Затем полученная масса заливается в пресс-форму и нагревается до 500 °С в течение 3 ч.

**Б)** Производится отбор необходимого количества доломитового сырья и его тонкое измельчение. Далее тонко измельченное доломитовое сырье смешивается со стандартным натриевым жидким стеклом. Затем полученная масса подвергается кислотной обработке (до прекращения процесса выделения газа). После этого при постоянном перемешивании добавляется органический наполнитель. Образовавшаяся смесь нагревается до 400 °С в течение 1 ч. После этого полученная масса заливается в пресс-форму и нагревается до 500 °С в течение 3 ч.

Полный процесс получения пористого материала на основе доломитового сырья включает следующие стадии. В трехгорлой колбе с круглым дном, оснащенной механической мешалкой, капельной воронкой и термометром, в течение 40 мин производится смешивание натриевого жидкого стекла (1300–1500 кг/м<sup>3</sup>) и доломита в соотношении 3:1 по массе. Через капельную воронку, при постоянном перемешивании, капельным способом добавляют 50 мл 15 %-го водного раствора соляной кислоты (HCl). При этом наблюдается газовыделение. После добавления кислоты полученную смесь продолжают смешивать до получения гомогенной смеси. Среда раствора получится слабокислотной (pH = 6,5–7,0). Полученную массу заливают в специальную пресс-форму, покрытую фольгой изнутри. Далее пресс-форму помещают в электрическую печь марки SNOL 8.2/1200 и нагревают до 400 °С в течение 2 ч. Полученную густую клейкую массу охлаждают до комнатной температуры. После полученный продукт измельчают и просеивают ситом Ø160 мм (0,5 мм ячейками) с добавлением 50 г органической добавки. После этого повторно выдерживают в печи при 700 °С для вытеснения остатков газа (до 2 ч). Далее полученный продукт оставляют на открытом воздухе для остывания, т. к. в горячем виде продукт имеет свойство адсорбировать влагу. После охлаждения продукт просушивают в сушильном шкафу марки СШ-80-01-СПУ при температуре 100 °С в течение 5 ч. В результате получается продукт серого цвета с высокой пористостью (рис. 1 и 2). Выход продукта 61 % (430 г).

Полученный продукт не растворяется в воде и в полярных растворителях, но хорошо поглощает их и не набухает.

Ниже приведены уравнения основных химических процессов синтеза.



Условия проведения и результаты опытов обобщены и приведены в таблице 1.

**Таблица 1. – Условия проведения и результаты синтеза новых пористых материалов**

Номер образца	Температура реакции, °С (до/после)	Массовое соотношение исходных реагентов	Вид продукта	Среда, рН	Выход реакции, %	Цвет продукта	
1	200/300	Жс*: Д*:HCl	3:3:1	Порошковый	7,0–7,5	85	Белый
			3:2:1	Порошковый	6,0–6,5	85	Светло-серый
			3:1:0,5	Плиточный	6,0–6,5	51	Серый
2	300/500	Жс:Д:HCl	3:1:0,5	Плиточный	6,0–6,5	55	Серый
	400/700		3:1:0,5	Плиточный	6,0–6,5	65	Серый
	500/900		3:1:0,5	Плиточный	6,0–6,5	65	Серый
3	400/700	Жс:мел:HCl	3:1:0,5	Плиточный	7,0	79	Белый

\*Жс – жидкое стекло.

\*Д – доломит.

Образец материала 2 (табл. 1) с относительно лучшими показателями пористости получен при температуре реакции 400/700 °С и соотношении компонентов Жс:Д:HCl (3:1:0,5).

Несмотря на хорошую пористость полученного материала (рис. 1–2) новый теплоизоляционный материал не тонет в воде и имеет плотность ниже 1 г/см<sup>3</sup>. Полученный материал является экологически чистым в отличие от широко используемых в настоящее время теплоизоляционных материалов.



**Рисунок 1. – Внешний вид нового пористого материала, образец 2 (масштаб 1:1)**



**Рисунок 2. – Ультралегкий пористый материал, образец 3**

Согласно ШНК 2.01.02-04 «Пожарная безопасность зданий и сооружений»<sup>3</sup> строительные материалы характеризуются только пожарной опасностью. Пожарная опасность строительных материалов определяется следующими пожарно-техническими характери-

<sup>3</sup> Пожарная безопасность зданий и сооружений: ШНК 2.01.02-04. – Взамен СНиП 2.01.02-85; принят 28.12.2004; вступ. в силу 01.02.2005 / Приказ Государственного комитета Республики Узбекистан по архитектуре и строительству. – Ташкент: Госархитектстрой, 2004. – 31 с.

ками: горючестью, воспламеняемостью, распространением пламени по поверхности, дымообразующей способностью и токсичностью. Исходя из этого, на следующем этапе исследований для всех образцов полученных пористых материалов определены значения основных пожарно-технических характеристик – горючести и коэффициента дымообразования.

Для определения горючести полученных образцов материалов проведены испытания на установке «Трубчатая печь ИСО». Для испытаний подготовлены образцы размерами 50×45×45 мм. Условия проведения (время, температура внутри печи и др.) а также результаты испытаний приведены в таблице 2.

**Таблица 2. – Результаты испытаний на установке «Трубчатая печь ИСО» образцов новых материалов**

Номер образца	Температура печи, °С	Разница внешних и внутренних температур образца, °С	Время достижения максимальной температуры, мин	Масса образца, г		Потеря массы, %
				до испытаний	после испытаний	
1	750 ± 2 °С	30	30	50,3	40,7	19,08
2		31	30	51,4	41,9	18,48
3		29	30	50,0	40,9	18,20

Испытания проводились на всех трех полученных образцах. Разница температур внешних и внутренних сторон образцов составила 30 °С, среднее значение потери массы – 18,59 %. Исходя из полученных результатов, материал относится к группе негорючих.

Далее проведены испытания по определению коэффициента дымообразования по ГОСТ 12.1.044-89. Для испытаний подготовлены 3 образца (1–3, табл. 1) с размерами 40×40×5 мм. Условия проведения испытаний (время, температура внутри печи и др.), а также результаты испытаний приведены в таблице 3.

**Таблица 3. – Результаты испытаний по определению коэффициента дымообразования образцов новых материалов**

Номер образца	Масса образца $m$ , г	Светопропускание, %		Продолжительность дымообразования, мин	Коэффициент дымообразования $D_m$ , м <sup>2</sup> /кг
		начальное $T_0$	конечное $T_{min}$		
1	22,955	4,25	4,18	50	0,4630
2	23,056	4,25	4,17	50	0,5274
3	23,122	4,25	4,18	50	0,4596

Значение коэффициента дымообразования  $D_m$ , м<sup>2</sup>/кг вычисляется по формуле:

$$D_m = \frac{V}{Lm} \ln \frac{T_0}{T_{min}},$$

где  $V$  – внутренний объем устройства (0,512 м<sup>3</sup>);  $L$  – путь, пройденный лучом света в задымленной среде (0,8 м);  $m$  – масса образца, кг;  $T_0$ ,  $T_{min}$  – значения начального и конечного светопропускания, %.

Согласно ГОСТ 12.1.044-89 «Пожаровзрывоопасность веществ и материалов»<sup>4</sup> ( $D_m^{(1)} = 0,4630$  м<sup>2</sup>/кг,  $D_m^{(2)} = 0,5274$  м<sup>2</sup>/кг,  $D_m^{(3)} = 0,4546$  м<sup>2</sup>/кг) все полученные образцы пористых материалов относятся к группе с малой дымообразующей способностью.

<sup>4</sup> Пожаровзрывобезопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения: ГОСТ 12.1.044-89 (ИСО 4589-84); введ. 01.01.91. – М.: Изд-во стандартов, 1989. – С. 6.



### **Заключение**

Результаты проведенных исследований позволили определить условия получения пористых материалов на основе минерала доломита, стандартного натриевого жидкого стекла и минеральных кислот в результате химического взаимодействия между основными минеральными компонентами исходного сырья.

Исследования пожарно-технических характеристик полученных пористых материалов, таких как горючесть и коэффициент дымообразования, доказали соответствие этих материалов требованиям ГОСТ к строительным материалам. Синтезированные из доступного экономичного сырья макропористые системы представляют собой экологически чистые, пожаробезопасные теплоизоляционные материалы.

### **ЛИТЕРАТУРА**

1. Горелик, П.И. Современные теплоизоляционные материалы и особенности их применения / П.И. Горелик, Ю.С. Золотова // Строительство уникальных зданий и сооружений. – 2014. – № 3 (18). – С. 93–103.
2. Энергоэффективность зданий. Трансформация рынка [Электронный ресурс]: отчет о проекте «Энергоэффективность зданий» (заключ.) / Всемирный совет предпринимателей по устойчивому развитию; директор проекта Кристиан Корневал. – WBCSD, 2009 – 70 с. – ISBN: 978-3-940388-44-5. – Режим доступа: <http://docs.wbcsd.org/2009/08/RU-EEB-TransformingTheMarket.pdf>. – Дата доступа: 19.03.2020.
3. Чэнь Лина. Современные энергоэффективные здания / Лина Чэнь, Т.П. Билюшова // Вологодские чтения: строительство и архитектура. – 2012. – № 80. – С. 80–81.
4. Мальцев, А.В. Энергосберегающие ограждающие конструкции с использованием местных материалов при варьируемых параметрах тепломассопереноса: дис. ... канд. техн. наук: 05.23.01 / А.В. Мальцев. – Пенза, 2014. – 169 л.
5. Гагарин, В.Г. Экономический анализ повышения уровня теплозащиты ограждающих конструкций зданий / В.Г. Гагарин // Строительные материалы. – 2008. – № 8. – С. 41–47.
6. Самарин, О.Д. Теплофизика. Энергосбережение. Энергоэффективность: монография / О.Д. Самарин. – Москва: МГСУ: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2009. – 292 с.
7. Гагарин, В.Г. Макроэкономические аспекты обоснования энергосберегающих мероприятий при повышении теплозащиты ограждающих конструкций зданий / В.Г. Гагарин // Строительные материалы. – 2010. – № 3. – С. 8–16.
8. Пшинько, А.Н. Перспективы создания модифицированного теплоизоляционного неорганического материала на основе алюмосиликатного сырья / А.Н. Пшинько [и др.] // Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту ім. академіка В. Лазаряна. – 2009. – № 26. – С. 127–129.

**Синтез новых негорючих теплозащитных материалов и исследование их свойств**  
**Synthesis of new noncombustible heat protective materials and research of their properties**

***Джурраев Собир Мирзаевич***

Научно-исследовательский институт пожарной безопасности и проблем чрезвычайных ситуаций Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Узбекистан, начальник института

Адрес: ул. Ш. Рашидова, 17,  
100017, г. Ташкент, Узбекистан  
e-mail: jalolziyo@mail.ru  
ORCID: 0000-0002-3200-8539

***Sobir M. Dzhuraev***

Research Institute of Fire Safety and Emergencies of the Ministry of Emergencies of the Republic of Uzbekistan, Head of Institute

Address: Sh. Rashidov st., 17,  
100017, Tashkent, Uzbekistan  
e-mail: jalolziyo@mail.ru  
ORCID: 0000-0002-3200-8539

***Курбанбаев Шухрат Эргашевич***

доктор технических наук,  
старший научный сотрудник

Научно-исследовательский институт пожарной безопасности и проблем чрезвычайных ситуаций Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Узбекистан, центр научно-исследовательской работы, начальник центра

Адрес: ул. Ш. Рашидова, 17,  
100017, г. Ташкент, Узбекистан  
e-mail: kurbanbaevs@mail.ru  
ORCID: 0000-0002-0869-6271

***Shukhrat E. Kurbanbaev***

Grand PhD in Technical Sciences,  
Senior Researcher

Research Institute of Fire Safety and Emergencies of the Ministry of Emergencies of the Republic of Uzbekistan, Center for Scientific and Research Work, Head of Center

Address: Sh. Rashidov st., 17,  
100017, Tashkent, Uzbekistan  
e-mail: kurbanbaevs@mail.ru  
ORCID: 0000-0002-0869-6271

***Нурмухаммадов***

***Жалолiddин Шермухаммад угли***

доктор химических наук,  
старший научный сотрудник

Научно-исследовательский институт пожарной безопасности и проблем чрезвычайных ситуаций Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Узбекистан, научно-исследовательской отдел, начальник отдела

Адрес: ул. Ш. Рашидова, 17,  
100017, г. Ташкент, Узбекистан  
e-mail: Jaloliddiniivexi@gmail.com  
ORCID: 0000-0002-7841-6474

***Jaloliddin Sh. Nurmukhammadov***

Grand PhD in Chemical Sciences,  
Senior Researcher

Research Institute of Fire Safety and Emergencies of the Ministry of Emergencies of the Republic of Uzbekistan, Scientific and Research Department, Head of the Department

Address: Sh. Rashidov st., 17,  
100017, Tashkent, Uzbekistan  
e-mail: Jaloliddiniivexi@gmail.com  
ORCID: 0000-0002-7841-6474

DOI: <https://doi.org/10.33408/2519-237X.2020.4-2.123>

## SYNTHESIS OF NEW NONCOMBUSTIBLE HEAT PROTECTIVE MATERIALS AND RESEARCH OF THEIR PROPERTIES

**Dzhuraev S.M., Kurbanbaev Sh.E. Nurmukhammadov J.Sh.**

*Purpose.* Development of new fire-resistant heat-shielding materials in order to increase energy efficiency and fire safety of buildings and structures.

*Findings.* Based on the chemical processes between the main components, such as dolomite and wollastonite minerals, standard sodium liquid glass and mineral acids, as well as the addition of organic fillers, new porous compositions were obtained. A technology has been developed to produce a new porous tile material. Studies of some fire-technical characteristics of the materials obtained showed that the new material is non-combustible.

*Application field of research.* The research results presented are obtained in the field of synthesizing new porous materials and can be used in the field of increasing fire and thermal protection of building structures and materials.

*Keywords:* heat insulation, heat-shielding materials, sodium liquid glass, dolomite, wollastonite, mineral acid, organic fillers, porous material, combustibility, smoke formation.

(The date of submitting: March 19, 2020)

### REFERENCES

1. Gorelik P.I., Zolotova Yu.S. Sovremennye teploizolyatsionnye materialy i osobennosti ikh primeneniya [Modern thermal insulation materials and some features of their application]. *Construction of unique buildings and structures*, 2014. No. 3 (18). Pp. 93-103. (rus)
2. *Energy efficiency of buildings. Market transformation: final report on the project «Energy Efficiency of Buildings»*. World Business Council for Sustainable Development, August 2009. 70 p. ISBN: 978-3-940388-44-5, available at: <http://docs.wbcsd.org/2009/08/EEB-TransformingTheMarket.pdf> (accessed: March 19, 2020).
3. Chen Lina, Bilyushova T.P. Sovremennye energoeffektivnye zdaniya [Modern energy efficient buildings]. *Vologdinskiye chteniya: construction and architecture*, 2012. No. 80. Pp. 80–81. (rus)
4. Mal'tsev A.V. *Energoberegayushchie ograzhdayushchie konstruksii s ispol'zovaniem mestnykh materialov pri var'iruemykh parametrah teplomassoperenosa* [Energy-saving building envelopes using local materials with variable heat and mass transfer parameters]: PhD tech. sci. diss: 05.23.01. Penza, 2014. 169 p. (rus)
5. Gagarin V.G. Ekonomicheskiy analiz povysheniya urovnya teplozashchity ograzhdayushchikh konstruksiy zdaniy [Economic analysis of increasing the level of thermal protection of building envelopes]. *Stroitel'nye materialy*, 2008. No. 8. Pp. 41–47. (rus)
6. Samarin O.D. *Teplofizika. Energoberezhenie. Energoeffektivnost'* [Thermophysics. Energy saving. Energy efficiency]: monograph. Moscow: MGSU, 2009. 292 p. (rus)
7. Gagarin V.G. Makroekonomicheskie aspekty obosnovaniya energoberegayushchikh meropriyatiy pri povyshenii teplozashchity ograzhdayushchikh konstruksiy zdaniy [Macroeconomic aspects of the rationale for energy-saving measures while increasing the thermal protection of building envelopes]. *Stroitel'nye materialy*, 2010. No. 3. Pp. 8-16. (rus)
8. Pshin'ko A.N., Krasnyuk A.V., Grebennikov V.N., Shcherbak A.S. Perspektivy sozdaniya modifitsirovannogo teploizolyatsionnogo neorganicheskogo materiala na osnove alyumosilikatnogo syr'ya [Prospects for creating a modified heat-insulating inorganic material based on aluminosilicate raw materials]. *Bulletin of Dnipropetrovsk National University of Railway Transport*, 2009. No.26. Pp. 127-129. (rus)

DOI: <https://doi.org/10.33408/2519-237X.2020.4-2.130>

УДК 614.841

## ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ГАЗОВОЙ СРЕДЫ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ НАТУРНЫХ ОГНЕВЫХ ИСПЫТАНИЙ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Нехань Д.С., Кураченко И.Ю., Олеснюк Н.М., Креер Л.А.

*Цель.* Всесторонне оценить температурный режим газовой среды внутри экспериментального фрагмента здания при проведении натуральных огневых испытаний.

*Методы.* Измерение температуры в объеме экспериментального фрагмента в процессе пожара.

*Результаты.* Получены экспериментальные данные температуры газовой среды в процессе проведения натуральных огневых испытаний строительных конструкций. Обнаружено различие температурного режима в разных частях фрагмента. Получены значения эквивалентной продолжительности стандартного пожара для проведенных испытаний.

*Область применения исследований.* Результаты исследования могут быть использованы при выборе граничных условий (определении теплового воздействия) для определения прогрева испытуемых строительных конструкций. Проведенные исследования способствуют накоплению экспериментальных данных о влиянии пожарной нагрузки на температурный режим в помещении при пожаре.

*Ключевые слова:* огнестойкость, строительные конструкции, натурные огневые испытания, стандартный пожар, температурный режим пожара, горение, эквивалентная продолжительность пожара.

(Поступила в редакцию 12 марта 2020 г.)

### Введение

Применение строительных конструкций и материалов с нормированными пожарно-техническими характеристиками является одним из основных способов обеспечения пожарной безопасности<sup>1</sup>. В технических нормативных правовых актах системы противопожарного нормирования и стандартизации для строительных конструкций введено понятие «предел огнестойкости», который играет одну из ключевых ролей при определении их области применения.

В основе определения предела огнестойкости лежит оценка воздействия на конструкции стандартного температурного режима. Данный режим был впервые закреплён в международном стандарте ISO-834 и является определяющим при проведении испытаний на огнестойкость строительных конструкций в мире. Накопление данных о пожарах и сопутствующих изменениях в строительных конструкциях привело к выделению и других огневых воздействий в разрезе температура – время: углеводородный, наружный и медленно развивающийся (тлеющий) температурные режимы<sup>2, 3</sup>. Применение данных воздействий необходимо при проведении исследований огнестойкости конструкций, область и условия применения которых заранее определены. Вместе с тем, исходя из методов оценки огнестойкости, представляется возможным определить эквивалентную продолжительность пожара, характеризующую стандартным температурным режимом, в течение которого предполагается такое же тепловое воздействие в помещении, как при реальном пожаре (натурных огневых испытаниях). В отечественных исследованиях для этой цели

<sup>1</sup> Здания и сооружения, строительные материалы и изделия. Безопасность: ТР 2009/013/ВУ: принят 02.07.2013: вступ. в силу 01.08.2010 / Постановление Совета Министров Респ. Беларусь. – Минск: Госстандарт, 2015. – 25 с.

<sup>2</sup> Fire resistance tests – Part 2: Alternative and additional procedures: EN 1363-2:1999. – Введ. 01.08.99. – GB: CEN, 1999. – 19 с.

<sup>3</sup> Испытания на огнестойкость. Часть 2. Альтернативные и дополнительные методы: СТБ EN 1363-2-2009. – Введ. 01.01.10. – Минск: БелГИСС, 2010. – 22 с.

введено понятие «коэффициент условий пожара», определяемый как отношение температуры пожара к температуре стандартного пожара в заданный момент времени [1].

Разрабатываемые методики, подходы и рекомендации по оценке пределов огнестойкости строительных конструкций<sup>4, 5, 6</sup> [2; 3] основываются на воздействии на них, как правило, стандартного пожара, который нормативно закреплен в Республике Беларусь для проведения испытаний на огнестойкость. Поэтому огневые испытания современных строительных конструкций, их сравнение с результатами других испытаний целесообразно проводить, создавая в объеме камеры (помещения) стандартный температурный режим, характеризуемый следующей зависимостью<sup>7</sup>:

$$\theta_{st,f} = \theta_{f0} + 345 \cdot \lg(8\tau + 1), \quad (1)$$

где  $\theta_{f0}$  – температура среды в начальный момент времени, °С;  $\tau$  – время развития пожара, мин; 8 – эмпирический коэффициент, мин<sup>-1</sup>.

### Основная часть

Для оценки огнестойкости применяемых в современном строительстве конструкций были проведены их натурные огневые испытания в разрезе реального фрагмента здания размером 9000×3000×2750 мм. По наружному периметру фрагмента были возведены самонесущие стены из газосиликатных блоков для создания в объеме требуемой среднеобъемной температуры (рис. 1).



Рисунок 1. – Испытанный фрагмент здания (главный и задний фасады)

В середине торцевых стен на высоте 1000 мм от уровня фундамента устраивалось по оконному проему размером 800×1250 мм; на расстоянии 1250 мм от торцевых стен в продольных стенах с двух сторон на высоте 1750 мм от уровня фундамента – проемы размерами 500×500 мм; в середине одной из двух продольных стен на уровне фундамента – дверной проем размером 1000×2000 мм. В объеме экспериментального фрагмента, ограниченного сверху монолитной железобетонной плитой, защемленной на две экспериментальные железобетонные колонны, возводились 4 страховочных столба из одинарного керамического кирпича размерами 380×380×2400 мм и подвергаемые испытаниям обработанные огнезащитным составом металлоконструкции. Стыки примыкания ограждающих стен к плите заделывались минеральной ватой.

Для определения количества пожарной нагрузки при проведении натурных огневых испытаний были проведены расчеты по методике, приведенной в [4], и соответствующее

<sup>4</sup> Полева, И.И. Огнестойкость изгибаемых железобетонных конструкций из высокопрочного бетона: дис. ... канд. техн. наук: 05.23.01 / И.И. Полева. – Минск, 2004. – 124 л.

<sup>5</sup> Кудряшов, В.А. Огнестойкость железобетонных сборно-монолитных перекрытий каркасных зданий с применением многопустотных плит: дис. ... канд. техн. наук: 05.26.03 / В.А. Кудряшов. – Минск, 2009. – 121 л.

<sup>6</sup> Жамойдик, С.М. Огнестойкость стальных колонн с конструктивной огнезащитой: дис. ... канд. техн. наук: 05.26.03 / С.М. Жамойдик. – Минск, 2017. – 124 л.

<sup>7</sup> Конструкции строительные. Методы испытаний на огнестойкость. Общие требования: ГОСТ 30247.0-94. – Взамен СТ СЭВ 1000-78; введ. 01.01.96. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2003 – 11 с.

моделирование в программном комплексе FDS с последовательным изменением количества очагов. Теоретически полученный температурный режим пожара оказался схож по значениям со стандартным.

С учетом фактически полученных при проведении данного рода испытаний температурных режимов<sup>8,9</sup> в настоящих испытаниях в качестве пожарной нагрузки в испытаниях было использовано 18 равномерно рассредоточенных по площади очагов, 17 из которых представляли собой металлическую емкость внутренним диаметром 580 мм и высотой 700 мм, заглубленную на 350 мм в основание и заполненную на 140 л отработанным моторным маслом ориентировочной плотностью 870 кг/м<sup>3</sup>, а 1 очаг, находящийся у дверного проема, – металлическую емкость внутренним диаметром 580 мм и высотой 250 мм, полностью заглубленную в основание и заполненную на 25 л такой же горючей жидкостью. При этом на каждую емкость устанавливался 10-рядный штабель древесины (по 5 сосновых брусков в ряду) размером 800×800×500 мм. Средняя влажность древесины в штабелях составила 10,2 %.

Перед началом испытаний каждый штабель был облит отработанным маслом для увеличения скорости розжига очагов. Розжиг производился 3 операторами при помощи предварительно изготовленных факелов.

Измерение температуры газовой среды в объеме фрагмента производилось установленными в 3 плоскостях (на высотных отметках 550, 1375 и 2200 мм) от уровня фундамента девятью термоэлектрическими преобразователями (далее – ТП) КТНН 02.01-050-к1-И-Т740-3-800 (1800)/9000 (10000, 11000, 12000) с пределом измерений –200... +1300 °С в каждой плоскости. Размещение ТП показано на рисунке 2. Для возможности всестороннего изучения температуры газовой среды в объеме фрагмента и оценки ее однородности по высоте помещения расстояние между ТП принималось не более 2 м. Для исключения влияния ограждающих конструкций и поступающих воздушных потоков через проемы в объем фрагмента на показания датчиков расстояния от стенок фрагмента до ТП принималось 750 мм. Данные расстояния удовлетворяют требованиям технических нормативных правовых актов, устанавливающих требования к проведению огневых испытаний на огнестойкость<sup>10, 11</sup>.

Полученные от ТП электрические сигналы преобразовывались с помощью универсальных измерителей-регуляторов ТРМ138-Р, а затем через преобразователь интерфейса АС4-М передавались на персональные компьютеры, где производилось их архивирование.

Время, установленное на применяемых при проведении эксперимента персональных компьютерах, было предварительно синхронизировано. За отсчет времени принято объемное воспламенение очагов древесины. Под моментом окончания эксперимента подразумевалось разрушение одной из испытываемых строительных конструкций.

Количество воздуха, которое поступало в помещение, в процессе проведения испытаний регулировалось путем открытия и закрытия проемов металлическими листами.

<sup>8</sup> См. сноску 5.

<sup>9</sup> См. сноску 6.

<sup>10</sup> Конструкции строительные. Методы испытаний на огнестойкость. Несущие и ограждающие конструкции: ГОСТ 30247.1-97. – Взамен СТ СЭВ 1000-78, СТ СЭВ 5062-85. – Введ. 01.10.98. – М.: ИПК Издательство стандартов, 1997 – 7 с.

<sup>11</sup> Здания и фрагменты зданий. Метод натурных огневых испытаний. Общие требования [Электронный ресурс]: ГОСТ Р 53309-2009. – Введ. 01.05.09. – М.: Стандартинформ, 2009. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200071873>. – Дата доступа: 10.03.2020.

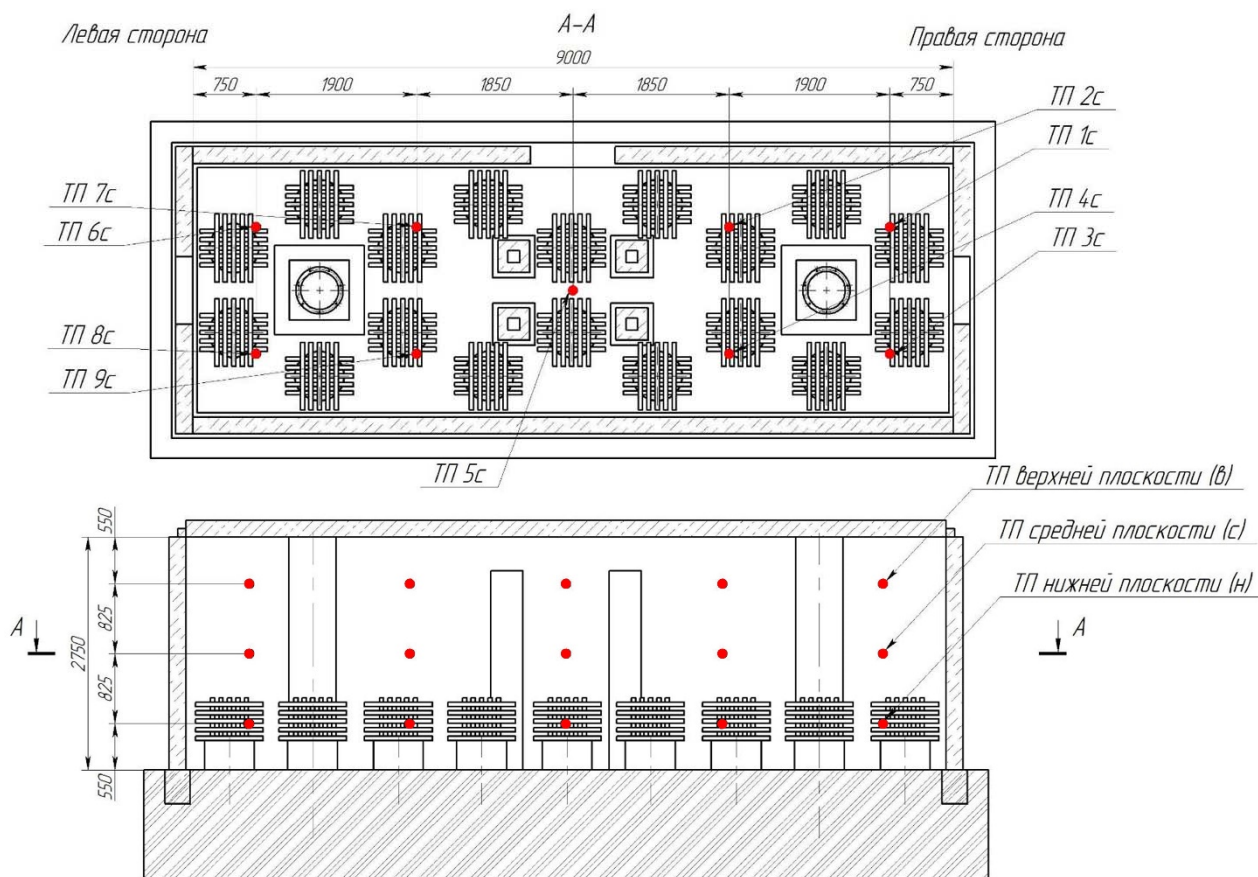


Рисунок 2. – Схема расстановки термопар в объеме фрагмента (виды сверху и спереди)

Температура окружающей среды перед проведением испытаний составляла  $2\text{ }^{\circ}\text{C}$ , влажность воздуха – 87 %. Согласно гидрометеорологическим данным скорость ветра могла достигать 7 м/с, направление ветра было изменчивым, выпадение осадков не наблюдалось.

Результаты измерений среднеобъемной температуры в объеме испытанного фрагмента приведены на рисунке 3.

Как видно из рисунка 3, среднеобъемная температура внутри фрагмента во время проведения испытаний отличалась от значений стандартной температурной кривой и ее допустимых отклонений. Значения среднеобъемной температуры до 12 мин находились ниже допустимых отклонений стандартной температурной кривой. В интервале от 12 до 30 мин среднеобъемная температура соответствовала стандартному температурному режиму. Затем в течение последующих 15 мин температурный режим в объеме фрагмента был более агрессивен, чем предусмотрено стандартной кривой. С 45 до 65 мин значения среднеобъемной температуры лежали в пределах допустимых отклонений стандартного режима. На протяжении последних 3 мин испытаний, а именно с 65 до 68,25 мин значения среднеобъемной температуры резко возросли и стали выше допустимых отклонений.

Плавный относительно стандартной кривой рост температуры в начальной стадии обусловлен прежде всего горением только древесины, имеющей в сравнении с отработанным моторным маслом более низкое значение теплоты сгорания, причем полное горение штабеля на данном этапе имело место не для всех очагов. Вместе с тем горение древесины в штабелях позволило создать достаточно высокую скорость нарастания температуры в объеме фрагмента (5 мин –  $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ , 10 мин –  $250\text{ }^{\circ}\text{C}$ ). Наиболее высокая интенсификация процесса горения древесины наблюдалась через 5 мин после начала времени отсчета. Прогрев за счет этого верхних слоев отработанного масла, находящегося в емкостях, до температуры его воспламенения (10–15 мин от начала времени отсчета) способ-



ствовал постепенному загоранию масла. Это привело к увеличению тепловыделения с очага, следствием чего явилось приближение температурного режима к стандартному.

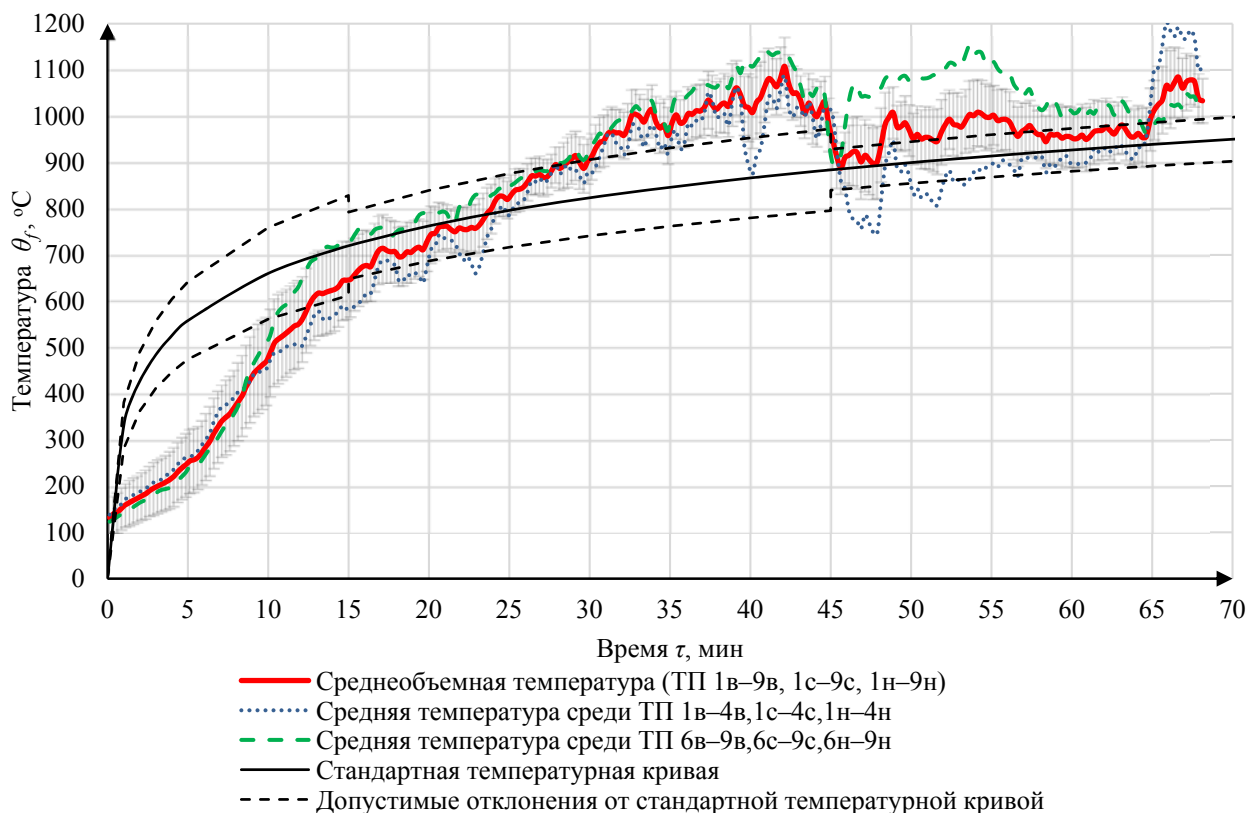


Рисунок 3. – Изменение температуры в объеме натурального фрагмента

Дальнейшее воспламенение всех очагов, а также интенсификация процессов горения за счет периодического возникновения перемещений воздушных масс окружающей среды привели к тому, что температурный режим начал выходить за допустимый верхний предел отклонений от стандартного температурного режима (температура в некоторых измеряемых точках превышала 1250 °C). С целью снижения среднеобъемной температуры в объеме фрагмента до значений, близких к стандартному температурному режиму, с 43 по 45 мин со стороны дверного проема в нижнюю зону центральной части фрагмента подавали воздушно-механическую пену. При этом категорически исключалось попадание воздушно-механической пены на строительные конструкции. Это привело к снижению интенсификации горения моторного масла и поглощению части выделяемой в процессе горения теплоты, в результате чего среднеобъемная температура снизилась на 200 °C. Последующее закрытие нескольких проемов металлическими листами привело к уменьшению полноты сгорания горючих веществ, следовательно, уменьшению тепловыделения с единицы площади и, как результат, к нарастанию среднеобъемной температуры в дальнейшем по стандартной кривой. Чрезмерный рост температуры в конце эксперимента (после 65 мин) обусловлен достаточно резким изменением условий окружающей среды (возникновением шквалистого ветра) и параллельным открытием проемов, что способствовало поступлению значительного количества окислителя.

Проводя сравнение полученного температурного режима в целом с экспериментальными исследованиями пожаров [5], видно, что до 20 мин нарастание температуры в объеме фрагмента схоже с горением древесины с плотностью размещения 50 кг/м<sup>2</sup> при отношении площади проемов к площади пола 0,15. Достигнутые значения среднеобъемной температуры в 900–1100 °C с 30 мин и их наблюдение до окончания эксперимента близки к такому же температурному интервалу с достаточной длительностью при горе-



нии автомобильных шин с плотностью размещения  $100 \text{ кг/м}^2$ . Интервал 20–30 мин является переходным между горением древесины и автомобильных шин с вышеуказанными плотностями размещения при данном отношении проемов к площади пола.

Следует отметить, что в различных частях помещения значения средней температуры отличались. Данный факт, как было сказано выше, связан с нестационарными условиями окружающей среды в процессе испытаний (возникновением и прекращением ветра, изменением его направления). До 9 мин различия между средними температурами, измеренными ТП 1–4 н, с, в (далее – левая сторона, см. рис. 2) и ТП 6–9 н, с, в (далее – правая сторона, см. рис. 2) практически отсутствуют. Однако затем разница между средними температурами в правой и левой сторонах фрагмента начинает нарастать. Различие в средних температурах наблюдается на протяжении оставшейся части испытаний, причем температурный режим в правой части фрагмента был более жестким, чем в левой, до 65 мин. С 65 мин до окончания эксперимента наблюдалась обратная ситуация. Особенно ярко различие в температурах выражено в интервале от 46 до 57 мин, когда средние значения температур в разных частях помещения находятся вне доверительного интервала среднеобъемной температуры фрагмента в целом. Разница в средних температурах на данном участке времени достигала  $250\text{--}300 \text{ }^\circ\text{C}$ .

На рисунке 4 приведен график изменения средних температур на высотах 550, 1375, 2200 мм, в том числе для левой и правой стороны в отдельности.

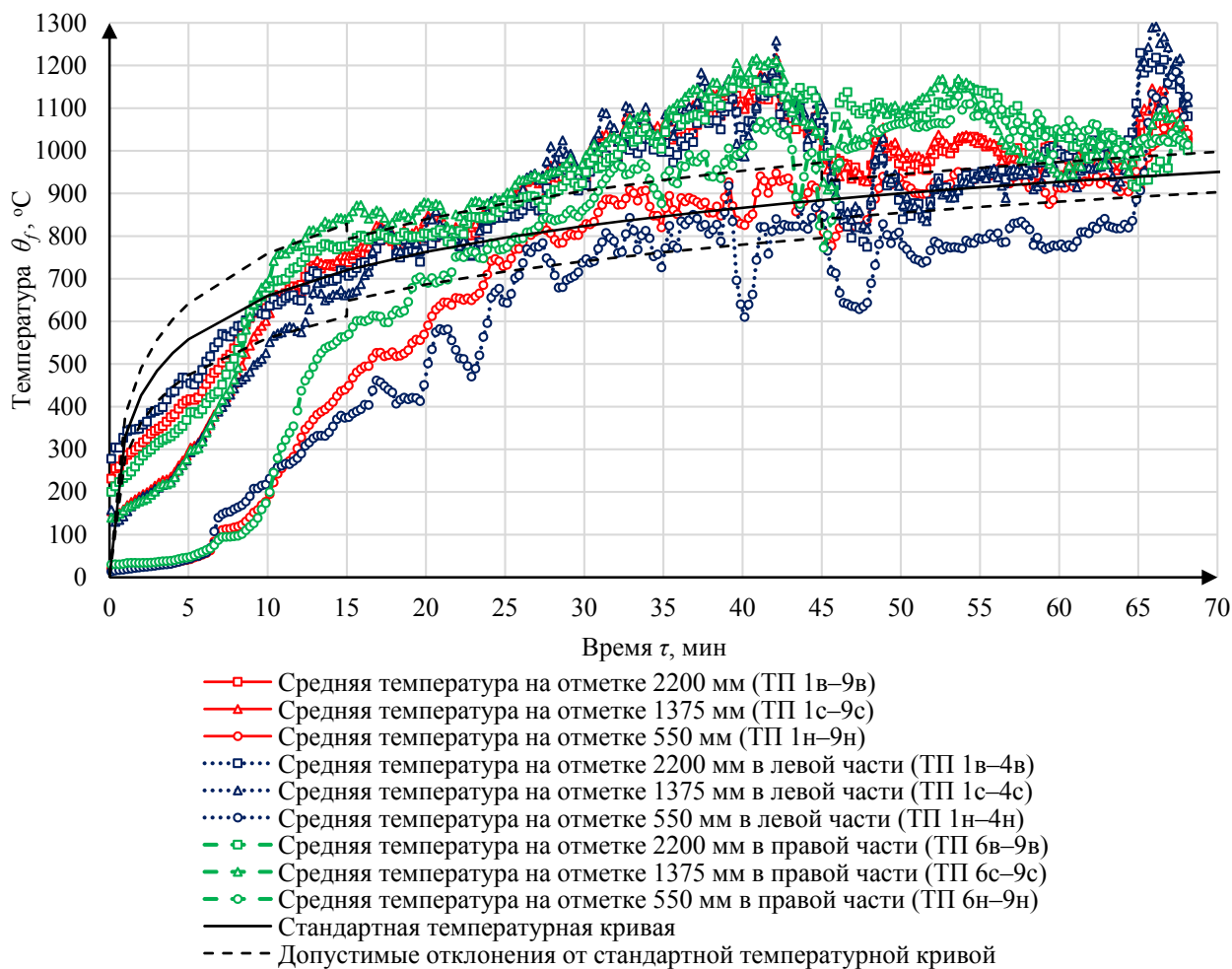


Рисунок 4. – Изменение средних температур на высотах 550, 1375 и 2200 мм

Для удобства описания характера изменения температуры газовой среды по высоте фрагмента на протяжении эксперимента результаты эксперимента представлены в коор-

динах «расстояние от уровня фундамента – температура» путем усреднения температур на соответствующих (схожих) интервалах времени (рис. 5).

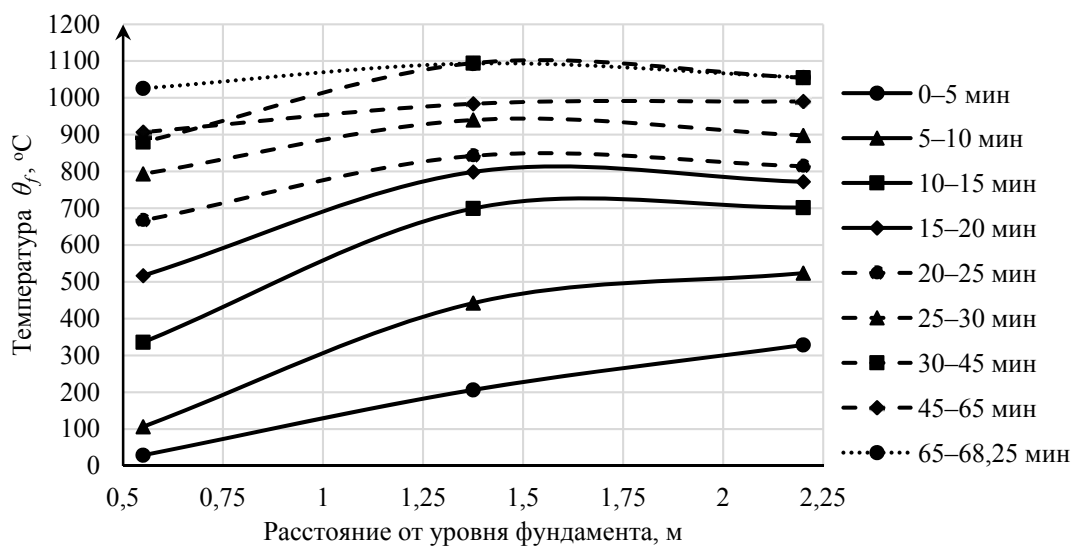


Рисунок 5. – Изменение среднеобъемной температуры по высоте фрагмента для различных интервалов времени

Из рисунка 5 видно, что температура по высоте помещения изменяется на протяжении всего эксперимента. При этом до 45 мин отчетливо видна значительная разница температур между нижней и средней плоскостями. Значения температур в средней и верхней исследуемых плоскостях фрагмента после 10 мин от начала эксперимента практически не отличаются. На интервалах 10–45 мин и 65–68,25 мин на отметках высот, соответствующих средней плоскости, наблюдаются плавные изломы линий, что говорит о незначительном (до 40 °C) превышении температур в средней плоскости над температурами в верхней плоскости. После 45 мин наблюдается более равномерное распределение температуры по высоте помещения, что выражается стремлением линий, соединяющих значения температур на различных высотах, к параллельности к оси абсцисс. Градиент температуры в интервале 45–68,25 мин по исследуемым высотам не превышал 100 °C/м.

Если проанализировать средние значения температур по высоте помещения в различных частях фрагмента (рис. 6), можно дополнительно выявить некоторые сходства и различия как в характере изменения температуры по высоте на протяжении эксперимента, так и в абсолютных величинах температуры.

До интервала времени 5–10 мин включительно характер изменения температуры по высоте и ее абсолютные значения эскизно равны. Характер непрерывного возрастания температуры по высоте в левой стороне фрагмента наблюдается до 15 мин, в правой – до 10 мин. С левой и правой сторон фрагмента, начиная с 15 и 10 мин соответственно, до интервала времени 40–45 мин включительно наблюдается излом кривых в средней плоскости, что говорит о том, что максимальные значения температур в интервалах 15–45 (для левой стороны) и 10–45 мин (для правой стороны) приходятся на среднюю плоскость помещения. При этом в интервале времени 10–20 мин абсолютные значения температур с правой стороны явно превосходят значения с левой для всего спектра высот. Для интервала времени 20–45 мин значения температур с правой и с левой сторон в средней и верхней исследуемых плоскостях отличаются менее, чем на 50 °C (с правой стороны значения, как правило, выше), однако значения температур нижней плоскости в правой стороне значительно выше, чем в левой (до 200 °C), как это характерно для интервала 10–20 мин.

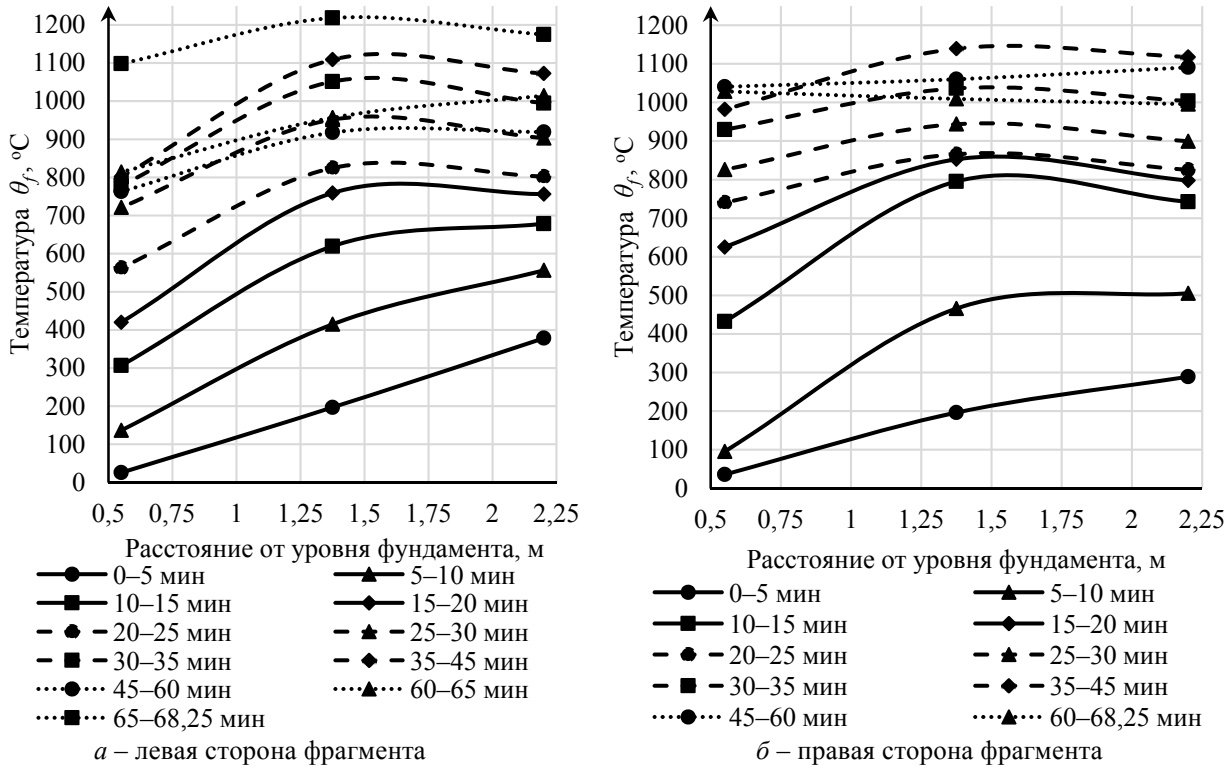


Рисунок 6. – Графики изменения температуры по высоте фрагмента в левой и правой его сторонах в зависимости от интервала времени пожара

Для левой стороны в интервале 45–65 мин характер изменения температуры по высоте схож с начальной стадией (интервал 0–15 мин), когда происходит постоянный рост температуры по мере увеличения расстояния от уровня земли, в интервале 65–68,25 мин характер схож с интервалом 15–45 мин. При этом на интервалах времени, имеющих сходство в изменении температуры по высоте, абсолютные значения температур значительно отличаются (чем выше интервал времени, тем выше значения температур). Следует отметить, что интервал 65–68,25 мин в левой стороне помещения характеризуется наибольшими значениями температур в процессе проведения испытаний. Данный интервал времени является единственным на протяжении эксперимента, когда средняя температура на всех высотах с левой стороны значительно выше, чем с правой (до 200 °C).

Для правой стороны характер изменения температуры по высоте помещения в интервале времени 45–60 мин схож с интервалом 0–10 мин. При этом градиент изменения температуры по высоте в интервале 45–60 мин имеет более низкие значения, чем в начальной стадии пожара, что говорит о повышении однородности температуры газовой среды по высоте по мере развития пожара. При временах более 60 мин линия, соединяющая средние значения температур на различных высотах, становится практически параллельной оси абсцисс (расстояние от уровня земли), что говорит о высокой однородности температуры газовой среды по высоте в данной стороне.

На основании проведенного анализа мы считаем, что имеет смысл разграничить температурные воздействия на строительные конструкции в разных сторонах фрагмента, в том числе по высоте. В центральной части фрагмента логично принять значения температур, полученные ТП 1–9.

Следует отметить, что из 68,25 мин огневых испытаний на протяжении 37 мин (около 54 %) среднеобъемная температура газовой среды в объеме фрагмента выходила из области допустимых отклонений от стандартного температурного режима, включая температуры в левой и правой сторонах в отдельности (рис. 3). Указанные обстоятельства дают основания полагать, что при проведении оценки огнестойкости испытанных строи-

тельных конструкций и разработке расчетных методик необходимо привести полученный температурный режим к стандартному пожару, чтобы в дальнейшем выполнять соответствующие сравнения.

С целью сравнения температурных режимов опытного пожара в различных частях фрагмента и на различных высотных отметках со стандартным представленные на рисунках 3 и 4 температурные кривые были приведены к стандартному режиму с использованием применяемого в исследованиях огнестойкости метода сопоставления площадей, заключенных между температурной кривой, ординатами температуры начала и окончания пожара и осью абсцисс [5] (рис. 7).

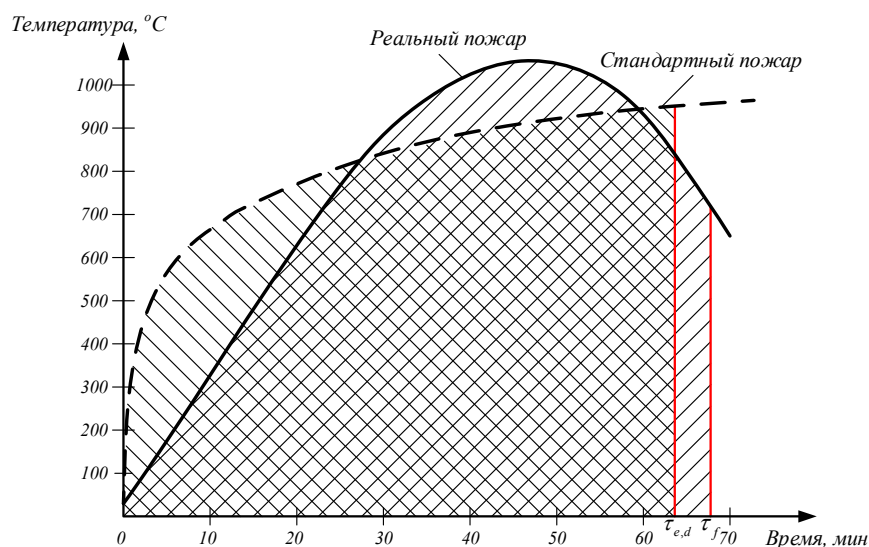


Рисунок 7. – Сопоставление стандартного и опытного температурного режимов

В ходе сопоставления определяли эквивалентную продолжительность пожара  $\tau_{e,d}$ , характеризующую стандартным пожаром, воздействие которого имеет такой же тепловой эффект, как опытного пожара длительностью  $\tau_f = 68,25$  мин. Для этого использовали следующее равенство:

$$\int_0^{\tau_f} \theta_f(\tau) d\tau = \int_0^{\tau_{e,d}} (\theta_{f0} + 345 \cdot \lg(8\tau + 1)) d\tau; \quad (2)$$

$$\int_0^{\tau_f} \theta_f(\tau) d\tau = \left[ \frac{345}{8 \cdot \ln 10} (8\tau + 1)(\ln(8\tau + 1) - 1) + \theta_{f0}\tau \right] \Big|_0^{\tau_{e,d}};$$

$$\int_0^{\tau_f} \theta_f(\tau) d\tau = \frac{345}{8 \cdot \ln 10} [(8\tau_{e,d} + 1)(\ln(8\tau_{e,d} + 1) - 1) + 1] + \theta_{f0}\tau_{e,d}.$$

Значение в левой части уравнения определялось путем нахождения фактической площади под опытной кривой. Затем с учетом полученного значения аналитическим методом находили  $\tau_{e,d}$ . Для представленных на рисунках 3 и 4 температурных режимов значения полученных  $\tau_{e,d}$  приведены таблице 1.

На основании полученных данных можно сказать, что в целом температурный режим практически соответствует стандартному пожару в части температурного воздействия на конструкции (различие составляет менее 1 мин), однако неоднородность газовой среды привела к тому, что температурный режим в средней и верхней плоскостях эквивалентен 73,4–73,5 мин стандартного огневого воздействия, что на 5,2 мин больше реальной продолжительности испытаний, а в нижней – 60,3 мин, что, наоборот, на 8 мин меньше.

Таблица 1. – Значения эквивалентной продолжительности стандартного пожара  $\tau_{e,d}$ 

Расположение	Эквивалентная опытным температурным режимам продолжительность стандартного пожара $\tau_{e,d}$ , мин			
	В целом	На отметке 550 мм	На отметке 1375 мм	На отметке 2200 мм
В объеме фрагмента (ТП 1–9)	69,1	60,3	73,5	73,4
Левая сторона (ТП 1–4)	66,5	54,8	71,8	72,9
Правая сторона (ТП 6–9)	72,4	66,1	75,7	75,3

Эквивалентная длительность пожара в левой стороне была менее фактической продолжительности на 2,3 мин. В то же время в правой стороне данный показатель ее превысил на 3,7 мин. Это говорит о том, что в целом с правой стороны температурный режим оказался жестче стандартного, а с левой соответственно мягче. Различие между разными сторонами фрагмента составило около 6 мин, однако различие в температурных режимах в средней и верхней плоскостях между левой и правой сторонами фрагмента менее заметно и составило 3,9 и 2,4 мин соответственно.

### Заключение

В результате проведенных натуральных огневых испытаний фрагмента здания получены экспериментальные данные распределения температуры газовой среды в его объеме, которые несколько отличаются от стандартного температурного режима пожара. Проведен анализ температур газовой среды в объеме испытанного фрагмента, по результатам которого определено, что газовая среда при пожаре достаточно неоднородна как в горизонтальном, так и вертикальном направлениях. С ходом времени эксперимента однородность температуры газовой среды по высоте повышалась. Выявлено, что существенное влияние на характер распределения температур в объеме фрагмента здания оказывали перемещения воздушных масс окружающей среды.

Таким образом, существует необходимость разграничения температурного воздействия при назначении граничных условий для определения прогрева испытанных строительных конструкций.

Для дальнейшей разработки расчетных методик по оценке огнестойкости строительных конструкций полученные распределения температур в объеме фрагмента приведены к стандартному температурному режиму путем определения эквивалентной продолжительности пожара.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Ройтман, В.М. Инженерные решения по оценке огнестойкости проектируемых и реконструируемых зданий / В.М. Ройтман. – М.: Ассоциация «Пожарная безопасность и наука», 2001. – 382 с.
2. Яковлев, А.И. Расчет огнестойкости строительных конструкций / А.И. Яковлев. – М.: Стройиздат, 1988. – 143 с.
3. Милованов, А.Ф. Пособие по расчету огнестойкости и огнесохранности железобетонных конструкций (к СТО 36554501–006–2006) / А.Ф. Милованов. – М.: Стройиздат, 2008. – 131 с.
4. Теория возникновения и прекращения горения. Практические и самостоятельные работы / А.В. Врублевский [и др.]. – 2-е изд. – Минск: УГЗ, 2018. – 297 с.
5. Огнестойкость зданий / В.П. Бушев [и др.]; под общ. ред. В.А. Пчелинцева. – М.: Стройиздат, 1970. – 262 с.

**Исследования температуры газовой среды при проведении натуральных  
огневых испытаний строительных конструкций**

**Temperature studies of the gaseous medium during full-scale fire tests  
of building constructions**

***Нехань Денис Сергеевич***

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

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

e-mail: denis\_nechany@mail.ru

ORCID: 0000-0001-7838-4663

***Denis S. Nekhan'***

State Educational Establishment «University  
of Civil Protection of the Ministry for Emergency  
Situations of the Republic of Belarus»,  
Faculty of Postgraduate Scientific Education,  
Adjunct

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

e-mail: denis\_nechany@mail.ru

ORCID: 0000-0001-7838-4663

***Кураченко Игорь Юрьевич***

Учреждение «Научно-исследовательский  
институт пожарной безопасности и проблем  
чрезвычайных ситуаций» Министерства  
по чрезвычайным ситуациям Республики  
Беларусь, консультационный центр в области  
обеспечения пожарной безопасности, старший  
инженер

Адрес: ул. Солтыса, 183а,  
220046, г. Минск, Беларусь

e-mail: i.kurachenko@yandex.by

ORCID: 0000-0002-2898-1811

***Igor' Yu. Kurachenko***

Research Institute of Fire Safety and Emergencies  
of the Ministry for Emergency Situations  
of the Republic of Belarus,  
Fire Safety Advisory Center,  
Senior Engineer

Address: ul. Soltysa, 183a,  
220046, Minsk, Belarus

e-mail: i.kurachenko@yandex.by

ORCID: 0000-0002-2898-1811

***Олесьюк Николай Михайлович***

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

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

e-mail: nikolai-96@tut.by

ORCID: 0000-0001-5925-1371

***Nikolay M. Olesiyuk***

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

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

e-mail: nikolai-96@tut.by

ORCID: 0000-0001-5925-1371

***Креер Леонид Анатольевич***

Государственное учреждение образования  
«Университет гражданской защиты  
Министерства по чрезвычайным ситуациям  
Республики Беларусь», кафедра пожарной без-  
опасности, старший преподаватель

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

e-mail: kreerleonidanatolevich@tut.by

ORCID: 0000-0002-4509-7059

***Leonid A. Kreer***

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

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

e-mail: kreerleonidanatolevich@tut.by

ORCID: 0000-0002-4509-7059

DOI: <https://doi.org/10.33408/2519-237X.2020.4-2.130>

## TEMPERATURE STUDIES OF THE GASEOUS MEDIUM DURING FULL-SCALE FIRE TESTS OF BUILDING CONSTRUCTIONS

**Nekhan' D.S., Kurachenko I.Yu., Olesiyuk N.M., Kreer L.A.**

*Purpose.* Comprehensively estimate the temperature of the gaseous medium inside the experimental fragment of the building when conducting full-scale fire tests.

*Methods.* Measuring the temperature inside the experimental fragment during a fire.

*Findings.* The temperature of the gaseous medium during full-scale fire tests of building constructions are measured. A difference in temperature was found in different parts of the fragment. The values of the equivalent duration of a standard fire for the tests are obtained.

*Application field of research.* The results of the study can be used in the appointment of boundary conditions (determination of thermal effect) to determine the heating of the tested building constructions. The conducted studies contribute to the accumulation of experimental data on the effect of fire load on the temperature-time curves in case of fire.

*Keywords:* fire resistance, building constructions, full-scale fire tests, standard fire, temperature curve of fire, burning, equivalent time of fire exposure.

(The date of submitting: March 12, 2020)

### REFERENCES

1. Roytman V.M. *Inzhenernye resheniya po otsenke ognestoykosti proektiruemykh i rekonstruiemykh zdaniy* [Engineering solutions for assessing the fire resistance of designed and reconstructed buildings]. Moscow: Association «Pozharnaya bezopasnost' i nauka», 2001. 382 p. (rus)
2. Jakovlev A.I. *Raschet ognestoykosti stroitel'nykh konstruktsiy* [Calculation of fire resistance of building structures]. Moscow: Stroyizdat, 1988. 143 p. (rus)
3. Milovanov A.F. *Posobie po raschetu ognestoykosti i ognesokhrannosti zhelezobetonnykh konstruktsiy* [Manual for the calculation of fire resistance and fire durability of reinforced concrete constructions]. Moscow: Stroyizdat, 2008. 131 p. (rus)
4. Vrublevskiy A.V., et al. *Teoriya vozniknoveniya i prekrashcheniya goreniya. Prakticheskie i samostoyatel'nye raboty* [The theory of the onset and termination of combustion. Practical and independent work]. Minsk: UCP, 2018. 297 p. (rus)
5. Bushev V.P., et al. *Ognestoykost' zdaniy* [Fire resistance of building]. Moscow: Stroyizdat, 1970. 262 p. (rus)

DOI: <https://doi.org/10.33408/2519-237X.2020.4-2.142>

УДК 614.841:691.328.1::666.97.033.17

## РЕЗУЛЬТАТЫ НАТУРНЫХ ОГНЕВЫХ ИСПЫТАНИЙ ЦЕНТРИФУГИРОВАННЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОЛОНН КОЛЬЦЕВОГО СЕЧЕНИЯ

Полева И.И., Нехань Д.С.

*Цель.* Оценить огнестойкость и поведение под совместной температурно-силовой нагрузкой центрифугированных железобетонных колонн кольцевого сечения путем проведения натуральных экспериментальных исследований.

*Методы.* Проведение натуральных огневых испытаний колонн в составе фрагмента каркасного здания. Визуальное наблюдение за поведением колонн в процессе испытаний. Измерение температур огневой газовой среды, арматуры, бетона на внутренней поверхности колонн, в том числе в месте узла соединения с монолитным перекрытием. Измерение температуры и избыточного давления газовой среды в полости колонн.

*Результаты.* Получены экспериментальные зависимости изменения температур арматуры, бетона на внутренней поверхности колонн, в том числе в месте узла соединения с монолитным перекрытием. Получен характер изменения температуры и избыточного давления в полости колонн. Выявлено, что стенки центрифугированных железобетонных колонн со свободной воздушной полостью имеют более высокую скорость прогрева, чем стенки с монолитной шпонкой в полости. Существенное влияние нарастающего давления газовой среды в полости колонн на их несущую способность не зафиксировано. Взрывообразное разрушение бетона колонн в ходе испытаний не зафиксировано. Разрушение одной из колонн в процессе огневых испытаний произошло в средней части высоты после образования магистральных трещин, направленных под углом 75–80° к продольной оси конструкции, и нарастание деформаций изгиба. Фактический предел огнестойкости опытных центрифугированных железобетонных колонн кольцевого сечения при внецентренно приложенной нагрузке в 18,25 т составил R60.

*Область применения исследований.* Результаты исследования могут быть использованы при определении теплофизических характеристик центрифугированного бетона и разработке расчетной модели огнестойкости центрифугированных железобетонных колонн кольцевого сечения.

*Ключевые слова:* натурные огневые испытания, центрифугированные железобетонные колонны, огнестойкость, предел огнестойкости, температурный режим пожара, прогрев конструкции, фрагмент здания, каркасная конструктивная схема здания, давление газовой среды.

(Поступила в редакцию 30 апреля 2020 г.)

### Введение

Неотъемлемой составляющей строительной индустрии является применение тонкостенных элементов в строительстве, что обеспечивает снижение массы изделий, являющейся основным недостатком железобетона. Использование метода центрифугирования позволяет изготавливать тонкостенные железобетонные конструкции, а также сократить количество материала без ухудшения основных физико-механических показателей конструкции в целом, что влечет экономический эффект<sup>1,2</sup> [1; 2]. В связи с этим центрифугированные железобетонные конструкции нашли широкое применение в качестве сжато-изгибаемых элементов в зданиях и сооружениях [3].

<sup>1</sup> Euro poles. Spun concrete. Benefits. BUILDINGS&SECURITY [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://www.europoles.com/fileadmin/user\\_upload/09-downloads/product-information-europoles-columns-benefits-spun-concrete.pdf](https://www.europoles.com/fileadmin/user_upload/09-downloads/product-information-europoles-columns-benefits-spun-concrete.pdf) – Дата доступа: 10.04.2020.

<sup>2</sup> Пастушков, Г.П. Многоэтажные каркасные здания с несущими железобетонными центрифугированными элементами: дис. ... д-ра техн. наук: 05.23.01; 05.23.05 / Г.П. Пастушков. – Минск, 2004. – 487 л.



Огнестойкость железобетонных строительных конструкций – ключевое понятие в области пожарной безопасности, определяющее область их применения в строительстве. Анализ литературных источников указывает на недостаточную изученность огнестойкости центрифугированных железобетонных колонн. Поведение при пожаре данных колонн, являющихся по сути тонкостенными, с присущей радиальной анизотропностью бетона и наличием замкнутой воздушной полости, в странах постсоветского пространства не изучалось. Результаты работы [4] описаны для сильно армированных центрифугированных железобетонных колонн (степень армирования от 9 до 20 %), что не отвечает требованиям действующих на территории Республики Беларусь технических нормативных правовых актов (далее – ТНПА)<sup>3</sup>. При определении предела огнестойкости в работе [4] никак не учитываются тип защемления колонны, уровень ее нагрузки, толщина защитного слоя и другие аспекты, влияющие на его значение. Актуальными сегодня остаются вопросы изучения прогрева центрифугированных железобетонных колонн кольцевого сечения, нарастания избыточного давления газовой среды в их полости, взрывообразного разрушения бетона при пожаре. Проведение исследований подобного рода позволит решить имеющиеся проблемы и тем самым повысить безопасность применения данных конструкций в строительстве.

### Основная часть

*Методика проведения испытаний.* Для решения вышеуказанных проблем была разработана методика проведения натуральных огневых испытаний центрифугированных железобетонных колонн. Для воссоздания реальных условий эксплуатации колонн их поведение изучалось в составе фрагмента здания, выполненного по каркасной конструктивной схеме, получившей в настоящее время широкое распространение [5–7]. Методика учитывала положения ТНПА<sup>4,5</sup>, включая российские<sup>6</sup>, регламентирующие требования к проведению испытаний на огнестойкость, в том числе натуральных огневых испытаний.

Конструкция экспериментальных колонн была подобрана по сортаменту выпускаемых изделий на Светлогорском заводе железобетонных изделий и конструкций, имеющем специальное оборудование для изготовления железобетонных конструкций методом центрифугирования. Для исследований принята широко распространенная конструкция с минимальным теоретическим пределом огнестойкости. Конструкция колонны отвечает требованиям по проектированию сборных железобетонных конструкций<sup>7</sup>, в том числе центрифугированных кольцевого сечения<sup>8,9</sup> (рис. 1). Зона верхнего оголовка конструкции колонн была адаптирована для текущих испытаний.

<sup>3</sup> Бетонные и железобетонные конструкции: СНБ 5.03.01-02 – Взамен СНиП 2.03.01-84; введ. 01.07.03. – Минск: Минсктиппроект, 2003. – 140 с.

<sup>4</sup> Конструкции строительные. Методы испытаний на огнестойкость. Общие требования: ГОСТ 30247.0-94. – Взамен СТ СЭВ 1000-78; введ. 01.01.1996. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2003. – 11 с.

<sup>5</sup> Конструкции строительные. Методы испытаний на огнестойкость. Несущие и ограждающие конструкции: ГОСТ 30247.1-97. – Взамен СТ СЭВ 1000-78, СТ СЭВ 5062-85; введ. 01.10.98. – М.: ИПК Издательство стандартов, 1997. – 7 с.

<sup>6</sup> Здания и фрагменты зданий. Метод натуральных огневых испытаний. Общие требования [Электронный ресурс]: ГОСТ Р 53309-2009. – Введ. 01.05.09. – М.: Стандартинформ, 2009. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200071873>. – Дата доступа: 10.04.2020.

<sup>7</sup> См. сноску 3.

<sup>8</sup> Стойки железобетонные центрифугированные кольцевого сечения для производственных зданий и инженерных сооружений. Технические условия: ГОСТ 23444-79. – Введ. 29.12.78. – М.: ИПК Издательство стандартов, 1979. – 152 с.

<sup>9</sup> Руководство по проектированию, изготовлению и применению железобетонных центрифугированных конструкций кольцевого сечения / Науч.-исслед. ин-т бетона и железобетона Госстроя СССР. – М.: Стройиздат, 1979. – 144 с.

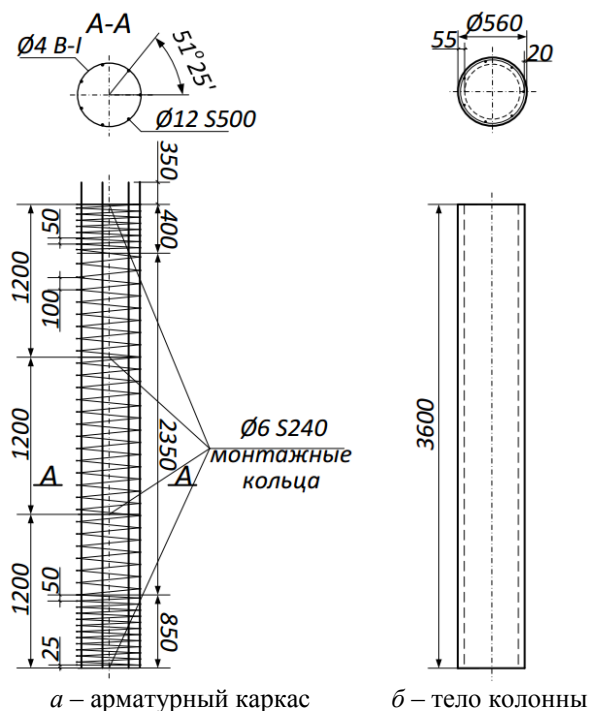


Рисунок 1. – Конструкция экспериментальных колонн

Длина колонн составила 3600 мм, наружный диаметр – 560 мм, толщина стенки – 55 мм. Колонны армировались пространственным каркасом, состоящим из 7 равномерно распределенных по окружности стержней класса S500 диаметром 12 мм и приваренной к ним поперечной спиральной арматуры (проволока В-1 диаметром 4 мм). Толщина защитного слоя для продольной арматуры принята 20 мм. Шаг спирали у торцов колонн на высоты 400 и 850 мм составил 50 мм, в остальной части – 100 мм. Равномерно по длине конструкций располагали 4 монтажных кольца из арматуры S240 диаметром 6 мм. В верхнем оголовке колонн предусмотрены выпуски продольной арматуры длиной 350 мм.

Колонны изготовляли из бетона класса по прочности на сжатие  $C^{32/40}$  (B40), марки по водонепроницаемости W8, морозостойкости F300. Для получения бетона указанного класса и марки расход материалов на  $1 \text{ м}^3$  исходной бетонной смеси составлял: 484 кг портландцемента ПЦ-500; 1270 кг гранитного щебня фракций 5–20 мм; 558 кг кварцевого песка; 160 л воды затворения; 2,58 кг суперпластификатора СП-1 «ПолипластХим». Центрифугирование осуществлялось на роликовой центрифуге МР-270 по режиму, соответствующему требованиям<sup>10, 11, 12</sup>, включающему загрузку, распределение и уплотнение бетонной смеси на необходимых скоростях вращения. В процессе изготовления наблюдалось интенсивное выделение шлама, являющееся обязательным условием технологического процесса. Уплотнение завершалось после прекращения его отделения. Отпускная плотность бетона в колоннах составила  $2500 \text{ кг/м}^3$ , влажность перед проведением испытаний находилась в пределах 2,0–2,4 %.

Для создания усилий внецентренного сжатия в колоннах была предусмотрена монолитная железобетонная бескапитальная безбалочная плита перекрытия (далее – плита) с консольными свесами 1220 мм, которая совокупно с ограждающими конструкциями образовывала огневую камеру, обеспечивающую всесторонний обогрев опытных колонн как наиболее неблагоприятный случай при пожаре в здании. Расстояние между осями колонн

<sup>10</sup> См. сноску 8.

<sup>11</sup> См. сноску 9.

<sup>12</sup> Стойки железобетонные центрифугированные для опор высоковольтных линий электропередачи: ГОСТ 22687.0-85. – Взамен ГОСТ 22687-77, ГОСТ 24762-81; введ. 01.01.86. – М.: Издательство стандартов, 1986. – 13 с.

в соответствии с работой [8] было принято 6000 мм. Собственная масса плиты составила 12,5 т.

Общий вид железобетонного фрагмента до начала испытаний представлен на рисунке 2.



Рисунок 2. – Общий вид железобетонного фрагмента каркаса

Колонны устанавливали в заранее изготовленные и заглубленные на всю высоту в грунт монолитные фундаментные стаканы, выполненные из бетона класса по прочности на сжатие  $C^{16}/20$  с пространственным армированием в виде сеток из стержней класса S500. После установки колонн в проектное положение их зачеканили бетоном того же класса. Глубина заделки нижней части колонн составила 850 мм, что обеспечивало ее жесткое защемление<sup>13</sup>. Сопряжение монолитной плиты со сборными колоннами было выполнено жестким [8] за счет углубленных на 400 мм в полость колонн железобетонных монолитных шпонок, составляющих с плитой единое целое, загибов выпусков арматуры из колонн в тело плиты, усиленного армирования плиты и устройства дополнительных деталей в месте ее примыкания к колоннам. Это обеспечивало передачу усилий с плиты на колонны.

Статическая нагрузка на конструкции создавалась путем размещения 50 фундаментных блоков ФБС 9.4.6 массой 470–490 кг на плите через деревянные бруски размером 50×50×400 мм за 6 суток до начала испытаний. Нагрузка была размещена симметрично относительно центра фрагмента (рис. 3). Ее смещение в сторону консолей было обусловлено необходимостью увеличения изгибающих моментов в колоннах. С целью обеспечения техники безопасности и сохранения геометрического положения нагрузки в процессе испытаний фундаментные блоки были связаны между собой канатным тросом диаметром 6 мм.



Рисунок 3. – Размещение статической нагрузки на плите фрагмента

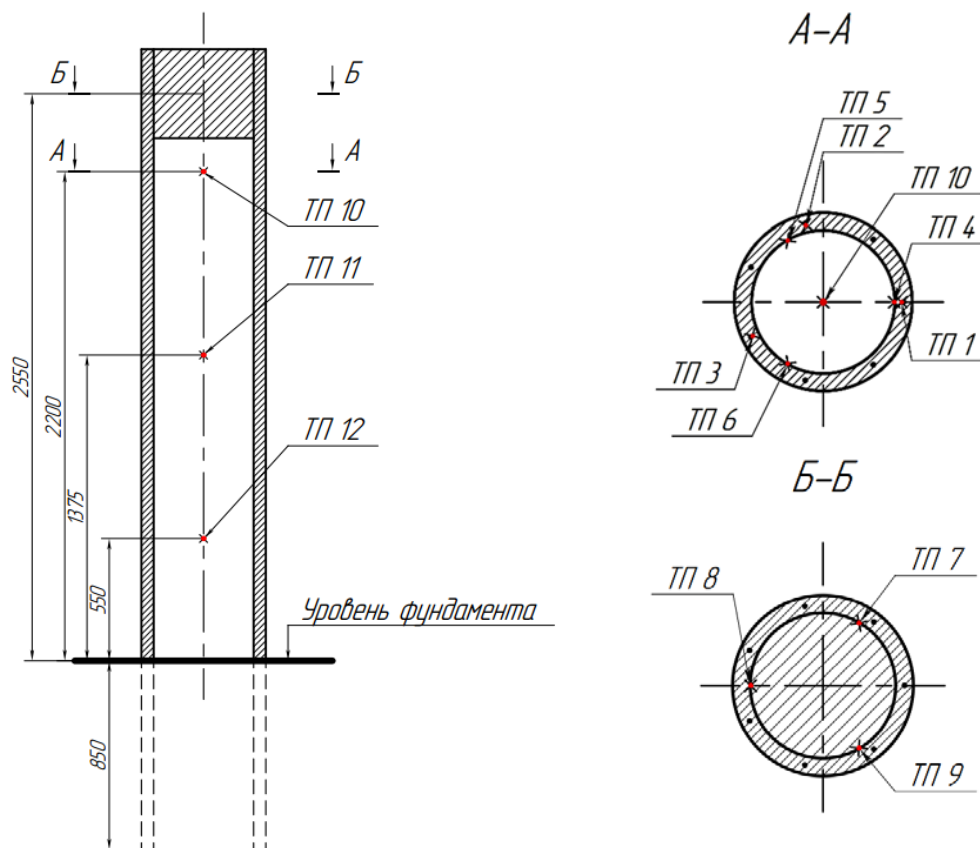
Средняя плотность распределения нагрузки на плите составила 720 кг/м<sup>2</sup>. Для увеличения усилий сжатия в опытных колоннах плотность размещения нагрузки на участках

<sup>13</sup> См. сноску 9.

плиты  $0,9 \times 0,9$  м над колоннами была повышена до  $3560 \text{ кг/м}^2$ . С учетом собственной массы плиты каждая из колонн была нагруженной  $18,25 \text{ т}$ .

Детальное описание самонесущих стен, воздвигнутых по наружному периметру фрагмента, параметров пожарной нагрузки и некоторых других аспектов приведены в работе [9].

В процессе испытаний измеряли температуру огневой газовой среды [9], температуру арматуры, бетона на внутренней поверхности колонн, в том числе в месте узла соединения с плитой, и газовой среды в полости (рис. 4), а также давление в полости.



Примечание: в качестве ТП 1-6 применены датчики температуры КТНН 02.01-050-к1-И-Т740-2-1100/11000, ТП 7-9 – КТНН 02.01-050-к1-И-Т740-2-800/11000, ТП 10 – КТНН 02.01-050-к1-И-Т740-3-1100/11000, ТП 11 – КТНН 02.01-050-к1-И-Т740-3-1800/11000, ТП 12 – КТНН 02.01-050-к1-И-Т740-3-2600/11000 (ТУ 4211-002-10854341-2013)

Рисунок 4. – Схема размещения горячих спаяв термонар (далее – ТП) в колоннах

Для измерения температуры арматуры на расстоянии  $2200 \text{ мм}$  от уровня верхнего среза фундамента внутри колонн делали пропилы глубиной  $23 \text{ мм}$  и шириной не более  $5 \text{ мм}$ , после чего в каждый пропил помещали горячий спай ТП и фиксировали его посредством раствора. Для измерения температуры бетона на внутренней поверхности колонн, в том числе в месте узла соединения (последующего замоноличивания шпонки), на расстояниях  $2200$  и  $2550 \text{ мм}$  соответственно от уровня фундамента осесимметрично установлены по 3 горячих спая ТП. Для измерения температуры в полости колонн через отверстия в опалубке для шпонки в ней установлены горячие спайи 3 ТП на расстояниях  $550$ ,  $1375$  и  $2200 \text{ мм}$  от уровня фундамента соответственно.

Для измерения избыточного давления в полости колонн в процессе испытаний сквозь монолитную плиту и шпонку была установлена металлическая трубка длиной  $700 \text{ мм}$  внутренним диаметром  $20 \text{ мм}$ , на которую посредством резьбового соединения крепили отвод-охладитель ОС100-ОХ50 (ТУ 1462-001-255-41174-2016) и преобразователь давления (далее – ПД) ПД 100-ДИ4,0-111-1,0 (ТУ 4212-002-46526536-2009).

Для преобразования электрических сигналов от ТП и ПД использованы универсальные измерители-регуляторы ТРМ138-Р (ТУ 4217-015-46526536-2008) и ТРМ202-Щ1.РИ (ТУ 4217-026-46526536-2011) соответственно. Передача данных на персональные компьютеры осуществлена через преобразователь интерфейса АС4-М (ТУ 4218-003-46526536-2006). Время, установленное на персональных компьютерах, было предварительно синхронизировано между собой. Отсчет времени начат с момента объемного воспламенения очагов древесины. Для измерения длительности испытаний применяли электронный секундомер «Интеграл С-01». Непрерывно вели фото- и видеосъемку.

*Результаты испытаний.* Натурные огневые испытания проводили на полигоне Университета гражданской защиты МЧС Беларуси (рис. 5).



Рисунок 5. – Общий вид фрагмента при проведении натурных огневых испытаний

Продолжительность испытаний составила 68 мин 15 с. Моментом окончания испытаний явилось последовательное разрушение колонн и обрушение плиты.

*Температурный режим пожара.* Для более детальной оценки температурный режим был рассмотрен для каждой колонны в отдельности (в соответствии со схемой расстановки ТП в объеме огневой газовой среды фрагмента [9]) (рис. 6).

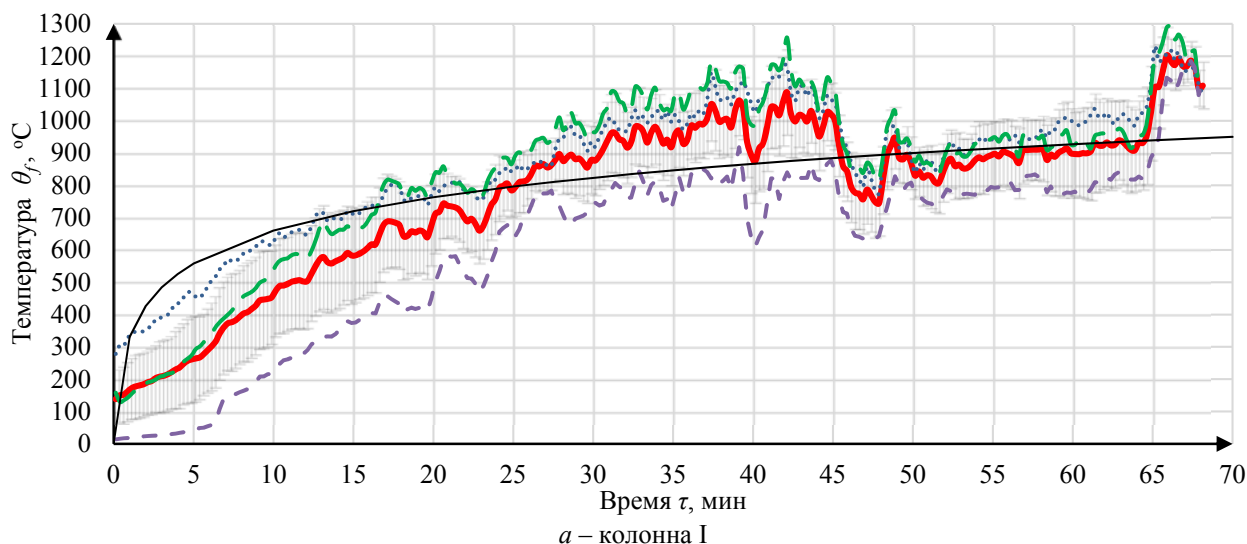


Рисунок 6. – Температура газовой среды, воздействующей на колонны





*Введенные обозначения колонн условные (необходимость разграничения температурных воздействий на колонны возникла из-за имеющейся разницы средних температур газовой среды).*

**Рисунок 6. – Температура газовой среды, воздействующей на колонны**

Для сравнения поведения конструкций с другими аналогичными при стандартном огневом воздействии были определены эквивалентные продолжительности пожара (приведенных испытаний) при данном распределении температур газовой среды методом сопоставления площадей, заключенных между температурной кривой, ординатами температуры начала и окончания испытаний и осью абсцисс. Для колонны I эквивалентная продолжительность составила 66,5 мин стандартного пожара (на 2,6 % меньше реальной длительности испытаний), для колонны II – 72,4 мин (на 6,1 % больше реальной длительности испытаний) [9].

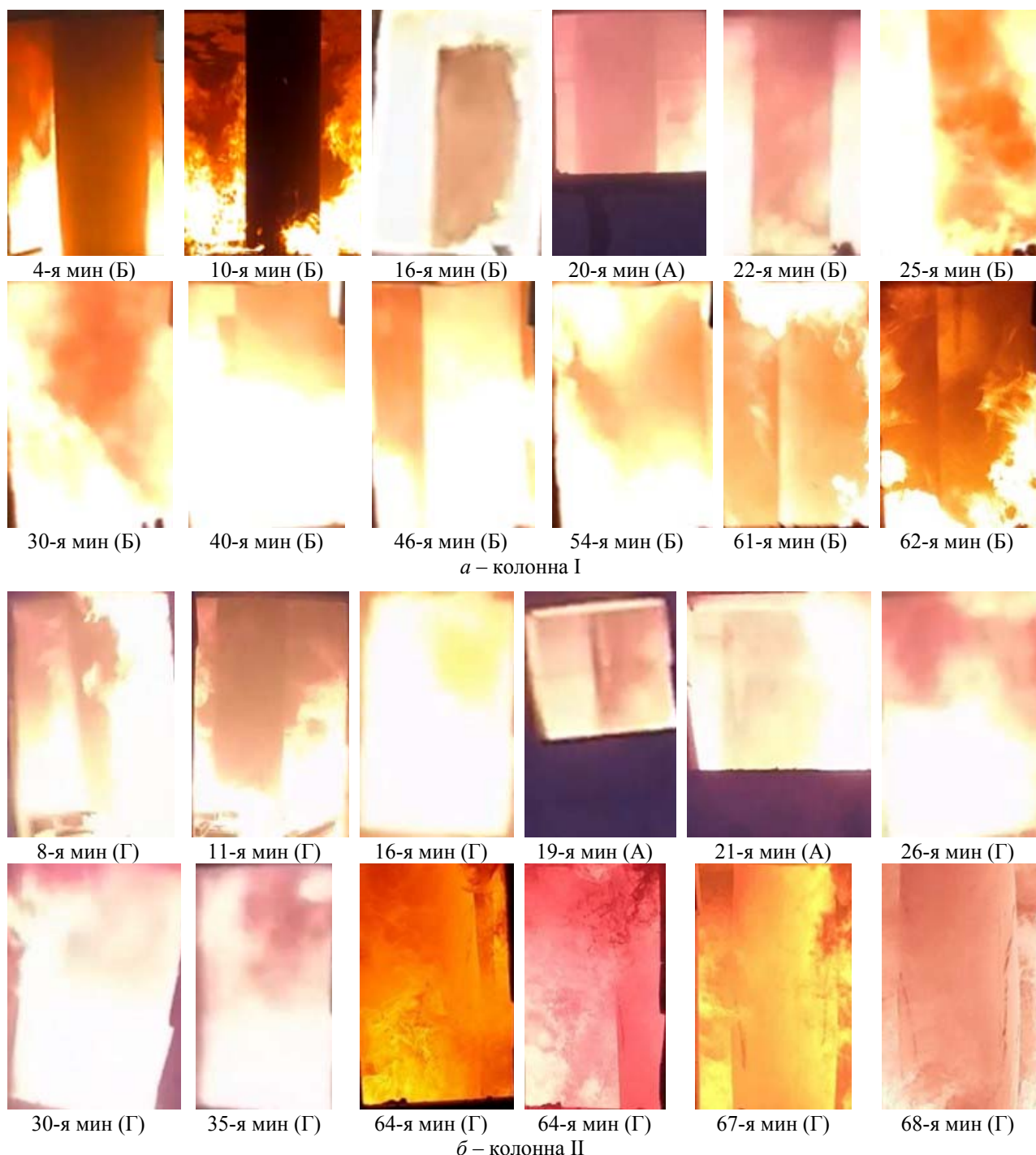
*Поведение колонн.* Состояние колонн в процессе пожара приведено на рисунке 7.

На протяжении первых 5–10 мин испытаний наблюдалось выделение незначительного количества пара из колонн по всей их высоте. При этом в процессе всего времени огневого воздействия визуально (с видов А–Г) не было зафиксировано взрывообразной потери целостности бетона в колоннах, связанной с выделением пара при нестационарном процессе тепло- и массопереноса внутри прогреваемой конструкции. На 16–23 мин от начала испытаний в месте стыка колонн с плитой наблюдалось выделение незначительного количества цементного молока (рис. 7).

В процессе прогрева сечения колонн их поверхность покрывалась трещинами и меняла окраску. Ввиду неполного сгорания пожарной нагрузки в начальной стадии колонны стали несколько подкопчены. Поверхности колонн, начиная с 10 и 15 мин для колонн II и I, стали постепенно приобретать розовый оттенок по всей их высоте (в начале в верхней и средней зонах, а затем в нижней). Спустя 9 мин поверхность колонн приобрела более красноватый оттенок, который с ходом испытаний становился ярче. Через 40 мин после начала огневого воздействия поверхность колонны II в средней и верхней зонах, а впоследствии – и нижней имела бледно-серый с желтоватым оттенком цвет. Для опытной колонны I подобная ситуация имела место в интервале 45–50 мин от начала испытаний.

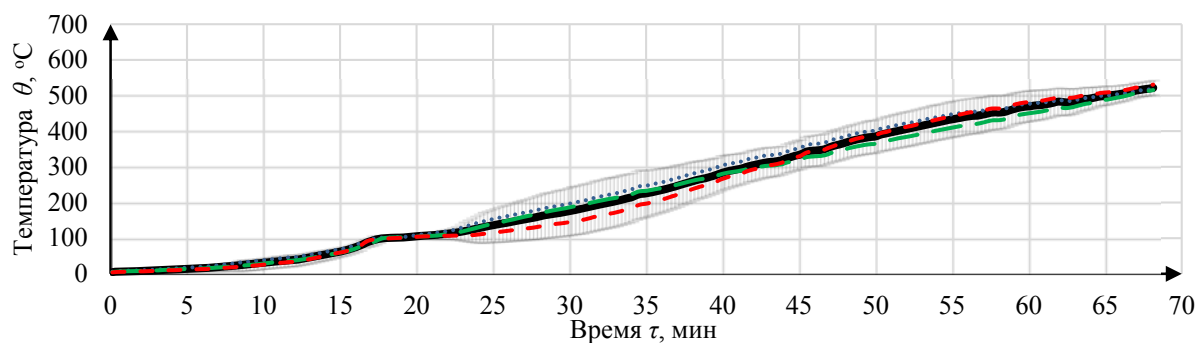
Перемещения, деформации изгиба и магистральные трещины в колонне I невооруженным глазом зафиксированы не были. В колонне II в средней части на 62-й мин были зафиксированы две интенсивно развивающиеся спиралевидные магистральные трещины. Уже на 64-й мин их длина составила 40–50 см, а ширина раскрытия около 1 см. К моменту обрушения длина трещин составила 70–120 см, а ширина раскрытия – приблизительно

2 см. Угол наклона трещин к продольной оси колонны составил около 75–80°. При этом за минуту до разрушения колонны II зафиксировано возникновение еще одной макротрещины (предположительно, ответвление от одной из существующих) длиной не более 15 см с шириной раскрытия в несколько миллиметров (рис. 7б). С развитием макротрещин в колонне II можно было наблюдать увеличение изгиба конструкции. Максимальные деформации изгиба зафиксированы в ее средней части по высоте.

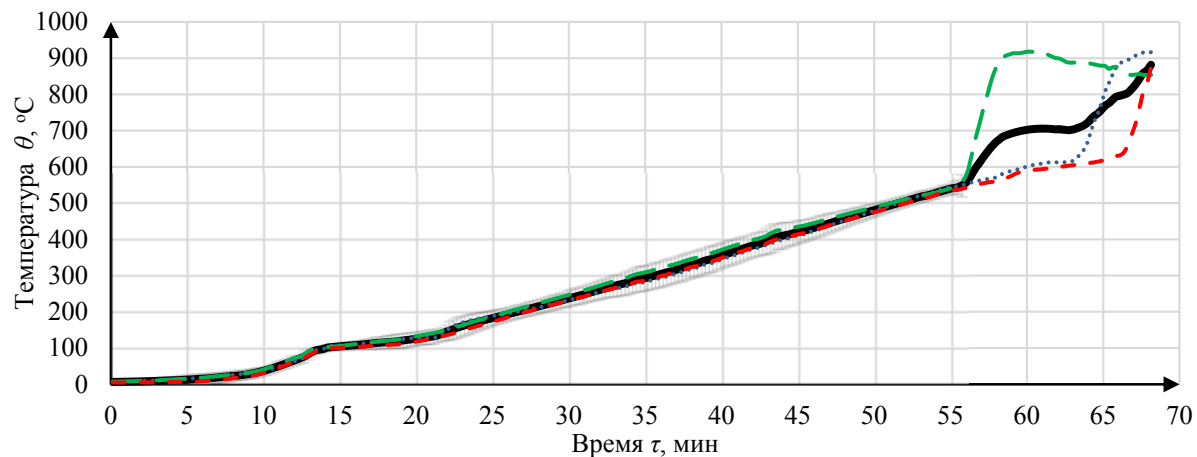


**Рисунок 7. – Состояние колонн в процессе испытаний  
(в скобках указан вид, с которого сделано фото)**

На рисунке 8 приведены графики изменения температуры на арматуре.



а – колонна I



б – колонна II

Рисунок 8. – Температура арматуры в колоннах

На начальном этапе зафиксирован нелинейный рост температуры арматуры до 100 °С. При этом скорость роста изменялась от 3 до 20 °С/мин (в колонне I) и 25 °С/мин (в колонне II). В соответствии с тепловым режимом колонна II прогревалась быстрее, и температура в 100 °С на арматуре данной колонны была достигнута уже на 14-й мин, в то время как в колонне I – на 17-й мин. После достижения температуры 100 °С происходило резкое замедление прогрева, продолжающееся около 5 мин. После этого рост температуры арматуры в колоннах характеризовался линейной зависимостью с более высоким углом наклона к оси абсцисс. В образце I средняя скорость нарастания температуры до момента окончания испытаний составила около 9 °С/мин. При этом после 60 мин наблюдалось некоторое замедление прогрева. В образце II для всех исследуемых стержней с 20 по 56 мин наблюдался примерно одинаковый линейный характер роста температуры арматуры со скоростью 11–12 °С/мин. Начиная с 56 мин, вероятно, пламя начало воздействовать на оголенные стержни вследствие протекающих процессов развития макротрещин, что проявилось резким ростом температуры отдельных стержней спустя 56, 64 и 66 мин после начала испытаний.

В момент обрушения фрагмента температура арматурных стержней в колонне I составила  $(516...531) \pm 4$  °С, в колонне II –  $(854...917) \pm 6$  °С.

Характер изменения температуры бетона на внутренней поверхности колонн представлен на рисунке 9.

Начальный этап характеризуется нелинейным ростом температуры до 100–120 °С. При этом до 5-й мин рост температуры вообще практически отсутствовал. На 18-й мин наблюдается первый перегиб кривых, переходящих в практически параллельные оси абсцисс участки для всех измеряемых точек, продолжающиеся в течение 7 мин. Второй перегиб кривых на 25 мин отражает дальнейший прогрев внутренней поверхности колонн. Сле-



дует отметить, что для колонны II первый и второй перегибы наблюдаются при более высокой температуре (на 15–20 °С выше).

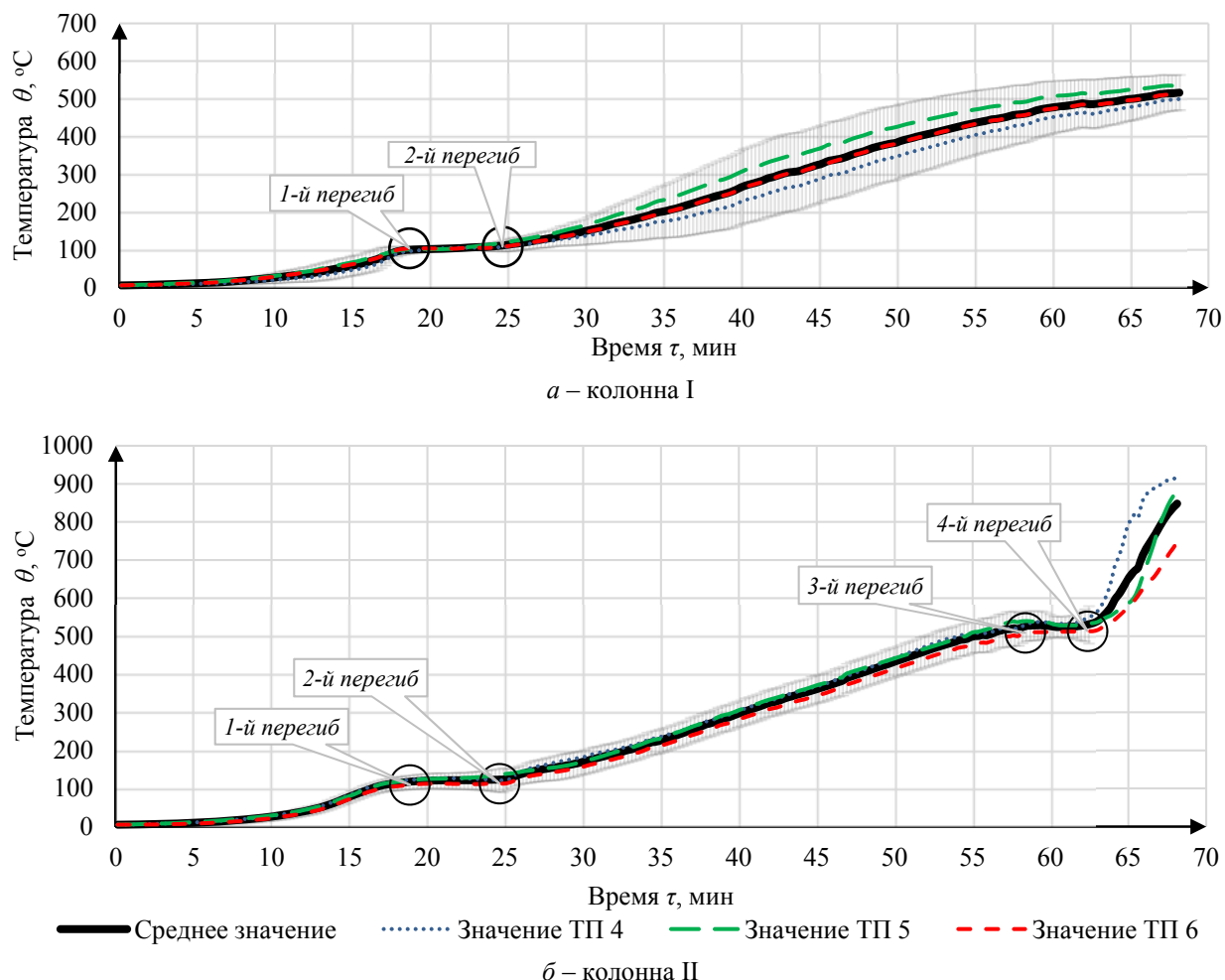
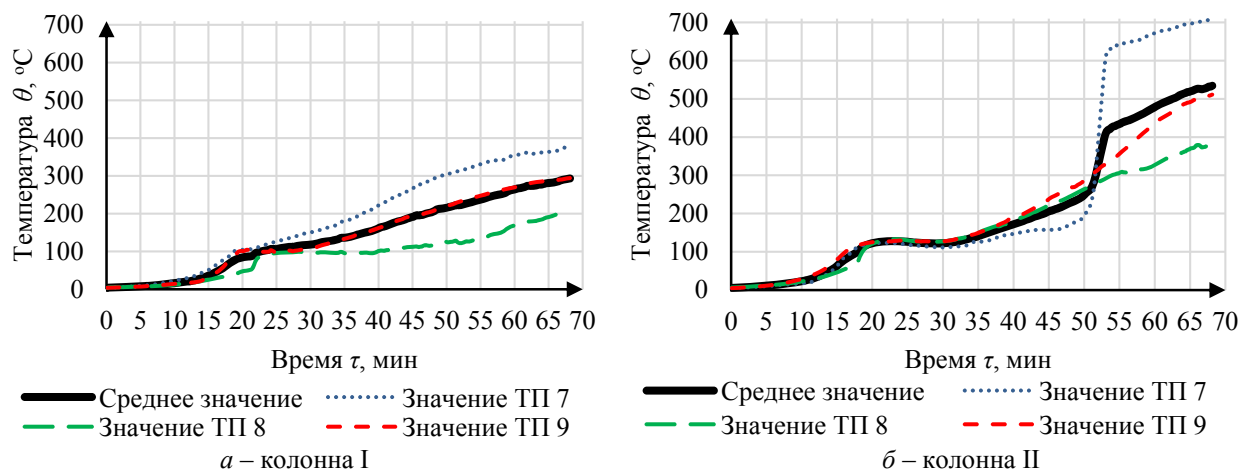


Рисунок 9. – Температура бетона на внутренней поверхности колонн

Для опытной колонны I линейный рост температуры бетона на внутренней поверхности продолжается с 25 по 60 мин с более низкой средней скоростью, составляющей около 10 °С/мин. При достижении температуры на внутренней поверхности 460–500 °С наблюдается замедление прогрева. Средняя скорость роста температуры бетона на внутренней поверхности в окончании испытаний снижается более чем в 2 раза (составляет менее 5 °С/мин, в последнюю минуту – около 3 °С/мин). При этом наблюдаются непродолжительные незначительные температурные снижения, фиксируемые отдельными ТП. Окончательный переход кривых в параллельную оси абсцисс линию не зафиксирован, хотя данное стремление наблюдается. Измеренная температура бетона на внутренней поверхности колонны I в момент обрушения фрагмента составляет  $(500...537) \pm 4$  °С.

Средняя скорость роста температуры бетона на внутренней поверхности колонны II с 25 до 57 мин от начала испытаний составляет около 12 °С/мин. Затем прогрев замедляется (3-й перегиб на рис. 9б), после чего в интервале 57–61 мин температура бетона на внутренней поверхности практически не увеличивается и принимает значения в интервале 510–535 °С. Перегиб 4 графика (рис. 9б) отражает спонтанный рост температуры на внутренней поверхности на 62–63 мин. Данный процесс обусловлен развитым, в том числе сквозным, трещинообразованием в конструкции. В связи с этим происходят прямое огневое воздействие на горячий спай термопар и дополнительная теплопередача изнутри (из полости конструкции). Предельные зафиксированные в данных испытаниях значения температуры бетона на внутренней поверхности колонны II составляют  $(746...915) \pm 6$  °С.

На рисунке 10 приведены графики изменения температуры бетона на внутренней поверхности колонн в месте узла соединения (монолитной железобетонной шпонки).



**Рисунок 10. – Температура бетона на внутренней поверхности колонн в месте узла соединения (монолитной железобетонной шпонки)**

Значения температур и скорость их роста в узле соединения (рис. 10) значительно ниже, чем на внутренней поверхности непосредственно колонн (рис. 9). При этом наблюдаются более длительные участки, когда значение температуры находилось в пределах 100–120 °С, что говорит о более интенсивном парообразовании в месте узла соединения ввиду наличия большего количества бетона в нем. Фильтрация пара в месте узла соединения осуществляется в основном в сторону обогреваемой поверхности, что приводит к дополнительному поглощению им теплоты и охлаждению стенок конструкции. Скачок температуры, измеряемой одной из термопар в узле колонны II (рис. 10б), свидетельствует об образовании трещины или отслоении бетона в стенке колонны в верхней зоне, обращенной к центру фрагмента, на 50-й мин. В момент окончания испытаний температура бетона на внутренних поверхностях колонн I и II в местах наличия железобетонной шпонки составляет  $(208...378) \pm 2$  °С и  $(386...706) \pm 4$  °С соответственно, что в среднем на 224 и 314 °С ниже, чем в местах, где железобетонная шпонка отсутствовала. Это говорит о том, что полые железобетонные тонкостенные конструкции имеют гораздо более высокую скорость прогрева при прочих равных условиях.

На рисунке 11 представлен характер изменения температуры и избыточного давления газовой среды в полости исследуемых колонн в процессе испытаний.

Прогрев газовой среды в полости имеет схожий с прогревом внутренней поверхности характер. Из рисунка 11 следует, что температура в полости колонн по высоте распределяется неравномерно. Наиболее высокие значения температур зафиксированы в средней плоскости. Замедление прогрева газовой среды в полости колонны I начинается спустя 20 мин от начала испытаний и продолжается в течение 10 мин, в то время как в полости колонны II начинается спустя 18 мин и продолжается в течение 8 мин. По отношению к внутренней поверхности зафиксировано незначительное запоздание начала и окончания данного процесса, которое для колонны II менее заметно. При этом температуры, при которых происходит замедление прогрева, как в полости, так и на внутренней поверхности, совпадают и составляют для колонны I – 100–110 °С, для колонны II – 120–125 °С. Дальнейший рост температур в полости носит практически постоянный линейный характер. Для колонны I имеет место постепенное затухание роста температуры в полости к окончанию эксперимента. Нарастание трещин в сечении колонны II в процессе ее прогрева привело к тому, что на 56-й мин (совпадает с временем скачкообразного нарастания температуры одного из арматурных стержней) возникла как минимум одна сквозная трещина, вследствие чего стало возможным попадание внутрь колонны горячих продуктов сгорания. Об этом свиде-

тельствуют скачки температур различной амплитуды в полости на отметках 1375 и 2200 мм, а также дальнейшее изначально плавное, а затем резкое нарастание температуры на отметке 550 мм (рис. 11б) вследствие еще большей интенсификации конвекции в полости. Отсутствие данного рода скачков на рисунке 11а говорит о том, что сечение колонны I не претерпело сквозного трещинообразования.

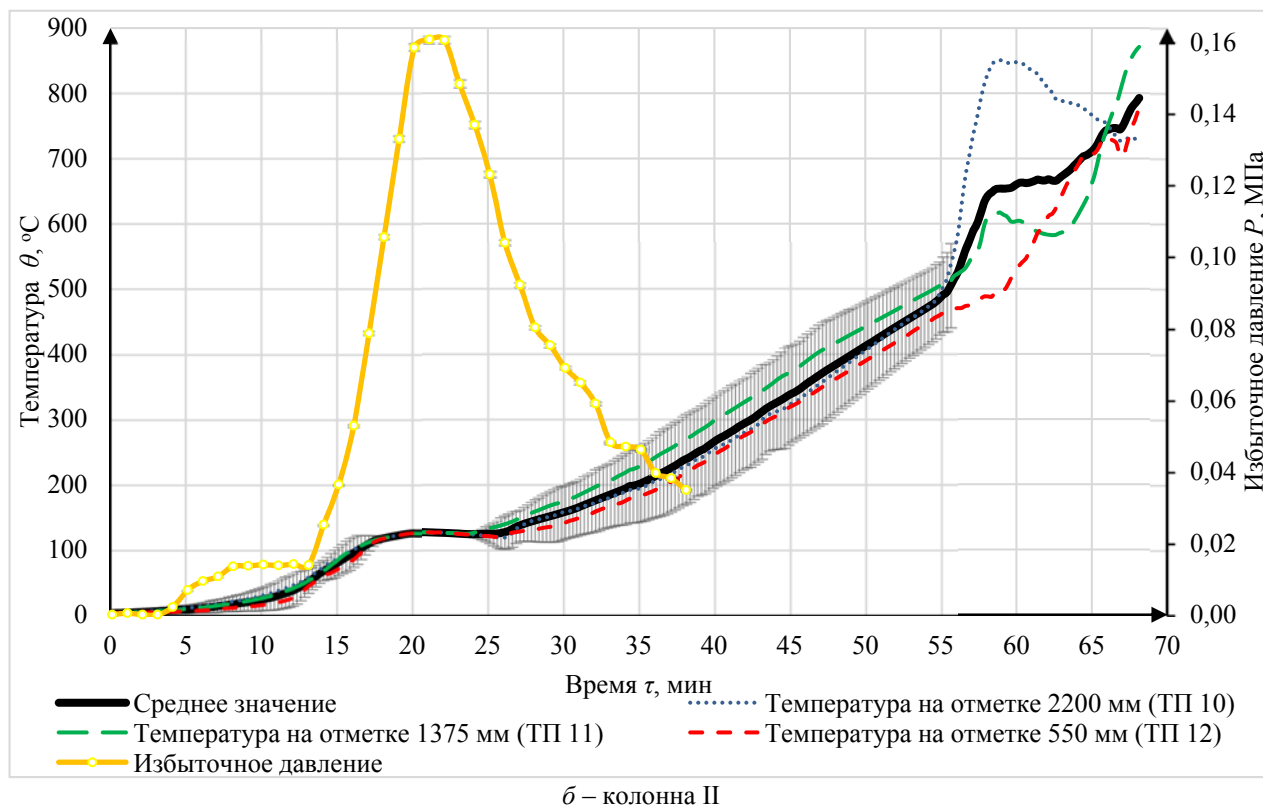
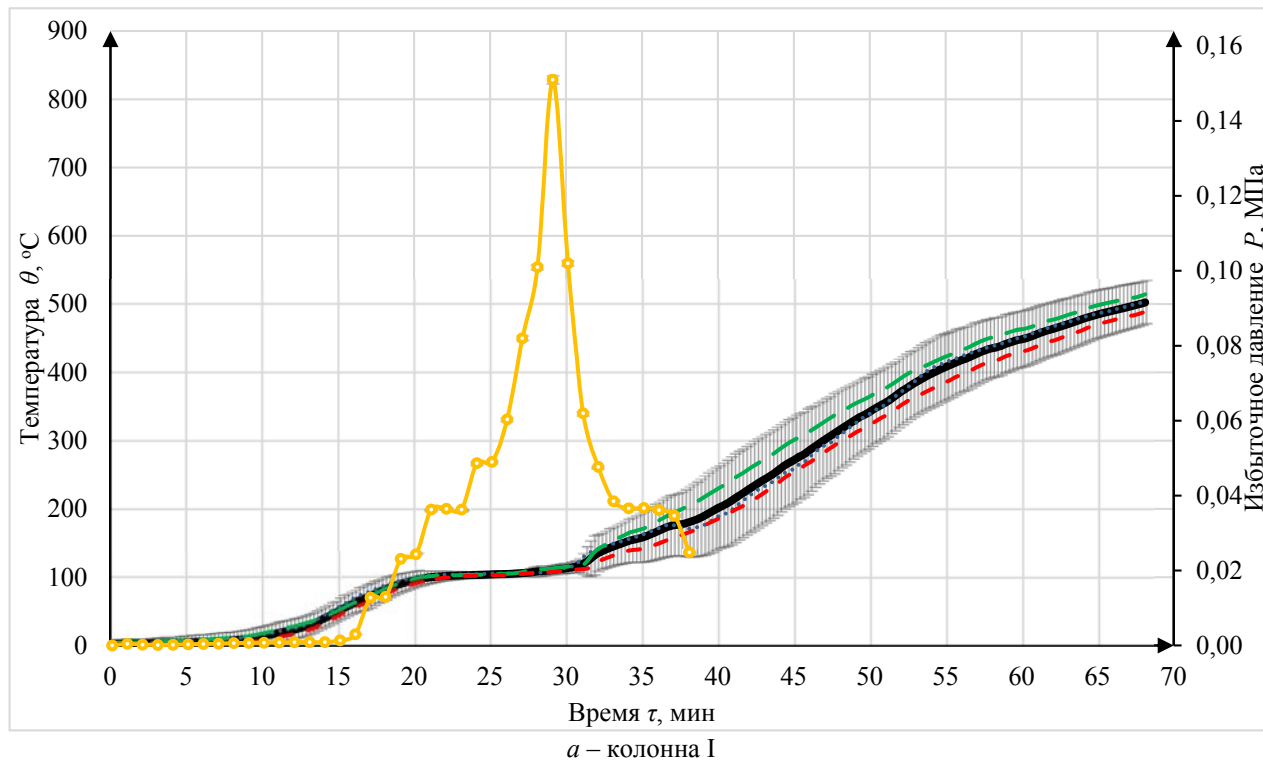


Рисунок 11. – Температура и избыточное давление газовой среды в полости колонн

Температура газовой среды в полости колонны I в момент окончания эксперимента составила  $(489...514) \pm 4$  °С, колонны II – и  $(728...872) \pm 6$  °С.

Изменение избыточного давления в полостях колонн имеет схожий вид, однако его нарастание в колонне I имеет некоторое запоздание по отношению к колонне II (рис. 11). Начало роста избыточного давления в полостях зафиксировано с разницей более 10 мин, однако его рост свыше 0,01 МПа начинается с интервалом в 5 мин (в колонне I – спустя 18 мин от начала испытаний, в колонне II – спустя 13 мин), когда температура в полости составляет 55–85 °С, и наблюдается в течение 9–10 мин. Пики роста в обеих колоннах характеризуются примерно одинаковыми значениями, равными 0,15–0,16 МПа. Данные значения в полости колонны I наблюдаются на 28–29 мин от начала испытаний, колонны II – на 20–22 мин. Когда все сечение колонн прогревается свыше температур 125–140 °С, а температура газовой среды в полости составляет примерно 110–120 °С, избыточное давление газовой среды в полости стравливается. Это становится возможным благодаря возникновению трещин в наружных и средних слоях колонн и наличию радиальных канальцев во внутренней части сечения колонн. Прогрев сечения колонн способствует повышению газопроницаемости бетона. Вместе с тем достигнутые значения в пиках давления в полостях колонн малы по сравнению с прочностью бетона и арматуры на растяжение, что, вероятно, не сказалось на потере колоннами несущей способности.

В момент разрушения колонны II наблюдалась вспышка, сопровождающаяся характерным хлопком, за которой моментально последовал выброс пламени из проемов фрагмента. В начальный момент это объясняется выбросом остатка избыточного давления из полости данной конструкции, а в последующем – падением плиты, которая в ходе вертикального перемещения «выдавливала» пламя через отверстия фрагмента.

При рассмотрении фрагмента после испытаний было видно, что от колонн сохранились части, примыкающие к монолитным шпонкам, заглубленные в фундамент, а также находящиеся вблизи него. Сохранившаяся верхняя часть колонн, обращенная к центру фрагмента, имела отслоения защитного слоя бетона. При этом в колонне II характер такого разрушения был более заметен. Вблизи стыка колонн с плитой наблюдалось частичное и полное отслоение бетона в плите. На поверхности сохранившихся верхних частей колонн были заметны следы потеков цементного молока. Бетонное сечение имело развитую сеть трещин. Механическими усилиями можно было легко вызвать отслаивание заполнителя от цементного камня. После остывания поверхность колонн сохранила бледно-серый с желтоватым оттенком цвет (рис. 12).



*a* – вид колонны I со стороны заднего фасада (вид В)    *б* – вид колонны I с торцевой стороны (вид Б)

**Рисунок 12. – Состояние колонн после окончания испытаний**





в – вид колонны II со стороны заднего фасада (вид В)      г – вид колонны II с торцевой стороны (вид Г)

**Рисунок 12. – Состояние колонн после окончания испытаний**

Учитывая, что колонна I разрушилась следом за разрушением колонны II, эквивалентные температурные режимы, действовавшие на колонны, и принятый стандартный ряд цифровых показателей в обозначении предела огнестойкости<sup>14</sup>, считаем, что фактический предел огнестойкости опытных колонн составил R60.

### **Заключение**

В результате проведенных исследований:

1. Разработана методика проведения натуральных огневых испытаний центрифугированных железобетонных колонн кольцевого сечения в составе фрагмента каркасного здания. Определена и оптимизирована для проведения данных испытаний конструкция колонн.

2. Изучено поведение и зафиксированы параметры центрифугированных железобетонных колонн кольцевого сечения при пожаре. Разрушение колонн происходит в центральной части. Ему предшествует образование магистральных трещин, направленных под углом 75–80° к продольной оси данных конструкций, и нарастание деформаций изгиба.

3. Получены экспериментальные данные прогрева сечения двух центрифугированных железобетонных колонн кольцевого сечения, включая температуры арматуры, бетона на их внутренней поверхности, в том числе в месте узла соединения с плитой (монолитной железобетонной шпонки), газовой среды в их полости. Разрушение колонн произошло спустя 68,25 мин от начала испытаний, когда: температура арматурных стержней в одной из колонн достигла значений  $(516...531) \pm 4$  °С, в другой –  $(854...917) \pm 6$  °С; температура на внутренней поверхности бетона одной из колонн составила  $(500...537) \pm 4$  °С, другой –  $(746...915) \pm 6$  °С, в том числе в месте узла соединения (монолитной железобетонной шпонки) –  $(208...378) \pm 2$  °С и  $(386...706) \pm 4$  °С соответственно; температура газовой среды в полости колонн составила  $(489...514) \pm 4$  °С и  $(728...872) \pm 6$  °С соответственно.

4. Получены экспериментальные данные изменения избыточного давления газовой среды в полости данных колонн. Его максимальные значения составляют 0,15–0,16 МПа, когда все сечение колонн прогревается свыше температур 125–140 °С, а температура газовой среды в полости составляет примерно 110–120 °С, что, вероятно, не сказывается на потере колоннами несущей способности при пожаре.

5. Выявлено, что стенки центрифугированных железобетонных колонн со свободной воздушной полостью имеют более высокую скорость прогрева, чем стенки с монолитной шпонкой в полости.

6. Фактический предел огнестойкости испытанных центрифугированных железобетонных колонн составил R60. Взрывообразное разрушение бетона колонн в процессе испытаний не было зафиксировано.

<sup>14</sup> См. сноску 5.

Полученные данные позволят определить теплофизические характеристики центрифугированного бетона и разработать расчетную модель огнестойкости центрифугированных железобетонных колонн кольцевого сечения.

Авторы выражают огромную благодарность за помощь в организации и проведении испытаний Т.М. Пецольду, В.А. Кудряшову, С.М. Жамойдику, М.М. Журову, И.Ю. Кураченко, Н.М. Олесиюку, Л.А. Крееру, Д.С. Игнатовичу, А.А. Дробышу, С.Г. Короткевичу, А.О. Лихоманову, А.Е. Лупандину.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Нажуев, М.П. Анализ зарубежного опыта развития технологии виброцентрифугированных строительных конструкций и изделий из бетона [Электронный ресурс] / М.П. Нажуев [и др.] // Вестник евразийской науки. – 2018. – Т. 10, № 3. – Режим доступа: <https://esj.today/PDF/58SAVN318.pdf>. – Дата доступа: 10.04.2020.
2. Пастушков, В.Г. Опыт применения центрифугированных линейных элементов с поперечными сечениями различного профиля при строительстве многоэтажных зданий / В.Г. Пастушков, Г.П. Пастушков // Архитектура и строительные науки. – 2014. – Т. 18, 19, № 1, 2. – С. 36–38.
3. 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.
4. Barnas, A. Entwicklung hochbewehrter Schleuderbetonstützen – Brandverhalten und Bemessungssoftware / A. Barnas, G. Rinnhofner // Zement+Beton. – 2004. – S. 16–21.
5. Шубин, А.А. Формула индустриализации строительства: высокая скорость + низкая себестоимость = УДС / А.А. Шубин // Технологии бетонов. – 2013. – № 9. – С. 32–35.
6. Antonova, A. Framing Systems in Residential Construction / A. Antonova, M. Molodtsova, V. Molodtsova // Procedia Engineering. – 2016. – No. 150. – Pp. 2138–2145. DOI: 10.1016/j.proeng.2016.07.254.
7. Абрамян, С.Г. Сборные и сборно-монолитные каркасные системы высотных зданий с плоскими плитами перекрытия [Электронный ресурс] / С.Г. Абрамян, Д.В. Гнатюк // Интернет-журнал «Наукovedение». – 2017. – Т. 9, № 1. – Режим доступа: <http://naukovedenie.ru/PDF/83TVN117.pdf>. – Дата доступа: 10.04.2020.
8. Свинцов, А.П. Безбалочные железобетонные перекрытия: особенности конструкции и технологии возведения / А.П. Свинцов [и др.] // Строительная механика инженерных конструкций и сооружений. – 2009. – № 2. – С. 74–80.
9. Исследования температуры газовой среды при проведении натуральных огневых испытаний строительных конструкций / Д.С. Нехань [и др.] // Вестник Университета гражданской защиты МЧС Беларуси. – 2020. – Т. 4, № 2. – С. 130–141. DOI: 10.33408/2519-237X.2020.4-2.130.

**Результаты натуральных огневых испытаний центрифугированных  
железобетонных колонн кольцевого сечения**  
**Results of full-scale fire test of spun reinforced concrete columns of annular section**

***Полехода 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  
e-mail: ip@ucp.by  
ORCID: 0000-0003-2469-3553

***Ivan I. Polevoda***

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: ul. Mashinostroiteley, 25,  
220118, Minsk, Belarus  
e-mail: ip@ucp.by  
ORCID: 0000-0003-2469-3553

***Нехань Денис Сергеевич***

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

Адрес: ул. Машиностроителей, 25,  
220118, г. Минск, Беларусь  
e-mail: denis\_nechany@mail.ru  
ORCID: 0000-0001-7838-4663

***Denis S. Nekhan'***

State Educational Establishment «University  
of Civil Protection of the Ministry for Emergency  
Situations of the Republic of Belarus»,  
Faculty of Postgraduate Scientific Education,  
Adjunct

Address: ul. Mashinostroiteley, 25,  
220118, Minsk, Belarus  
e-mail: denis\_nechany@mail.ru  
ORCID: 0000-0001-7838-4663

DOI: <https://doi.org/10.33408/2519-237X.2020.4-2.142>

## RESULTS OF FULL-SCALE FIRE TEST OF SPUN REINFORCED CONCRETE COLUMNS OF ANNULAR SECTION

Polevoda I.I., Nekhan' D.S.

*Purpose.* To evaluate the fire resistance of spun reinforced concrete columns of annular section under joint temperature and power load through full-scale experimental studies.

*Methods.* Conducting full-scale fire tests of columns as a part of a fragment of a framed building. Visual observation of the behavior of the columns during the fire test. Temperature measurement of fire gaseous medium, reinforcement, concrete on the inner surface of columns, including in the place of the connection node with monolithic overlap. The measurement of the temperature and excess pressure of the gaseous medium in the hollow of the columns.

*Findings.* Experimental dependences of changes in temperature of reinforcement and concrete on the inner surface of columns, including at the site of the node connection with monolithic overlap were obtained. The behavior of temperature and excess pressure change in the hollow of the columns is obtained. It was revealed that walls of spun reinforced concrete columns with free air hollow have higher rate of heating than the walls with monolithic concrete coter in the hollow. The significant effect of increasing pressure of the gaseous medium in the hollow of the columns on their bearing capacity is not fixed. Explosive destruction of concrete of the columns during the fire tests is not fixed. The destruction of one of the columns during the fire tests occurred in the middle part of the height after the formation of main cracks, directed at an angle of 75–80° to the longitudinal axis of the construction, and increasing of bending deformation. The factual fire resistance limit of the experimental spun reinforced concrete columns of annular section with an eccentric applied load of 18.25 t was R60.

*Application field of research.* The results of the study can be used to determine the thermophysical characteristics of spun concrete and to develop calculation model of fire resistance of spun reinforced concrete columns of annular section.

*Keywords:* full-scale fire tests, spun reinforced column, fire resistance, fire resistance limit, temperature-time curve of fire, construction heating, fragment of building, framed structural diagram of building, gas medium pressure.

(The date of submitting: April 30, 2020)

### REFERENCES

1. Nazhnev M.P., Yanovskaya A.V., Kholodnyak M.G., Stel'makh S.A., Shcherban' E.M., Osadchenko S.A. Analiz zarubezhnogo opyta razvitiya tekhnologii vibrotsentrifugirovannykh stroitel'nykh konstruktsey i izdeliy iz betona [Analysis of foreign experience in the development of technology of vibration-centrifuged building structures and products from concrete]. *The Eurasian Scientific Journal*, [online], 2018. Vol. 10. No. 3, available at: <https://esj.today/PDF/58SAVN318.pdf> (accessed: April 10, 2020). (rus)
2. Pastushkov V.G., Pastushkov G.P. Opyt primeneniya tsentrifugirovannykh lineynykh elementov s poperechnymi secheniyami razlichnogo profilya pri stroitel'stve mnogoetazhnykh zdaniy [The experience of using spun linear elements with cross sections of various profiles in the construction of multi-storey buildings]. *Arkhitektura i stroitel'nye nauki*, 2014. Vol.18, 19, No. 1, 2. Pp. 36–38. (rus)
3. Nekhan' D.S., Zhamoydik S.M., Polevoda I.I. Modelirovanie progreva tsentrifugirovannoy zhelezobetonnay kolonny s uchetom 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.
4. Barnas A., Rinnhofer G. Entwicklung hochbewehrter Schleuderbetonstützen – Brandverhalten und Bemessungssoftware [Development of highly reinforced spun concrete columns – fire behavior and design software]. *Zement+Betton*, 2004. Pp. 16–21. (deu)
5. Shubin A.A. Formula industrializatsii stroitel'stva: vysokaya skorost' + nizkaya sebestoimost' = UDS [The formula for the industrialization of construction: high speed + low cost = UHS]. *Tekhnologii betonov*, 2013. No. 9. Pp. 32–35. (rus)



6. Antonova A., Molodtsova M., Molodtsova V. Framing Systems in Residential Construction. *Procedia Engineering*, 2016. No. 150. Pp. 2138-2145. DOI: 10.1016/j.proeng.2016.07.254.
7. Abramyan S.G., Gnatyuk D.V. Sbornye i sborno-monolitnye karkasnye sistemy vysotnykh zdaniy s ploskimi plitami perekrytiya [Precast and cast-in-situ frame systems of high-rise buildings with flat slabs]. *Internet journal «Naukovedenie»*, 2017. Vol. 9, No. 1, available at: <http://naukovedenie.ru/PDF/83TVN117.pdf> (accessed: April 10, 2020). (rus)
8. Svintsov A.P., Malov A.N., Nikolenko Yu.V., Ganin A.A. Bezbalochnye zhelezobetonnye perekrytiya: osobennosti konstruksii i tekhnologii vozvedeniya [Beam-free reinforced concrete floors: design features and construction technologies]. *Structural Mechanics of Engineering Constructions and Buildings*, 2009. No. 2. Pp. 74–80. (rus)
9. Nekhan' D.S., Kurachenko I.Yu., Olesiyuk N.M., Kreer L.A. Issledovaniya temperatury gazovoy sredy pri provedenii naturnykh ognevykh ispytaniy stroitel'nykh konstruksiy [Temperature studies of the gaseous medium during full-scale fire tests of building constructions]. *Journal of Civil Protection*, 2020. Vol. 4, No. 2. Pp. 130–141. (rus). DOI: 10.33408/2519-237X.2020.4-2.130.

DOI: <https://doi.org/10.33408/2519-237X.2020.4-2.160>

УДК 641.841.332:542.424

## **ОЦЕНКА ОГНЕСТОЙКОСТИ КАРКАСНО-ОБШИВНЫХ ПЕРЕГОРОДОК С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК, ПОЛУЧЕННЫХ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНО-РАСЧЕТНЫМ СПОСОБОМ В КАМЕРНОЙ ЭЛЕКТРОПЕЧИ**

**Ботян С.С.**

*Цель.* На основе экспериментальных исследований и теоретических данных разработать методику оценки огнестойкости широкого класса перегородок на стальном каркасе с применением обшивных листов из цементно-армированных плит и заполнением минераловатным утеплителем с использованием теплофизических характеристик, полученных экспериментально-расчетным способом в камерной электропечи.

*Методы.* Используются методы конечных элементов, параметрической оптимизации, экспериментальные исследования.

*Результаты.* Разработана методика и проведены экспериментальные исследования по прогреву строительных материалов в стационарном и нестационарном тепловых режимах. Определены теплофизические характеристики цементно-армированной и минераловатных плит при повышенных температурах для решения задач огнестойкости. Выполнены экспериментальные исследования по оценке огнестойкости фрагмента конструкции каркасной перегородки с применением обшивных листов из цементных армированных плит. Разработана расчетная конечно-элементная модель с учетом теплофизических характеристик составляющих материалов и получены зависимости прогрева широкого класса перегородок. Разработана инженерная методика оценки огнестойкости ненесущих перегородок с учетом переменной высоты поперечного сечения стоечного профиля, толщины и плотности внутреннего заполнителя.

*Область применения исследований.* Полученные результаты могут быть использованы при разработке огнестойких решений конструктивных элементов зданий, а также для оценки предела огнестойкости каркасных перегородок при проектировании и строительстве зданий и сооружений.

*Ключевые слова:* перегородка, огнестойкость, теплофизические характеристики, экспериментальные исследования, расчетная модель, метод конечных элементов, параметрическая оптимизация, стандартный температурный режим.

(Поступила в редакцию 30 апреля 2020 г.)

### **Введение**

В настоящее время для внутреннего деления зданий широко используются ненесущие каркасно-обшивные перегородки (далее – перегородки) с применением листовых материалов и внутреннего заполнителя на деревянном либо стальном каркасе. Рассматриваемый вид перегородок имеет ряд преимуществ по таким показателям, как технологичность монтажа, масса, теплозвукоизоляция в сравнении с перегородками, выполненными из каменных материалов и (или) бетона. Такие конструкции часто должны соответствовать требованиям, предъявляемым к противопожарным преградам для выделения пожарных секций, помещений с различной взрывопожарной и пожарной опасностью и конструкциям с нормируемым пределом огнестойкости для выделения общих путей эвакуации. Суть указанных требований выражается в способности перегородок сохранять ограждающую способность в условиях пожара и не допускать его распространения в соседние помещения. Ограждающая способность при огневом воздействии считается исчерпанной при прогреве обратной стороны конструкции до температур воспламенения материалов отделки и интерьера соседних помещений (теплоизолирующая способность) и (или) при образовании трещин и (или) сквозных отверстий, через которые могут проникать продукты горения в соседние помещения (целостность).

**Состояние проблемы на современном этапе.** Каркасные перегородки с применением листовых материалов представляют собой многослойную сочлененную конструкцию на деревянном либо металлическом<sup>1</sup> каркасе, включающую помимо каркаса облицовку с двух сторон обшивными листами и внутренний наполнитель (рис. 1).

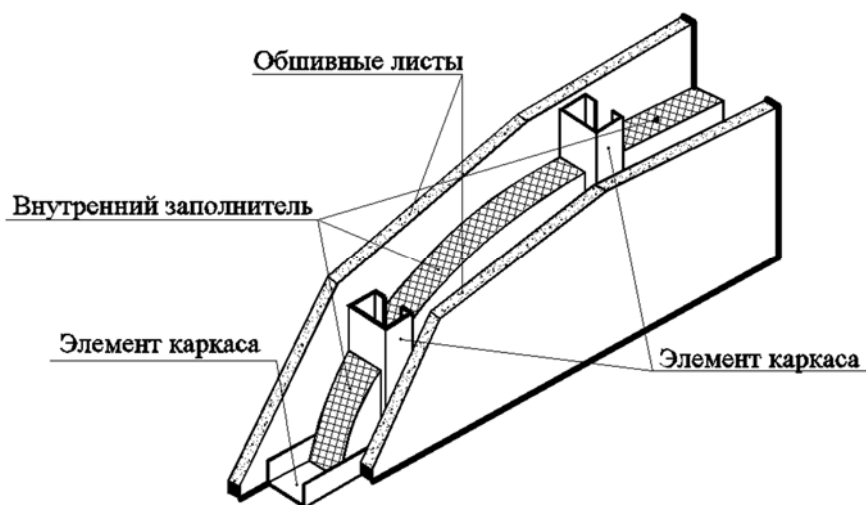


Рисунок 1. – Схема устройства каркасно-обшивной перегородки

Тип обшивных листов играет немаловажную роль в огнестойкости каркасных перегородок, поскольку одна из сторон подвергается непосредственно огневому воздействию, от чего зависит динамика прогрева составных элементов и перегородки в целом, как следствие, достижению предельных состояний по огнестойкости. В качестве обшивных листов в перегородках широко применяются обшивные листы на гипсовом и цементном вяжущем, одно- либо многослойные.

В отличие от плит на цементном вяжущем огнестойкость перегородок, выполненных с применением гипсовых плит, достаточно широко изучена<sup>2</sup>. Особенность поведения гипсовых плит при огневом воздействии заключается в способности сдерживать температуру на уровне 100 °С в течение 10...20 мин в зависимости от толщины. Это обусловлено содержанием физически и химически связанной воды в составе гипса и существенно повышает огнестойкость. Однако после дегидратации воды гипсовые плиты быстро теряют прочность и целостность, а торцующий картон прогорает, что способствует в дальнейшем ускоренному прогреву конструкции. Плиты на цементном вяжущем в сочетании с армированием стеклотекстурой не способны длительно удерживать температуру на уровне 100 °С, но более устойчивы к растрескиванию и разрушению после дегидратации [1; 2].

Указанные отличия не позволяют в полной мере использовать данные об огнестойкости перегородок с облицовкой на гипсовом вяжущем для конструкций с применением цементно-армированных плит без проведения соответствующих исследований. При этом поведение каркаса и внутреннего наполнителя при схожих температурах предполагается идентичным.

Известно, что огнестойкость перегородок на деревянном каркасе, как правило, выше, чем на металлическом. Деревянный каркас перегородок в отличие от металлического горючий и начинает обугливаться при температуре 300 °С со скоростью 0,6...0,8 м/мин<sup>2,3</sup>.

<sup>1</sup> Далее по тексту под понятием «металлический каркас» следует понимать стальной каркас с цинковым антикоррозионным покрытием.

<sup>2</sup> Строительные конструкции. Порядок расчета пределов огнестойкости. – Взамен П1-02 к СНБ 2.02.01-98: ТКП 45-2.02-110-2008 (02250). – Введ. 12.06.08. – Минск: РУП «Стройтехнорм», 2008. – 126 с.

<sup>3</sup> ТКП EN 1995-1-2-2009 Еврокод 5. Проектирование деревянных конструкций. Часть 1-2. Общие правила определения огнестойкости [Электронный ресурс] // Полнотекстовая информационно-поисковая система «СтройДОКУМЕНТ». – Режим доступа: <https://normy.by/ips.php>. – Дата доступа: 01.04.2020.

В качестве металлического каркаса, как правило, используют тонкостенные П-образные профили, для которых характерна деформация поперечных сечений в условиях неравномерного нагрева и теплового расширения при температуре, превышающей 350 °С. Кроме того, стальной профиль является своеобразным тепловым мостом в силу высокой теплопроводности стали, что приводит к неравномерному прогреву конструкции.

В качестве внутреннего заполнителя, как правило, используют минераловатные плиты на основе каменных пород и стекловаты. При этом минеральная вата, полученная на основе каменных (базальтовых) пород, является более устойчивой к высоким температурам по сравнению со стекловатой [2; 3]. Более плотные сорта минеральной ваты, как правило, хуже проводят тепло при высоких температурах и являются более огнестойкими по сравнению с менее плотными [4].

Известна также расчетная методика оценки огнестойкости для перегородок с применением гипсовых и древесных облицовок (плит) на деревянном каркасе<sup>3</sup>. Суть расчетной методики заключается в определении огнестойкости перегородки как суммы вкладов каждого слоя в зависимости от их расположения относительно пожара, времени деструкции, а также конструктивного исполнения стыков. Ограждающая способность при огневом воздействии конструкции определяется по формуле:

$$t_{ins} = \sum t_{ins,0,i} k_{pos} k_j, \quad (1)$$

где  $t_{ins,0,i}$  – основное значение  $i$ -го слоя изоляции, мин;  $k_{pos}$  – коэффициент расположения обшивок;  $k_j$  – коэффициент соединения стыков.

Как правило, вклад каждого слоя в огнестойкость цельной конструкции определяется функцией его температуры. Однако теплофизические характеристики материалов, используемые в уравнениях аналитической теории теплопроводности, как правило, определены в условиях нормальных температур либо не выше 100...200 °С, не учитывают физико-химические превращения (фазовые переходы, пиролиз, деструкцию, спекание и т. п.) поэтому могут вносить значительные погрешности при оценке температуры и в целом огнестойкости. Это обуславливает необходимость экспериментальной оценки теплофизических характеристик материалов облицовки и заполнителя в условиях, соответствующих температурам и динамике стандартного пожара [5].

Таким образом, для оценки огнестойкости широкого класса перегородок с обшивными листами на цементном вяжущем необходимо провести экспериментальные исследования перегородки в целом (для наиболее уязвимых перегородок с использованием металлического каркаса) и материалов облицовки (заполнителя) в частности, разработать расчетную модель на уровне моделирования теплопроводности с учетом теплофизических характеристик составляющих материалов и разработать инженерную методику с учетом вклада каждого слоя в огнестойкость цельной конструкции.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Разработать методику и выполнить экспериментальные исследования в камерной электропечи для оценки теплофизических характеристик цементно-армированных и минераловатных плит с использованием конечно-элементного анализа и параметрической оптимизации.

2. Дополнить методику<sup>4</sup> экспериментальной оценки огнестойкости несущих перегородок схемой регистрации температуры по толщине перегородки и выполнить экспериментальные исследования огнестойкости фрагмента перегородки.

3. Разработать расчетную модель на уровне моделирования теплопроводности с учетом теплофизических характеристик составляющих материалов и получить зависимости

<sup>3</sup> ГОСТ 30247.1-94 Конструкции строительные. Методы испытаний на огнестойкость. Несущие и ограждающие конструкции [Электронный ресурс] // Полнотекстовая информационно-поисковая система «СтройДОКУМЕНТ». – Режим доступа: <https://normy.by/ips.php>. – Дата доступа: 19.11.2018.

прогрева (и соответственно, огнестойкости) широкого класса перегородок с фиксированной толщиной облицовки цементно-армированными плитами, переменной высотой поперечного сечения стоечного профиля, толщиной и плотностью внутреннего заполнителя.

4. Разработать инженерную методику оценки огнестойкости ненесущих перегородок с облицовкой цементно-армированными плитами с учетом переменных параметров основной расчетной модели.

### Основная часть

**Задача 1.** Для проведения экспериментальных исследований по прогреву строительных материалов использована лабораторная муфельная электропечь ЭКПС-10/1300 с открытыми нагревательными элементами, позволяющая создавать тепловой режим в диапазоне температур от 20 до 1300 °С. Описание образцов, методика выполнения экспериментальных исследований подробно изложены в работе [5]. В ходе выполнения исследований регистрировали температуру на обогреваемой и необогреваемой стороне образца, внутри печи, а также на наружной стороне теплоизоляции дверцы печи. Экспериментальные исследования по прогреву образцов проводили в два этапа:

1) в стационарном тепловом режиме при температурах 275, 550, 770 и 1150 °С – для исследования плотности и коэффициента теплопроводности материала;

2) нестационарном тепловом режиме при температурах от 20 до 1000 °С – для исследования удельной теплоемкости материала.

В таблицах 1, 2 представлены результаты экспериментальных исследований по прогреву образцов в условиях стационарного теплового режима. Исследования проводили для двух образцов материала в стационарном (для каждого режима) и нестационарном условиях нагрева.

**Таблица 1. – Результаты экспериментальных исследований по прогреву образцов в условиях стационарного теплового режима**

Температура в печи в условиях стационарного теплового режима, °С	Температура на необогреваемой поверхности (прогрева) образца, °С			
	Цементно-армированная плита АКВАПАНЕЛЬ плотностью 1100 кг/м <sup>3</sup> и толщиной 12,5 мм	Минераловатная плита Техноруф ПРОФ плотностью 160 кг/м <sup>3</sup> и толщиной 25 мм	Минераловатная плита ROCKWOLL типа ЛАЙТ БАТТС плотностью 37 кг/м <sup>3</sup> и толщиной 25 мм	Теплоизоляция дверцы печи из мулитокремнеземистого огнеупорного рулонного волокна толщиной 135 мм
275 ± 7	234 ± 13	212 ± 11	219 ± 13	30 ± 5
550 ± 6	503 ± 19	468 ± 13	481 ± 13	38 ± 5
770 ± 8	699 ± 20	682 ± 15	701 ± 14	47 ± 5
1150 ± 11	1105 ± 21	1150 ± 20	1150 ± 15	102 ± 5

Примечание. Указан доверительный интервал в °С для прямых измерений температуры<sup>5</sup>.

**Таблица 2. – Результаты изменения плотности образцов в условиях стационарного теплового режима**

Температура в печи в условиях стационарного теплового режима, °С	Плотность образца (по отношению к начальной), %		
	Цементно-армированная плита АКВАПАНЕЛЬ плотностью 1100 кг/м <sup>3</sup> и толщиной 12,5 мм	Минераловатная плита Техноруф ПРОФ плотностью 160 кг/м <sup>3</sup> и толщиной 25 мм	Минераловатная плита ROCKWOLL типа ЛАЙТ БАТТС плотностью 37 кг/м <sup>3</sup> и толщиной 25 мм
275 ± 7	96,7 ± 0,2	96,4 ± 0,8	98,1 ± 3,7
550 ± 6	93,7 ± 0,2	93,1 ± 0,9	95,4 ± 3,8
770 ± 8	88,1 ± 0,3	92,4 ± 1,0	93,6 ± 4,1
1150 ± 11	77,2 ± 0,3	84,2 ± 1,2	85,1 ± 4,8

Примечание. Указан доверительный интервал в % для косвенных измерений при расчете плотности.

<sup>5</sup> ГОСТ 8.207-76. Прямые измерения с многократными наблюдениями. Методы обработки результатов измерений. – Введ. 01.01.77. – М.: Издательство стандартов, 2001. – 7 с.

Результаты изменения температуры греющей среды  $T_n$  в камере печи, температуры на обогреваемой и необогреваемых сторонах образцов испытаний цементно-армированных и минераловатных плит при нестационарных условиях теплообмена представлены на рисунке 2.

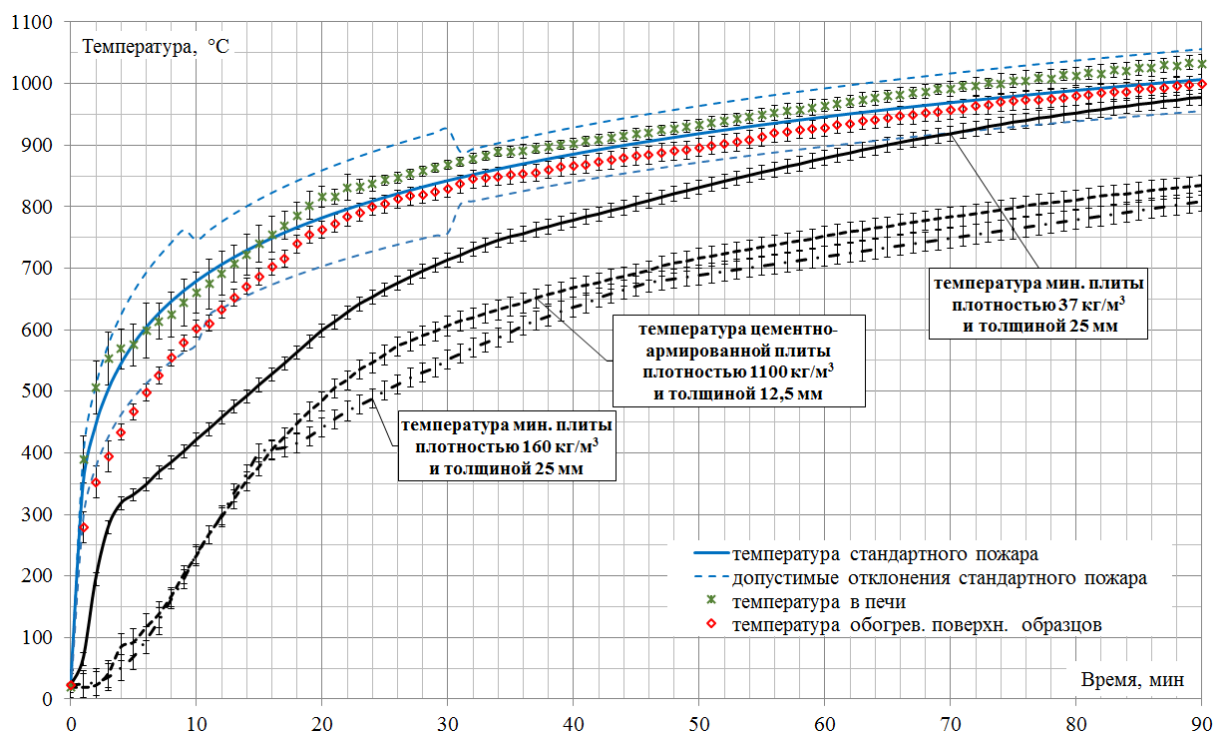


Рисунок 2. – График изменения температуры образцов при проведении экспериментальных исследований в нестационарных условиях

Из рисунка 2 следует, что динамика температуры в камерной печи соответствует стандартному температурному режиму пожара с учетом допустимых отклонений. Линии температуры со стороны необогреваемой поверхности образцов характеризуются точками излома (в области 100 °C для образцов цементно-армированных плит; 300 и 400 °C для минераловатных плит) что объясняется физико-химическими превращениями (для цементно-армированных плит – испарением структурно-связанной воды, для минераловатных плит – выгоранием органических связующих). Полученные экспериментальные данные по прогреву материалов используются в расчетной конечно-элементной модели при определении теплофизических характеристик.

Для определения зависимостей коэффициента теплопроводности и удельной теплоемкости от температуры разработаны компьютерные расчетные модели в системе конечно-элементного анализа ANSYS/Thermal<sup>6</sup>, с применением метода параметрической оптимизации относительно искомого теплофизического параметра (коэффициента теплопроводности либо удельной теплоемкости). Описание расчетной модели с указанием начальных и граничных условий подробно описаны в работе [5].

В качестве входных параметров для стационарного теплообмена принимали коэффициент теплопроводности, для нестационарного – удельную теплоемкость. В качестве переменных состояний в модели параметризации использованы результаты экспериментальных исследований – значения температуры необогреваемой поверхности (согласно измеряемым точкам) образца в заданный момент времени.

Зависимости коэффициента теплопроводности и удельной теплоемкости от температуры для исследуемых образцов представлены на рисунке 3.

<sup>6</sup> ANSYS DesignXplorer User's Guide, Release 2020 R1, January 2020.

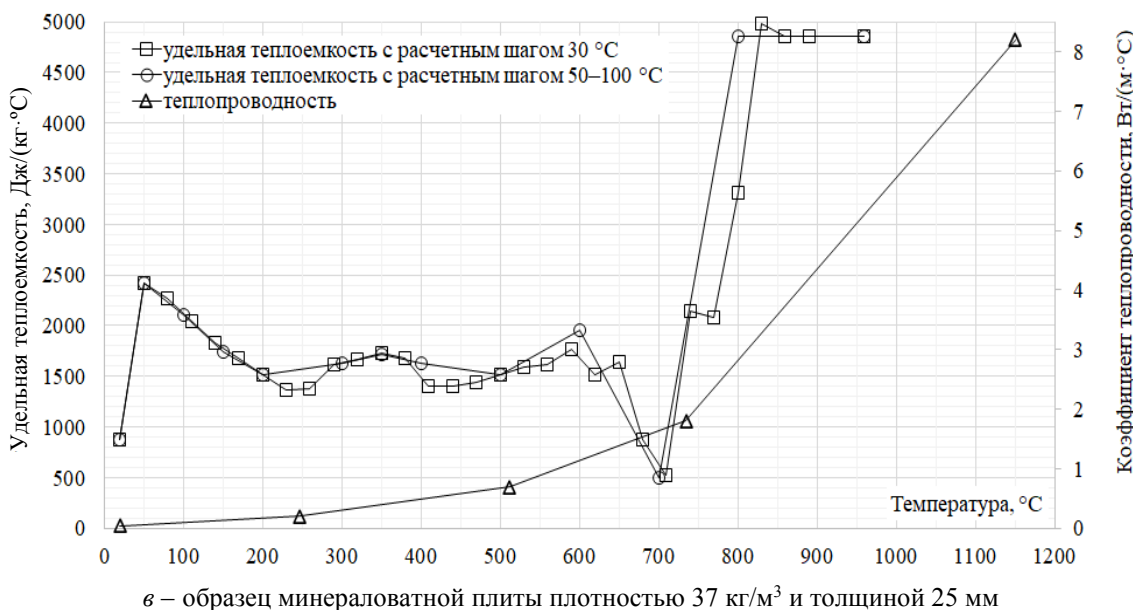
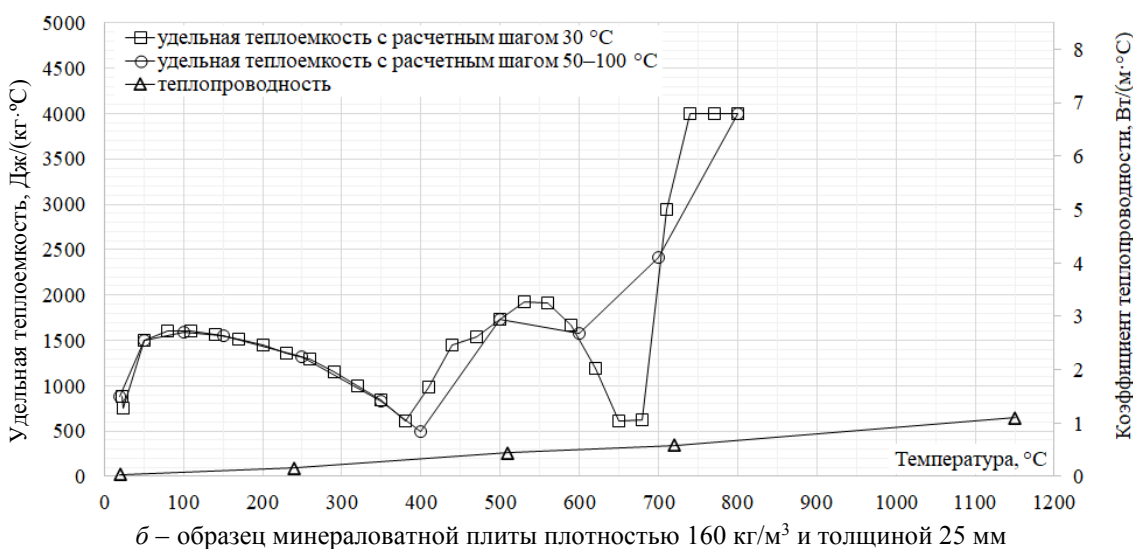
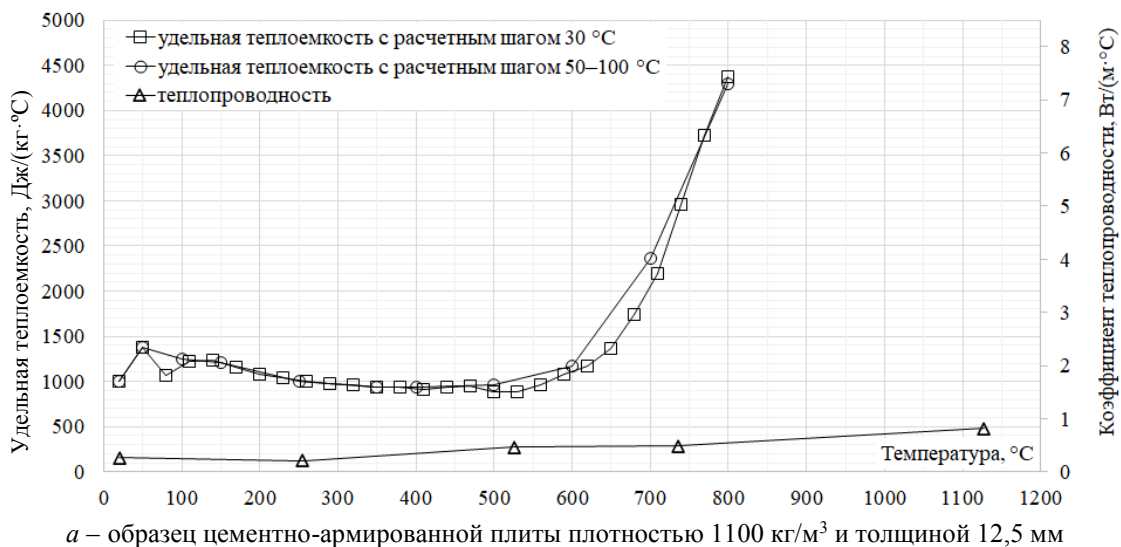


Рисунок 3. – Зависимости коэффициента теплопроводности и удельной теплоемкости от температуры для исследуемых образцов



250 °С с последующим ростом значения с изменением угла наклона кривых. Изменение теплопроводности для минераловатных плит плотностью 160 кг/м<sup>3</sup> (рис. 3б) имеет линейный характер, для минераловатных плит плотностью 37 кг/м<sup>3</sup> (рис. 3в) – экспоненциальный рост.

Зависимости удельной теплоемкости характеризуются скачкообразным изменением, что связано с физико-химическими превращениями в материалах, некоторые видны на перегибах кривых прогрева материалов (рис. 2), а также дифференциального термического анализа [2; 3; 6; 7]. Для уточнения тепловых пиков в модели параметрической оптимизации удельная теплоемкость определялась для двух целевых функций с шагом 30 °С для первой и шагом, принимающим значение 50 °С на участке с пиками и 100 °С на участке без них, для второй. Из графиков следует, что при уменьшении расчетного шага увеличивается количество пиков, но в целом графики характеризуются схожей интегральной кривой.

**Задача 2.** Экспериментальные исследования по оценке огнестойкости перегородок выполняются в соответствии с методикой в странах СНГ<sup>7</sup>, в странах Европейского союза<sup>8</sup>. В ходе проведения испытаний образец перегородки (размером 3000×3000 мм, обусловленным габаритами печи), смонтированный в вертикальную огневую печь, подвергается воздействию стандартного температурного режима<sup>9</sup>. В процессе опыта регистрируется температура в огневой камере печи и на необогреваемой поверхности перегородки, время появления и характер трещин, отверстий и отслоений.

С целью более детального изучения прогрева и поведения конструкции при огневом воздействии методика<sup>7</sup> проведения экспериментальных исследований была дополнена схемой расстановки термоэлектрических преобразователей (с указанием мест расположения дополнительных термоэлектрических преобразователей по толщине перегородки) (табл. 3).

**Таблица 3. – Места установки термоэлектрических преобразователей**

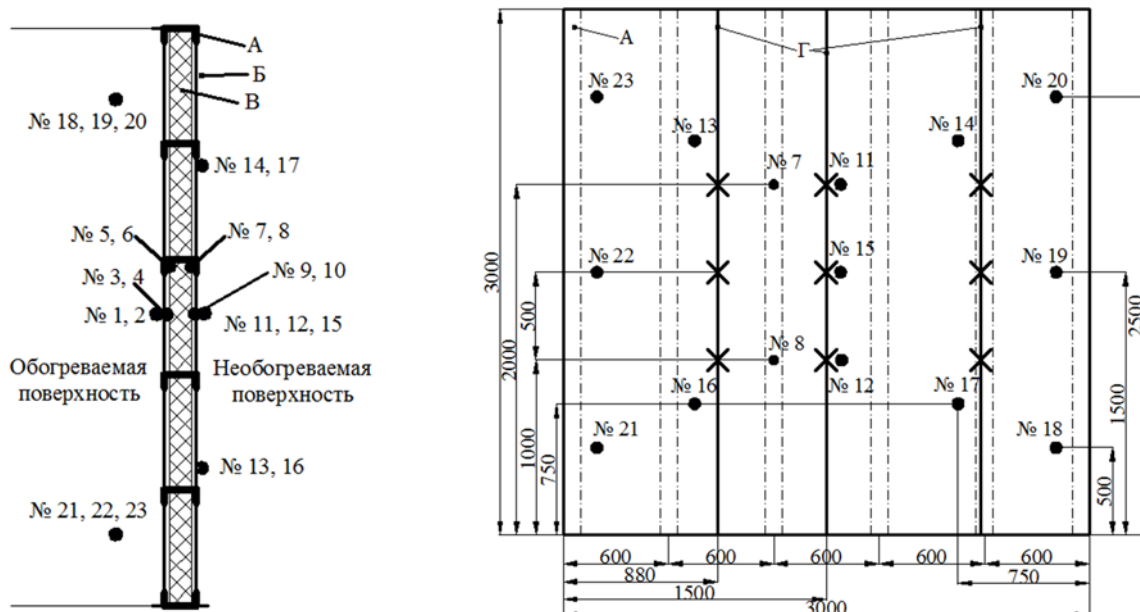
№	Место установки преобразователя	Номер термоэлектрического преобразователя (рис. 4)
1	В огневой печи	18–23
2	На обшивном листе (со стороны обогреваемой поверхности)	1, 2
3	За обшивным листом (со стороны обогреваемой поверхности)	3, 4
4	На внутренних поверхностях полок стоечного профиля	5–8
5	За обшивным листом (со стороны необогреваемой поверхности)	9, 10
6	На необогреваемой поверхности перегородки	11–17

В качестве исследуемой конструкции принят фрагмент каркасно-обшивной перегородки размером 3000×3000×100 мм (испытания проведены для двух однотипных образцов). Каркас перегородки выполнен из стоечного профиля ПС 75×50×0,6 с шагом 600 мм, элементы соединены методом «просечки с отгибом» (рис. 5а). Внутренние полости конструкции заполнены минераловатными плитами толщиной 50 мм и плотностью 37 кг/м<sup>3</sup> (ROCKWOLL типа ЛАЙТ БАТТС) (рис. 5б). Каркас перегородки с двух сторон обшивается цементными армированными плитами толщиной 12,5 мм, с помощью винтов самонарезающих размером 4,2×25 мм с шагом 250 мм (рис. 5в). Стыки листов цементных армированных плит расположены вразбежку, торцы между плитами проклеены клеем для швов (тип Joint Adhesive PU) и дополнительно зашпатлеваны цементной штукатурно-клеевой смесью (тип «Севенер»). Подробное описание фрагмента образца, методики выполнения экспериментальных исследований изложены в работе [8].

<sup>7</sup> См. сноску 4.

<sup>8</sup> ISO 834-8:2002/Cor.1:2009 Fire-resistance tests – Elements of building construction – Part 8: Specific requirements for non-loadbearing vertical separating elements.

<sup>9</sup> ГОСТ 30247.0-94 Конструкции строительные. Методы испытаний на огнестойкость. Общие требования [Электронный ресурс] // Полнотекстовая информационно-поисковая система «СтройДОКУМЕНТ». – Режим доступа: <http://www.normy.by/doc2.php?type=-1&id=365>. – Дата доступа: 13.07.2018.



*a* – продольный разрез перегородки

*б* – общий вид перегородки

*A* – стоечный профиль; *B* – обшивные цементно-армированные плиты; *B* – теплоизоляционные плиты;

*Г* – пластины для измерения перемещений перегородки; • – точка установки термоэлектрических преобразователей; × – отметка для измерения перемещений перегородки

**Рисунок 4. – Схема размещения термоэлектрических преобразователей и точек измерения перемещения перегородки**



*a* – вид металлического каркаса перегородки



*б* – заполнение полости минерватным утеплителем



*в* – фрагмент перегородки с обработкой стыков

**Рисунок 5. – Технология монтажа фрагмента исследуемой конструкции (размер 3×3 м)**

На рисунке 6 представлены данные изменения температур при проведении экспериментальных исследований образцов в контрольных точках перегородки в соответствии с разработанной схемой (рис. 6а, б).

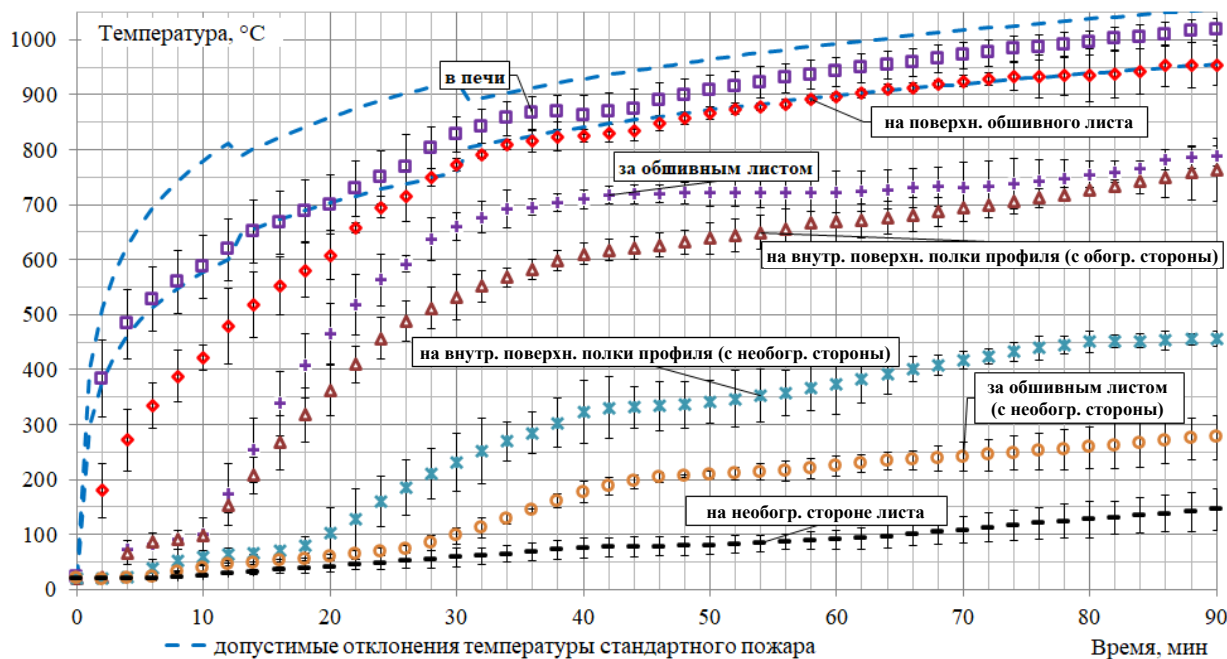


Рисунок 6. – График изменения средней температуры в ходе проведения экспериментальных исследований

Из графика (рис. 6) видно, что изменение температуры на обогреваемой поверхности перегородки подобна стандартной температурной кривой пожара. Изменение температуры за обшивным листом (со стороны обогреваемой поверхности) характеризуется замедленным ростом в интервалах температур от 80 до 120 °C на 5 мин испытаний и в интервале более 710 °C на 30 мин. Указанные факты связаны с процессами дегидратации химически связанной воды в цементной армированной плите при 100 °C, а также физико-химическими превращениями при температуре 700 °C (диссоциация углекислого кальция в известняке, плавление армирующей сетки). Прогрев противоположных граней (внутренних поверхностей полок) стоечного профиля, характеризуется заметной разницей температур, что объясняется заполнением внутренних пустот минераловатным наполнителем с низким коэффициентом теплопроводности и малой толщиной стенки металлического профиля (0,6 мм).

Также в ходе исследований установлено, что температура на обогреваемой поверхности перегородки по высоте (на отметках 1 и 2 м) распределяется несимметрично и на 20-й мин разность температур составляет 260 °C, на 40-й – 140 °C, на 60-й – 120 °C, на 90-й – 60 °C. Данный факт обусловлен тем, что в начале испытаний преобладающее количество теплоты передается за счет конвективного теплообмена, при этом теплоноситель распределяется неравномерно по высоте испытательной печи (газовая среда за счет теплообмена конвекцией поднимается вверх под действием разности температур в поле гравитации). В последующем во внутреннем объеме печи возрастает теплообмен излучением, в сравнении с конвективным теплообменом, при этом тепловое поле по высоте печи становится более равномерным.

Несимметричное тепловое поле поверхности конструкции способствует неравномерному прогреву конструкции по высоте.

**Задача 3.** Для получения расчетных данных по прогреву перегородки с учетом полученных теплофизических характеристик построена расчетная конечно-элементная модель конструкции. Модель перегородки состоит из обшивных листов, внутреннего наполнителя и стоечного стального профиля. В силу симметричного исполнения конструкции по длине и высоте расчетная модель упрощена по длине величиной 0,9 м и высоте 0,1 м (рис. 7).

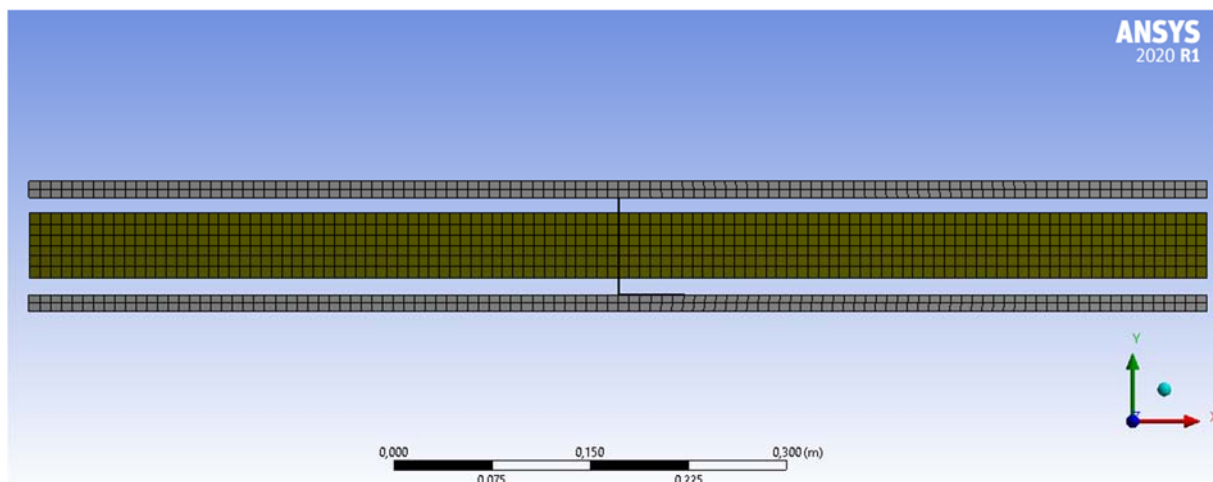


Рисунок 7. – Расчетная конечно-элементная модель перегородки

В качестве начальных условий в расчетной модели принято, что температура во всех точках образца одинакова и равна температуре окружающей среды во время испытаний.

При определении граничных условий модели были учтены две схемы прогрева:

- 1) обшивной лист – воздушное пространство – минераловатный утеплитель – воздушное пространство – обшивной лист;
- 2) обшивной лист – стоечный профиль – минераловатный утеплитель – стоечный профиль – обшивной лист (рис. 8).

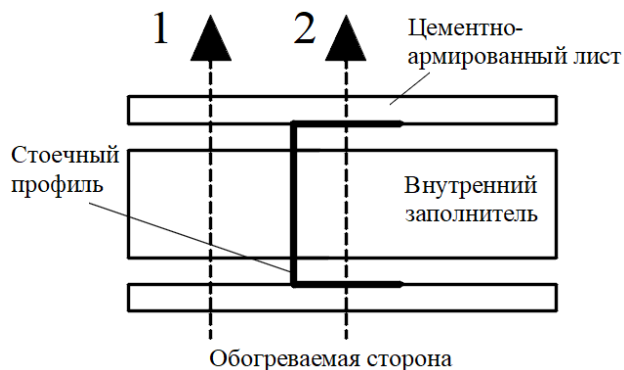


Рисунок 8. – Расчетная схема прогрева перегородки

В качестве граничных условий в расчетной модели были приняты граничные условия 3-го и 4-го рода. Граничные условия 3-го рода в качестве радиационно-конвективного теплообмена приняты на обогреваемой и необогреваемой поверхностях перегородки. Теплообмен за счет излучения по схеме 1 (рис. 8) определялся между поверхностями обшивных листов и внутренним наполнителем. По схеме 2 поверхность обшивного листа имела контактное соединение с полкой стоечного профиля, а излучение учитывалось между профилем и внутренним наполнителем.

Поскольку предел огнестойкости конструкции определяется температурой на необогреваемой поверхности конструкции, сопоставление расчетных и экспериментальных данных осуществляли на ней. При этом, поскольку в ходе экспериментальных исследований установлена неравномерность прогрева перегородки по высоте печи [8], моделирование расчетной модели перегородки и последующее сравнение осуществляли по следующим зонам (рис. 8):

- 1) прогрев в верхней зоне перегородки по схеме 1;
- 2) прогрев в верхней зоне перегородки по схеме 2;
- 3) прогрев в нижней зоне перегородки по схеме 1.

Результаты расчетных и экспериментальных данных прогрева необогреваемой поверхности перегородки представлены на графике (рис. 9).

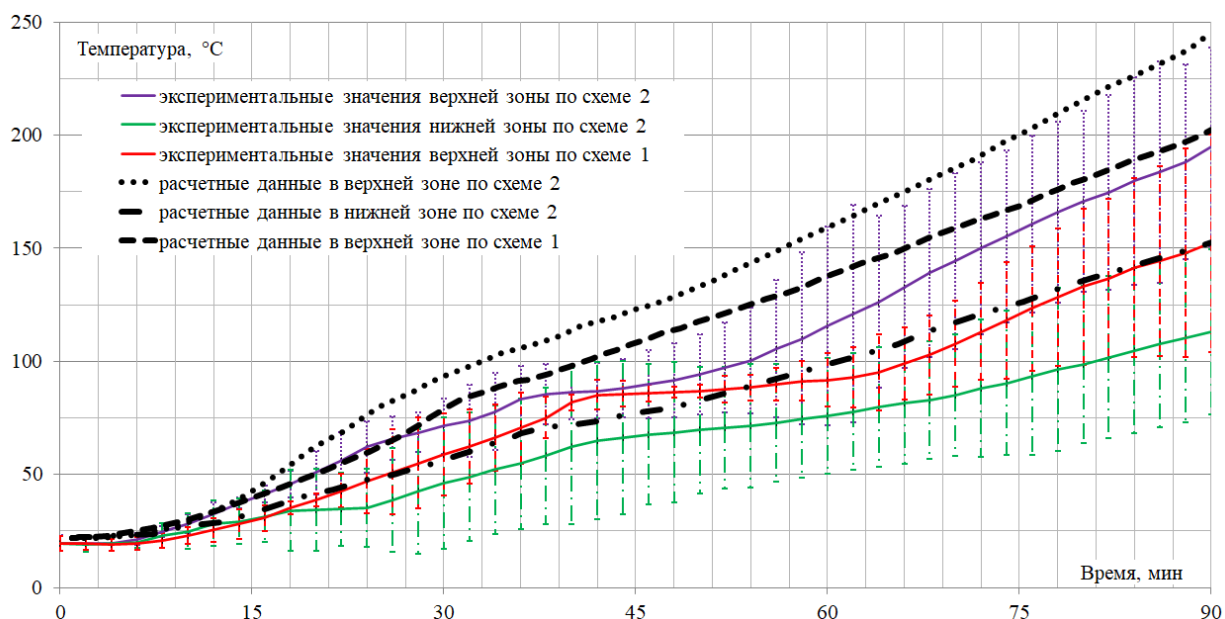


Рисунок 9. – Сопоставление экспериментальных и расчетных данных на необогреваемой поверхности конструкции

Как видно из графика, верхняя зона перегородки прогревается интенсивнее в сравнении с нижней зоной, что связано с неравномерным прогревом печи по высоте. Прогрев по схеме 2 в верхней зоне (рис. 9) характеризуется максимальным значением температуры, что связано с высокой теплопроводностью стального каркаса. Результаты по прогреву расчетной модели в верхней зоне по схеме прогрева 2 (рис. 9) показывают безопасный прогрев с точки зрения достижения предельных состояний по теплоизолирующей способности и в последующем использовались для оценки огнестойкости конструкций.

Впоследствии в расчетной модели с использованием теплофизических характеристик, полученных экспериментально-расчетным путем в камерной электропечи, определен фактический предел огнестойкости для перегородок с применением различного каркаса и внутреннего заполнителя (табл. 4).

Таблица 4. – Результаты расчетов по прогреву перегородок с различным конструктивным исполнением

№	Конструктивное исполнение перегородки		Фактический показатель по пределу огнестойкости*, мин			Предел огнестойкости по стандартному ряду**
	Параметры стоечного профиля	Плотность заполнителя	Толщина заполнителя, мм			
			30	50	70	
1	50×50×0,6	Без заполнителя	32,1			EI 30
2		37 кг/м <sup>3</sup>	49,6	–	–	EI 45
3		160 кг/м <sup>3</sup>	58,4	–	–	EI 45
4	75×50×0,6	Без заполнителя	33,4			EI 30
5		37 кг/м <sup>3</sup>	56,8	61,7	66,2	30 мм – EI 45 50, 70 мм – EI 60
6		160 кг/м <sup>3</sup>	68,7	83,8	99,6	30, 50 мм – EI 60 70 мм – EI 90
7	100×50×0,6	Без заполнителя	34,2			EI 30
8		37 кг/м <sup>3</sup>	58,6	63,9	69,1	30 мм – EI 45 50, 70 мм – EI 60
9		160 кг/м <sup>3</sup>	71,6	88,2	106,3	30, 50 мм – EI 60 70 мм – EI 90

Примечание.

\* В качестве достижения предельного состояния по огнестойкости принимается потеря теплоизолирующей способности вследствие повышения температуры на необогреваемой поверхности конструкции до 140 °С в среднем или до 180 °С в любой точке этой поверхности (с учетом начальной температуры конструкции).

\*\* Предел огнестойкости по потере целостности считается обеспеченным, если обеспечивается предел огнестойкости по потере теплоизолирующей способности.

**Задача 4.** Обработка полученных расчетных данных (табл. 4) с последующим преобразованием с учетом требуемой точности и удобства применения позволила получить следующую зависимость для оценки огнестойкости перегородок с облицовкой из цементно-армированных плит на стальном каркасе:

$$t_{по} = 30k_{лр} + \delta \cdot k_3(\rho, \delta), \quad (2)$$

где  $k_{лр}$  – коэффициент влияния параметров профиля (определяется по табл. 5);  $k_3$  – коэффициент, учитывающий плотность  $\rho$  (кг/м<sup>3</sup>) и толщину  $\delta$  (мм) заполнителя (определяется по табл. 6).

Указанная формула может быть применена для перегородок на стальном каркасе, с применением в качестве обшивных листов цементно-армированных плит толщиной не менее 12,5 мм с симметричным расположением внутреннего заполнителя и наличием воздушного пространства между листами и внутренним заполнителем. Торцевые соединения между обшивными листами должны быть проклеены клеем для швов и дополнительно зашпатлеваны цементной штукатурно-клеевой смесью.

**Таблица 5. – Коэффициент влияния параметров профиля**

№	Параметры стоечного профиля		
	ПС 50	ПС 75	ПС 100
Значение $k_{лр}$	1,07	1,11	1,14

**Таблица 6. – Коэффициент, учитывающий плотность и толщину заполнителя**

№	Тип стоечного профиля	Толщина заполнителя, мм	Значение $k_3(\rho, \delta)$	
			Плотность 37 кг/м <sup>3</sup>	Плотность 160 кг/м <sup>3</sup>
1	ПС 50	30	0,54	0,87
2	ПС 75	30	0,78	1,18
		50	0,56	1,01
		70	0,47	0,94
3	ПС 100	30	0,81	1,24
		50	0,59	1,08
		70	0,49	1,03

Примечание. Допускается интерполяция по толщине заполнителя.

### Заключение

1. Разработана методика и выполнены экспериментальные исследования по прогреву цементно-армированных и минераловатных плит в стационарном и нестационарном тепловых режимах. Методом параметрической оптимизации в расчетной модели конечно-элементного анализа определены зависимости коэффициента теплопроводности и удельной теплоемкости от температуры для цементно-армированных и минераловатных плит.

2. Усовершенствована методика экспериментальной оценки огнестойкости ненесущих перегородок путем внесения дополнительных точек регистрации температур по толщине перегородки, а также выполнены экспериментальные исследования по оценке огнестойкости фрагмента перегородки на стальном каркасе с применением обшивных листов из цементных армированных плит и заполнением минераловатным утеплителем.

3. Разработана расчетная модель оценки огнестойкости ненесущих перегородок с учетом полученных теплофизических характеристик составляющих материалов. Полученные расчетные значения показывают безопасный прогрев с точки зрения достижения предельного состояния по теплоизолирующей способности перегородки. Определены фактические пределы огнестойкости широкого класса перегородок с учетом переменной высоты поперечного сечения стоечного профиля, толщины и плотности внутреннего заполнителя.

4. Разработана инженерная методика оценки огнестойкости ненесущих перегородок с учетом переменных параметров основной расчетной модели.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Кудряшов, В.А. Теплопроводность цементных армированных плит при нестационарном тепловом режиме на основе данных экспериментальных исследований и численного моделирования / В.А. Кудряшов, С.С. Ботян // Вестник Ун-та гражд. защиты МЧС Беларуси. – 2017. – Т. 1, № 2. – С. 139–152. DOI: 10.33408/2519-237X.2017.1-2.139.
2. Schleifer, V. Zum Verhalten von raumabschliessenden mehrschichtigen Holzbauteilen im Brandfall: dissertation ETH Nr. 18156 / Vanessa Schleifer. – Zürich, 2009. – 147 s. DOI: 10.3929/ethz-a-005771863.
3. Just, A. Structural fire design of timber frame assemblies insulated by glass wool and covered by gypsum plasterboards: PhD engineering sci. diss / Alar Just. – Tallinn, 2010. – 160 p.
4. Кудряшов, В.А. Огнестойкость узлов сопряжений монолитных железобетонных плит перекрытия с балконными плитами с использованием изделий закладных комплексных типа «Консоль-Термо» / В.А. Кудряшов [и др.] // Сб. науч. трудов «Проблемы современного бетона и железобетона» – 2017. – Вып. 9. – С. 295–315.
5. Ботян, С.С. Экспериментально-расчетная методика оценки теплофизических характеристик строительных материалов с использованием камерной электропечи для решения задач огнестойкости / С.С. Ботян [и др.] // Вестник Ун-та гражд. защиты МЧС Беларуси. – 2020. – Т. 4, № 1. – С. 5–19. DOI: 10.33408/2519-237X.2020.4-1.5.
6. Кудряшов, В.А. Теплофизические характеристики цементных армированных плит для решения задач нестационарного высокотемпературного нагрева / В.А. Кудряшов [и др.] // Вестник Ун-та гражд. защиты МЧС Беларуси. – 2018. – Т. 2, № 3. – С. 327–334. DOI: 10.33408/2519-237X.2018.2-3.327.
7. Litovsky, E. Measurement of thermophysical properties of fire-resistive and reactive materials. Urgent problems and solutions / E. Litovsky, V. Issouпов, J.I. Kleiman // Fire and materials. – 2016. – Vol. 41, Iss. 2. – Pp. 154–168. DOI: 10.1002/fam.2373.
8. Кудряшов, В.А. Огнестойкость перегородок на металлическом каркасе с применением обшивных листов из цементных армированных плит и заполнением минераловатным утеплителем при стандартном огневом режиме пожара / В.А. Кудряшов, С.С. Ботян, С.М. Жамойдик // Чрезвычайные ситуации: предупреждение и ликвидация. – 2018. – № 2 (44). – С. 88–102.



**Оценка огнестойкости каркасно-обшивных перегородок с использованием теплофизических характеристик, полученных экспериментально-расчетным способом в камерной электропечи**

**Assessment of fire resistance of frame-sheathing partitions using thermophysical characteristics obtained experimentally by calculation in a chamber electric furnace**

**Ботян Сергей Сергеевич**

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

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

e-mail: aseckis@mail.ru

ORCID: 0000-0002-8593-4413

**Sergey S. Botyan**

State Educational Establishment «University  
of Civil Protection of the Ministry for Emergency  
Situations of the Republic of Belarus»,  
Chair of Fire Safety, Senior lecturer

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

e-mail: aseckis@mail.ru

ORCID: 0000-0002-8593-4413

DOI: <https://doi.org/10.33408/2519-237X.2020.4-2.160>

## ASSESSMENT OF FIRE RESISTANCE OF FRAME-SHEATHING PARTITIONS USING THERMOPHYSICAL CHARACTERISTICS OBTAINED EXPERIMENTALLY BY CALCULATION IN A CHAMBER ELECTRIC FURNACE

**Botyan S.S.**

*Purpose.* Based on experimental studies and theoretical data, to develop a methodology for assessing the fire resistance of a wide class of partitions on a steel frame using sheathing sheets of cement-reinforced plates and filling with mineral wool insulation using thermophysical characteristics obtained experimentally by calculation in a chamber electric furnace.

*Methods.* The methods of finite elements, parametric optimization, and experimental studies are used.

*Findings.* A methodology has been developed and experimental studies have been carried out on the heating of building materials in stationary and non-stationary thermal conditions. The thermophysical characteristics of cement-reinforced and mineral wool slabs at elevated temperatures for solving fire resistance problems are determined. Experimental studies have been performed to evaluate the fire resistance of a fragment of the frame partition structure using sheathing sheets of reinforced cement slabs. A calculated finite element model was developed taking into account the thermophysical characteristics of the constituent materials and the dependences of heating a wide class of partitions were obtained. An engineering methodology has been developed for assessing the fire resistance of curtain walls, taking into account the variable cross-sectional height of the rack profile, the thickness and density of the internal filler.

*Application field of research.* The results can be used in the development of fire-resistant solutions for structural elements of buildings, as well as for assessing the fire resistance of frame partitions in the design and construction of buildings and structures.

*Keywords:* partition, fire resistance, thermophysical characteristics, experimental studies, calculation model, finite element method, parametric optimization, standard temperature curve.

(The date of submitting: April 30, 2020)

### REFERENCES

1. Kudryashov V.A., Botyan S.S. Teploprovodnost' tsementnykh armirovannykh plit pri nestatsionarnom teplovom rezhime na osnove dannykh eksperimental'nykh issledovaniy i chislennogo modelirovaniya [Cement boards thermal conductivity based on experimental research and numerical simulation data in relation to nonstationary heat flows]. *Journal of Civil Protection*, 2017. Vol. 1, No. 2. Pp. 139–152. (rus). DOI: 10.33408/2519-237X.2017.1-2.139.
2. Schleifer V. *Zum Verhalten von raumabschliessenden mehrschichtigen Holzbauteilen im Brandfall* [For the behaviour of room-closing multi-layer wood components in case of fire]: Dissertation ETH Nr. 18156. Zürich, 2009. 147 s. (deu). DOI: 10.3929/ethz-a-005771863.
3. Just Alar *Structural fire design of timber frame assemblies insulated by glass wool and covered by gypsum plasterboards*: PhD engineering sci. diss. Tallinn University of Technology, 2010. 160 p.
4. Kudryashov V.A., Zhamoydik S.M., Botyan S.S., Lupandin A.S. Ognestoykost' uzlov sopryazheniy monolitnykh zhelezobetonnykh plit perekrytiya s balkonnymi plitami s ispol'zovaniem izdelyiy zakladnykh kompleksnykh tipa «Konsol'-Termo» [Fire resistance of interfaces of monolithic reinforced concrete floor slabs with balcony slabs using integrated embedded products of the type «Console-Thermo»]. *Collection of scientific works «Problemy sovremennogo betona i zhelezobetona»*, 2017. No. 9. Pp. 295–315. (rus)
5. Botyan S.S., Zhamoydik S.M., Kudryashov V.A., Nguyen T.K. Eksperimental'no-raschetnaya metoda otsenki teplofizicheskikh kharakteristik stroitel'nykh materi-alov s ispol'zovaniem kamernoy elektropечи dlya resheniya zadach ognestoykosti [Experimental-computing technique of evaluating thermophysical properties of building materials with a muffle electric furnace for solving fire resistance problems]. *Journal of Civil Protection*, 2020. Vol. 4, No. 1. Pp. 5–19. (rus). DOI: 10.33408/2519-237X.2020.4-1.5.
6. Kudryashov V.A., Botyan S.S., Danilova-Tret'yak S.M., Nikolaeva K.V. Teplofizicheskie kharakteristiki tsementnykh armirovannykh plit dlya resheniya zadach nestatsionarnogo vysokotemperaturnogo nagreva [Cement boards thermophysical characteristics for solving the tasks of nonstationary high-

- temperature heating]. *Journal of Civil Protection*, 2018. Vol. 2, No. 3. Pp. 327–334. (rus). DOI: 10.33408/2519-237X.2018.2-3.327.
7. Litovsky E., Issoufov V., Kleiman J.I. Measurement of thermophysical properties of fire-resistant and reactive materials. Urgent problems and solutions. *Fire and materials*, 2016. Vol. 41, Iss. 2. Pp. 154–168. DOI: 10.1002/fam.2373.
  8. Kudryashov V.A., Botyan S.S., Zhamoydik S.M. Ognestoykost' peregorodok na metallicheskom karkase s primeneniem obshivnykh listov iz tsement-nykh armirovannykh плит i zapolneniem mineralovatnym uteplytelem pri standartnom ognevom rezhime pozhara [Fire resistance of partitions on a metal frame with the use of sheathing sheets made of reinforced cement slabs and filling with mineral wool insulation under standard fire conditions]. *Chrezvychaynye situatsii: preduprezhdenie i likvidatsiya*, 2018. No. 2 (44). Pp. 88–102. (rus)

DOI: <https://doi.org/10.33408/2519-237X.2020.4-2.176>

УДК 614.895.5

## РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ИСПЫТАНИЙ ПАКЕТОВ МАТЕРИАЛОВ ОДЕЖДЫ СПЕЦИАЛЬНОЙ ЗАЩИТНОЙ ПОЖАРНЫХ С УЧЕТОМ ПОСЛОЙНОГО КОНТРОЛЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ПРИ НАГРЕВАНИИ

Жук Д.В., Дмитракович Н.М.

*Цель.* Определение защитных свойств пакета материалов при нагреве.

*Методы.* Исследование изменения температуры в пакете материалов путем послойного контроля значений при нагреве.

*Результаты.* Разработана и представлена установка для проведения экспериментальных исследований изменения температуры в слоях пакета материалов и методика к ней. Проведены экспериментальные исследования, получены числовые характеристики исследуемых пакетов защитной одежды пожарных. Результаты исследований сопоставлены с теоретическим расчетом в среде ANSYS. Погрешность расчетных данных не превышает 7 %.

*Область применения исследований.* Результаты исследований могут быть использованы в разработке, исследовании и оптимизации строения и конструкции пакета материалов для защитной одежды пожарных.

*Ключевые слова:* одежда специальная защитная пожарных и спасателей, пакеты материалов, коэффициент теплопроводности, тепловой поток, сопротивление теплопередаче.

(Поступила в редакцию 20 февраля 2020 г.)

### Введение

Органы и подразделения по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь располагают всеми необходимыми средствами для ликвидации различного рода аварий и катастроф, главная задача при которых – сохранение жизни и здоровья спасаемых и спасателей. Барьером для опасных факторов, оказывающих влияние на спасателя, является одежда специальная защитная пожарных и спасателей (далее – ОСЗ). Устойчивость ОСЗ к воздействию высокоинтенсивных тепловых потоков, открытому пламени, обеспечение заданных показателей комфорта пожарных и спасателей – значимые свойства при выполнении аварийно-спасательных и других неотложных работ, в том числе при изменяющихся климатических условиях. Следовательно, для достижения указанных результатов необходимо выполнить ряд исследований, которые позволят оценить защитные свойства ОСЗ на стадии проектирования одежды с заданными показателями качества.

Разработка подходов по определению защитных свойств проводится по всему миру. Лидерами в этом направлении являются США (National Fire Protection Association (NFPA)), Канада (University of Alberta), Швейцария (Swiss Federal Laboratories for Materials Science & Technology (Empa)). Перечень воздействий при испытании ОСЗ в этих странах включает воздействие факела пламени (газовое и жидкое топливо) [1]; воздействие огненной вспышки [2]; прокал горячей поверхности [3]; контакт с расплавленным металлом [4]; драпировка при контакте с горячей жидкостью [4]; воздействие паром под давлением. Во время тестирования используется датчик или группа датчиков (Copper Sensor, Epoxy Resin Sensor, PyroCal Sensor, Skin Simulant Sensor, Aluminum Sensor, Thermocouple), которые помещаются на тыльную сторону ткани или одежды, а лицевая сторона ткани или одежды подвергается определенному воздействию.

В Республике Беларусь действует ряд технических нормативных правовых актов, регламентирующих требования к ОСЗ и методам испытания тканей, составляющих пакет

материалов для ОСЗ<sup>1, 2, 3, 4</sup>. Материалы тканей подвергаются испытаниям на предмет ограничения распространения пламени (в виде одно- и многокомпонентных тканей), устойчивости к воздействию повышенных температур и теплового потока, устойчивости к контакту с нагретыми твердыми поверхностями, устойчивости материала верха к воздействию открытого пламени<sup>5</sup>, а также определение теплопроводности пакета материалов. Основное отличие методик в государственных стандартах заключается в испытании тканей, пакетов материалов как единого целого. Исследование послойного распределения температуры в пакете материалов в течение всего времени испытаний по стандартным методикам<sup>6</sup> провести не представляется возможным, т. к. не учитываются факторы оценки теплового комфорта спасателей и пожарных. Кроме того, не представляется возможным провести оценку эффективности материалов в составе пакета защитной одежды, что, в свою очередь, не позволяет обеспечить баланс между стоимостью затрат на производство защитной одежды и ее качеством.

С целью проведения экспериментальных исследований пакетов материалов при послойном распределении значений температуры разработаны методика проведения испытаний и лабораторная установка, позволяющие испытывать образцы в условиях нагрева<sup>7</sup>. Представленный подход в части послойного исследования температурных режимов пакетов материалов при нагреве положен в основу комплекса исследований ОСЗ при выполнении задач по предупреждению и ликвидации чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера.

### Основная часть

Методика проведения испытания пакета образцов ткани на теплопроводимость регламентирует порядок подготовки опытных образцов, схему испытательной установки, порядок фиксации и обработки результатов измерений. В результате испытаний предусмотрено определение такого параметра пакета образцов ткани, как распределение температур по слоям пакета материалов во время проведения эксперимента.

*Подготовка опытных образцов.* Пакет материалов должен состоять из материала верха, водонепроницаемого слоя, съемной теплоизоляционной подстежки и подкладочной ткани. Допускается совмещать водонепроницаемый слой со съемной теплоизоляционной

---

<sup>1</sup> Система стандартов безопасности труда. Одежда для защиты от тепла и пламени. Метод определения теплопередачи при воздействии пламени: ГОСТ Р ISO 9151-2007. – Введ. 01.07.07. – М.: Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии: ФГУП «Стандартинформ», 2007. – 11 с.

<sup>2</sup> Система стандартов безопасности труда. Одежда специальная для защиты от тепла и пламени. Метод испытаний на ограниченное распространение пламени: ГОСТ ISO 15025-2012. – Введ. 01.09.13. – М.: Межгос. совет по стандартизации, метрологии и сертификации: ФГУП «Стандартинформ», 2013. – 18 с.

<sup>3</sup> Система стандартов безопасности труда. Одежда специальная для защиты от термических рисков электрической дуги. Общие технические требования и методы испытаний: ГОСТ Р 12.4.234-2012. – Введ. 29.11.12. – М.: Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии: ФГУП «Стандартинформ», 2014. – 35 с.

<sup>4</sup> Техника пожарная. Специальная защитная одежда пожарного. Общие технические требования. Методы испытаний: ГОСТ Р 53264-2009. – Введ. 20.04.09. – М.: Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии: ФГУП «Стандартинформ», 2009. – 36 с.

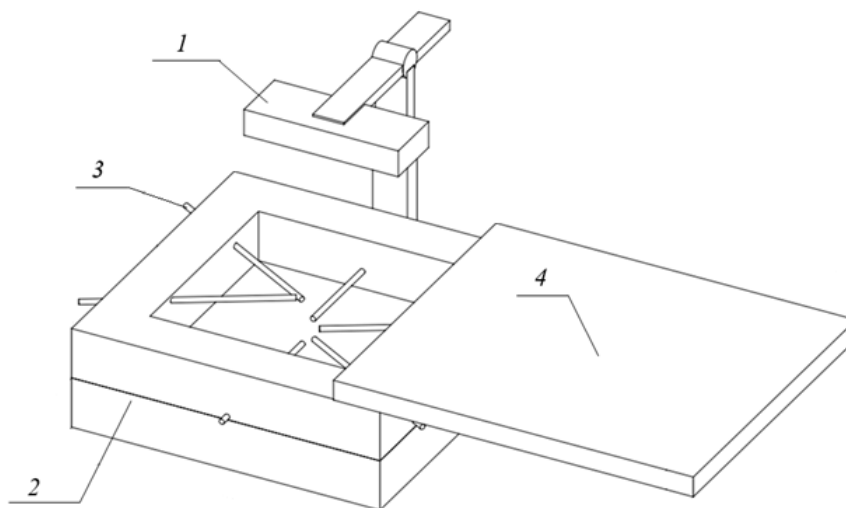
<sup>5</sup> Система стандартов безопасности труда. Одежда для защиты от тепла и пламени. Метод определения теплопередачи при воздействии пламени: ГОСТ Р ISO 9151-2007. – Введ. 01.07.07. – М.: Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии: ФГУП «Стандартинформ», 2007. – 11 с.

<sup>6</sup> См. сноски 1–4.

<sup>7</sup> Разработка научно обоснованных методов исследования механизмов теплопередачи в системе «Человек – защитная одежда – внешняя среда»: отчет о НИР (заключ.) / Ун-т граждан. защиты МЧС Беларуси; рук. темы Н.М. Дмитрикович. – Минск, 2019. – 91 с. – № ГР 20180624.

подстежкой<sup>8</sup>. Для испытаний отбирают не менее 3 проб пакета материалов размером 200×200 мм. Пробы пакета материалов должны включать все материалы, входящие в состав изделия.

*Описание лабораторной установки.* Экспериментальная установка (рис. 1) представляет собой калориметрический многослойный модуль 2 шириной 300 мм, длиной 300 мм и высотой 100 мм, состоящий из двух частей. Боковые стенки и тыльная сторона выполнены из теплоизоляционного материала с высокой удельной теплоемкостью. Во фронтальной части модуля сделан вырез квадратного сечения размерами 200×200×50 мм для установки исследуемого образца. В объеме выреза расположены 6 термопар ТХК (хромель/копель) по ГОСТ Р 8.585-2001<sup>9</sup>. Термопары зафиксированы в боковых стенках модуля и находятся под углом 120° относительно каждой, а термочувствительные спаи равноудалены на 20 мм от центра выреза. Непосредственно после установки пакета исследуемого материала на каждый из шести слоев устанавливаются термопары. Фиксирование образца и термопар обеспечивает верхняя часть модуля (рис. 1). Для изоляции модуля от источника излучения установлена задвижка 4. В качестве источника излучения 1 применяется кварцевая галогенная лампа, расположенная по нормали к плоскости опытного образца на удалении 150 мм.



1 – галогенная лампа; 2 – калориметрический многослойный модуль; 3 – термопара; 4 – задвижка

**Рисунок 1. – Схема установки для исследования нагрева пакета материалов**

Для измерения значений плотности теплового потока используется датчик Гордона с диапазоном измерения от 1 до 50 кВт/м<sup>2</sup> и погрешностью измерений не более 8 %, который выводится на вторичный прибор с классом точности не менее 0,15. Датчик измерения плотности теплового потока устанавливается на задвижку. Изменение величины теплового потока производится путем уменьшения/увеличения высоты установки лампы. После установки требуемого значения плотности теплового потока датчик изымается. Фиксирование численных значений температуры осуществляется прибором ИР «СОСНА 002». Для измерения времени изменения температуры на внутренней поверхности пакета материалов используется секундомер «Интеграл С-01» с погрешностью измерения 1 с в сутки.

Порядок исследования температурного воздействия на пакет материалов.

<sup>8</sup> Система стандартов безопасности труда. Одежда пожарных боевая. Общие технические условия: СТБ 1971-2009. – Введ. 14.07.09. – Минск: Госстандарт Респ. Беларусь: Мин-во по чрезвычайным ситуациям Респ. Беларусь, 2009. – 31 с.

<sup>9</sup> Государственная система обеспечения единства измерений. Термопары. Номинальные статические характеристики преобразования: ГОСТ Р 8.585-2001. – Введ. 30.02.06. – Москва: Госстандарт РФ: ФГУП «Стандартинформ», 2010. – 78 с.

1. Устанавливают задвижку; генерируют тепловой поток заданной мощности по плоскости опытного образца; устанавливают программное обеспечение для работы с прибором ИР «СОСНА-002»; устанавливают связь термодатчика с прибором ИР «СОСНА-002», персональным компьютером.

2. Прогревают установку в течение  $25 \pm 5$  мин.

3. Изменяя расстояние между источником теплового излучения и датчиком, устанавливают галогенную лампу на таком расстоянии от пробы, при котором значение плотности падающего теплового потока равно  $5 \text{ кВт/м}^2$ . После окончания настройки датчик изымают.

4. Извлекают задвижку, открывая тем самым доступ теплового потока к образцу, включают секундомер. Выдерживают пробу в течение 3 мин.

5. По окончании эксперимента заслонку закрывают, числовые значения температур заносят в таблицу.

6. После остывания установки извлекают образец и формируют таблицу фотоснимков результатов эксперимента.

Обработка данных осуществляется с учетом погрешности измерений. По графической зависимости определяются коэффициенты аппроксимирующего уравнения.

Необходимо отметить, что каждая серия измерений производится на новом образце.

*Оценка результатов испытаний.* Пакет материалов считают выдержавшим испытание, если значение температуры на внутренней поверхности пакета материала в течение нормативного времени испытания не превышало  $50 \text{ }^\circ\text{C}$  и на всех пробах не произошло:

– разрушения наружной поверхности материала верха и внутренних слоев пакета (оплавления, обугливания, прогара);

– отслоения покрытия от тканевой основы (для материалов с полимерным пленочным покрытием);

– воспламенения.

Для сравнения экспериментальных данных с данными расчета строятся аппроксимационные кривые. В целях сравнения различных вариантов аппроксимации применяется величина скорректированного коэффициента детерминации  $R^2$ . Данный показатель может варьироваться от 0 до 1. Чем он выше, тем аппроксимация достовернее.

**Обсуждение результатов.** Одновременно при проведении экспериментальных испытаний пакетов материалов осуществлено моделирование процесса теплопереноса послойно в материалах пакета. Сделано это путем построения 3D-модели по каждому из слоев материалов пакета, установки физических свойств модели тканей и разбиения трехмерной модели на расчетную сетку. Расчет проведен в среде ANSYS 2019 R3 [6]. Программный комплекс использует в расчете метод конечных элементов для решения уравнений с частными производными. Для описания протекающих процессов теплообмена подключен модуль Transient Thermal, который использует закон сохранения энергии (для каждого элементарного объема), уравнение теплопроводности Фурье – Кирхгофа (1):

$$\frac{\partial T}{\partial \tau} + w_x \frac{\partial T}{\partial x} + w_y \frac{\partial T}{\partial y} + w_z \frac{\partial T}{\partial z} = a \left( \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} \right), \quad (1)$$

где  $w_x, w_y, w_z$  – компоненты скорости движения среды;  $a$  – коэффициент температуропроводности,  $\text{м}^2/\text{с}$ ;  $T$  – температура, К;  $\tau$  – время, с.

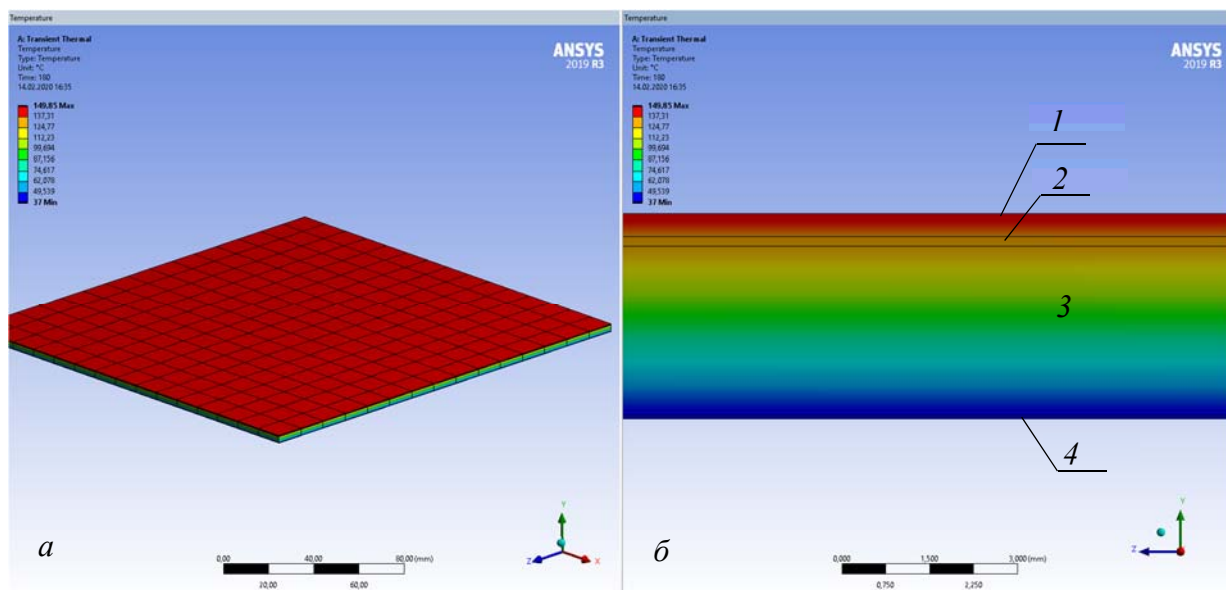
Система дифференциальных уравнений имеет бесконечное множество решений. Выделить из них конкретное решение можно заданием условий однозначности (краевые условия) [6]. Необходимо задать геометрические условия однозначности (задать форму и размеры объекта, в котором протекает процесс); физические условия однозначности (свойства среды и тел в объекте); временные условия. Особенности протекания процесса на границах тела задают граничные условия 1-го рода (условие Дирихле) – распределение



температуры по поверхности тела во времени. Условие Дирихле определяет поведение системы на границе рассматриваемой области.

Условия внешней среды приняты как стандартные, а зависимость температуры на тыльной поверхности пакета материалов была определена возрастающей кривой от 36 °С до 40 °С – температура тела человека, при которой происходит теплообмен теплопроводностью, излучением и конвекцией.

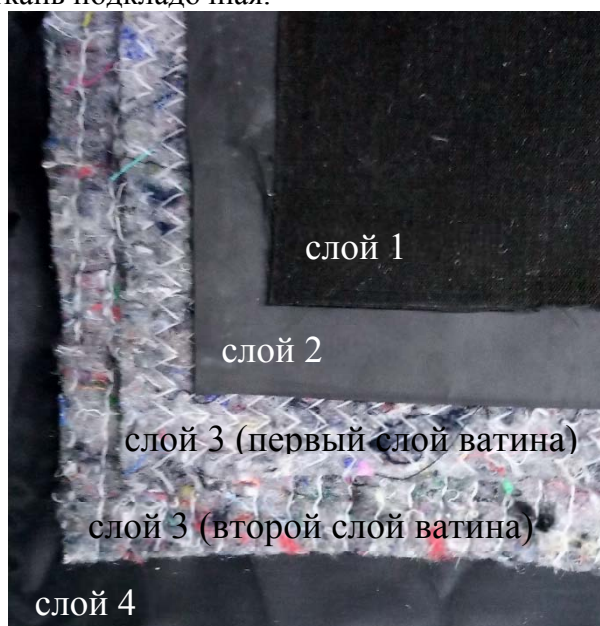
Результаты расчета представлены в виде теплового распределения по слоям модели пакета материалов, а также графических зависимостей числовых данных. При режиме нагрева распределение значений температурного поля в слоях пакета материалов представлено на рисунке 2.



*a* – вид модели пакета материалов; *б* – распределение температуры по слоям:  
 1 – материал верха; 2 – ткань мембрана; 3 – ткань ватин; 4 – ткань подкладочная

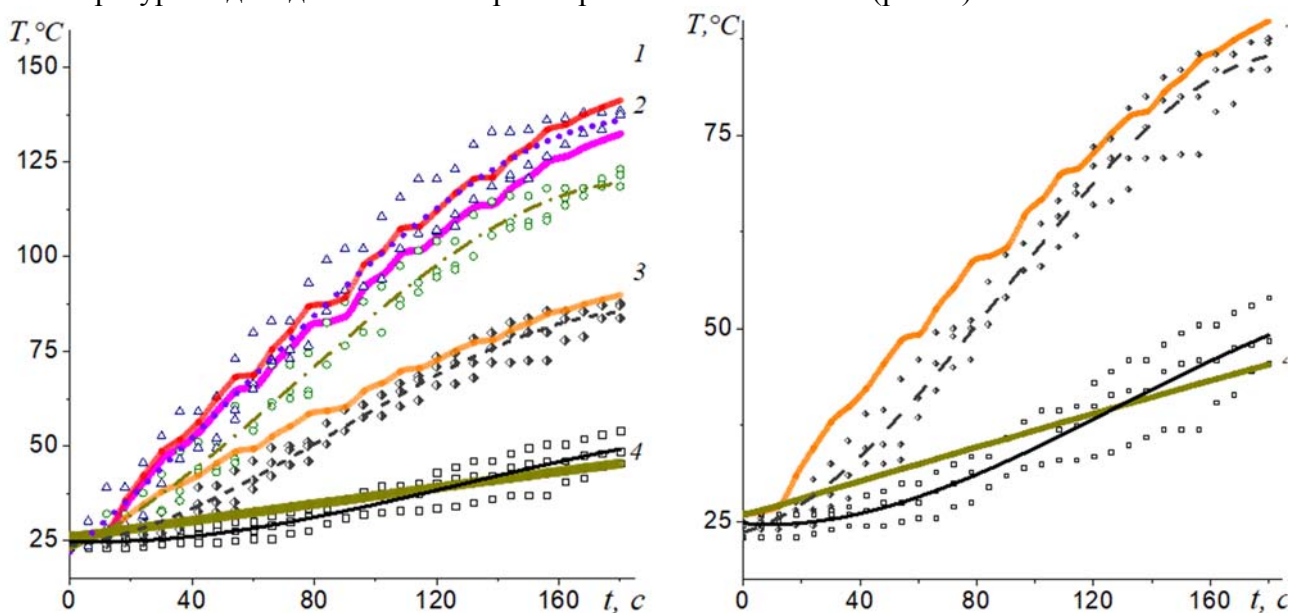
**Рисунок 2. – Распределение значений температуры в слоях пакета материалов при моделировании**

Проведены испытания трех образцов пакетов материалов, отличающихся материалом верха (ткани: леонид (рис. 3), мадейра, костюмная). Все образцы имеют по пять слоев материалов: материал верха, подкладочная с пленочным покрытием (мембрана), два слоя материала типа ватин, ткань подкладочная.



**Рисунок 3. – Пример пакета материалов ОСЗ (ткань с огнезащитными свойствами леонид)**

В каждой серии из исследуемых материалов температура под подкладочной тканью (тыльная сторона пакета материалов) не превысила 50 °С. Оптимальными теплоизоляционными свойствами в условиях нагрева обладает пакет материалов с тканью верха леонид. Температура подкладочного слоя при нагреве составила 45 °С (рис. 4).



а – изменение температуры в слоях пакета материалов

б – изменение температуры в слоях ткани ватин и подкладочная

Значения температуры по слоям материала при проведении эксперимента:

△ материал верха; ○ ткань мембрана; ◊ ткань ватин; □ ткань подкладочная

Аппроксимирующие кривые значений температуры по слоям материала:

● материал верха; —●— ткань мембрана; - - - ткань ватин; ——— ткань подкладочная

Значения температуры по слоям материала при моделировании в среде ANSYS:

1 – материал верха; 2 – ткань мембрана; 3 – ткань ватин; 4 – ткань подкладочная

**Рисунок 4. – Зависимость изменения температуры в слоях пакета материала от времени при постоянной плотности теплового потока 5 кВт/м<sup>2</sup>**

По значениям температуры каждого слоя построены аппроксимационные кривые, оценка качества произведена по скорректированному коэффициенту детерминации  $R^2$  (табл. 1).

**Таблица 1. – Значение коэффициента детерминации аппроксимационных кривых**

Образец	Слой			
	1	2	3	4
Леонид	0,959	0,923	0,991	0,987
Мадейра	0,984	0,991	0,993	0,99
Костюмная	0,93	0,985	0,976	0,969

На основании методики исследования теплофизических свойств и теплового поведения пакета специальной защитной одежды и отдельных составляющих его материалов<sup>10</sup>, разработанной совместно со специалистами ИТМО НАН Беларуси А.Д. Чорным, С.М. Даниловой-Третьяк, проведены измерения коэффициента теплопроводности, сопротивления теплопередаче и теплового потока для трех образцов пакетов тканей на установках ИТ-с-400 (сертификат калибровки № RU 01-2413/1945 К-11-2018 от 13 ноября 2018 г. (ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева»)), ИТ-λ-400 (сертификат калибровки № RU 01-2413/1947 К-11-2018 от 13 ноября 2018 г. (ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева»)).

<sup>10</sup> См. сноску 7.

Определение температурной зависимости проводилось в диапазоне температур от  $-40$  до  $+40$  °С при атмосферном давлении в нейтральной газовой среде (азот).

Измерения проводились в направлении, перпендикулярном плоскости оснований образцов. Тепловой поток измерялся малоинерционным металлическим тепломером, который смонтирован на медном основании под опытным образцом. Рабочим слоем тепломера являлась пластина из нержавеющей стали. С помощью термопар в охранном колпаке нагревателем охранного колпака поддерживались адиабатические условия на боковой поверхности образца.

Полученные данные по испытанию приведены в таблице 2.

**Таблица 2. – Теплофизические характеристики пакетов тканей**

Образец	Коэффициент теплопроводности $\lambda$ , Вт/м·К	Сопротивление теплопередаче $R$ , м <sup>2</sup> К/Вт	Тепловой поток $\theta$ , Вт/м <sup>2</sup>
Леонид	0,038	0,223	119,3
	0,039	0,217	122,5
	0,038	0,223	119,6
Мадейра	0,040	0,212	125,6
	0,042	0,202	132,0
	0,039	0,217	122,5
Костюмная	0,040	0,212	125,7
	0,040	0,212	125,7
	0,040	0,212	125,7

В результатах тепловых характеристик, полученных на вышеупомянутых установках, прослеживается взаимосвязь с результатами, полученными при использовании методики проведения испытания пакета образцов ткани на теплопроводность<sup>11</sup>. Наименьшее численное значение коэффициента теплопроводности свойственно для медленного распространения тепла/холода по пакету материала, что коррелирует с большим численным значением сопротивления теплопередачи пакета материалов. Пакет с материалом верха леонид обладает лучшими теплоизолирующими свойствами при воздействии постоянного теплового потока. Полученные значения распределения температур по слоям пакета материалов имеют высокую сходимость с данными компьютерного моделирования. Погрешность расчетных данных не превышает 7 %.

Полученные результаты позволяют применять методику испытания пакетов материалов на теплопроводность при подборе образцов материалов в конструкцию ОСЗ для обеспечения теплового комфорта спасателя. Изложенный в методике подход по послойному измерению температур использован в конструкции экспериментальной установки, позволяющей исследовать тепловые характеристики одежды при моделировании работы спасателя. Предложенный подход позволит фиксировать тепловые показатели на всех интервалах испытания.

### Заключение

В ходе исследований разработана экспериментальная установка для проведения экспериментальных исследований по испытанию пакетов материалов на теплопроводность, подготовлены опытные образцы, произведена наладка оборудования и аппаратуры, разработана соответствующая методика проведения экспериментальных исследований<sup>12</sup>. Эксперимент проведен для трех типов пакетов материалов, используемых при изготовлении ОСЗ, а также пакетов материалов, используемых непосредственно для

<sup>11</sup> См. сноску 7.

<sup>12</sup> См. сноску 7.

изготовления ОСЗ предприятием РПУП «Униформ». Получены результаты изменения коэффициента теплопроводности и удельной теплоемкости тканей для диапазона температур от  $-40$  до  $+40$  °С при атмосферном давлении, близком к нормальному. Проведены исследования и получены значения теплофизических характеристик материалов, входящих в состав пакета, в диапазоне температур  $20-160$  °С методом стационарного теплового потока.

Совместно с ГНУ «Институт тепло- и массообмена им. А.В. Лыкова» НАН Беларуси создана методика и изготовлена лабораторная установка для проведения экспериментальных исследований распределения температуры в слоях пакетов материалов. Полученные данные о распределении температур по слоям пакетов материалов были сопоставлены с данными компьютерного моделирования в среде ANSYS 2019 R3 модуля Transient Thermal. Данные, полученные при экспериментальных исследованиях, хорошо коррелируют с теоретическими исследованиями, что подтверждает правильность выбора метода экспериментальных исследований. Результаты проведенных исследований позволяют определить наиболее рациональный пакет материалов для ОСЗ с целью определения рациональных показателей комфорта спасателей и пожарных при выполнении аварийно-спасательных работ при ликвидации чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Protective clothing – protection against heat and fire – method of test: evaluation of materials and material assemblies when exposed to a source of radiant heat (ISO 6942: 2002(R2015)) [Electronic resource] / International Organization for Standardization. – SAI Glodal, 2015. – Mode of access: [https://infostore.saiglobal.com/en-gb/standards/iso-6942-2002-r2015--582845\\_saig\\_iso\\_iso\\_1334360](https://infostore.saiglobal.com/en-gb/standards/iso-6942-2002-r2015--582845_saig_iso_iso_1334360). – Date of access: 04.04.2020.
2. Protective clothing against heat and flame – part 1: Test method for complete garments – measurement of transferred energy using an instrumented manikin (ISO 13506-1:2017) [Electronic resource] / International Organization for Standardization. – SAI Glodal, 2017. – Mode of access: [https://infostore.saiglobal.com/en-au/Standards/I-S-EN-ISO-13506-1-2017-880631\\_SAIG\\_NSAI\\_NSAI\\_2092089](https://infostore.saiglobal.com/en-au/Standards/I-S-EN-ISO-13506-1-2017-880631_SAIG_NSAI_NSAI_2092089). – Date of access: 04.04.2020.
3. Clothing for protection against heat and flame – determination of contact heat transmission through protective clothing or constituent materials – part 1: Contact heat produced by heating cylinder (ISO 12127-1: 2015) [Electronic resource] / International Organization for Standardization. – SAI Glodal, 2017. – Mode of access: [https://infostore.saiglobal.com/en-gb/Standards/ISO-12127-1-2015-591467\\_SAIG\\_ISO\\_ISO\\_1354822](https://infostore.saiglobal.com/en-gb/Standards/ISO-12127-1-2015-591467_SAIG_ISO_ISO_1354822). – Date of access: 04.04.2020.
4. Protective clothing – assessment of resistance of materials to molten metal splash (BS EN ISO 9185: 2007) [Electronic resource] / International Organization for Standardization. – SAI Glodal, 2007. – Mode of access: [https://infostore.saiglobal.com/en-gb/Standards/BS-EN-ISO-9185-2007-199529\\_SAIG\\_BSI\\_BSI\\_475084](https://infostore.saiglobal.com/en-gb/Standards/BS-EN-ISO-9185-2007-199529_SAIG_BSI_BSI_475084). – Date of access: 04.04.2020.
5. Standard Test Method for Evaluating Heat Transfer through Materials for Protective Clothing Upon Contact with a Hot Liquid Splash (ASTM F 2701: 2008) [Electronic resource] / International Organization for Standardization. – SAI Glodal, 2008. – Mode of access: [https://infostore.saiglobal.com/en-gb/Standards/ASTM-F-2701-2008-148677\\_SAIG\\_ASTM\\_ASTM\\_342968](https://infostore.saiglobal.com/en-gb/Standards/ASTM-F-2701-2008-148677_SAIG_ASTM_ASTM_342968). – Date of access: 04.04.2020.
6. Денисов, М.А. Математическое моделирование теплофизических процессов ANSYS и CAE-проектирование: учеб. пособие / М.А. Денисов. – Екатеринбург: УрФУ, 2011. – 149 с.

**Разработка методики испытаний пакетов материалов одежды специальной защитной пожарной с учетом послойного контроля температуры при нагревании**

**Development of test methods for packages of materials for special protective clothing for firefighters taking into account layer-by-layer temperature control during heating**

***Жук Дмитрий Викторович***

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

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

e-mail: z.d.vic@yandex.ru

ORCID: 0000-0001-8244-3291

***Dmitry V. Zhuk***

State Educational Establishment «University of Civil Protection of the Ministry for Emergency Situations of the Republic of Belarus», Faculty of Postgraduate Scientific Education, Adjunct

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

e-mail: z.d.vic@yandex.ru

ORCID: 0000-0001-8244-3291

***Дмитракович Николай Михайлович***

кандидат технических наук

Государственное учреждение образования «Университет гражданской защиты Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь», кафедра пожарной аварийно-спасательной техники, профессор

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

e-mail: ontrnic@mail.ru

ORCID: 0000-0002-5372-1077

***Nikolay M. Dmitrakovich***

PhD in Technical Sciences

State Educational Establishment «University of Civil Protection of the Ministry for Emergency Situations of the Republic of Belarus», Chair of Fire Rescue Equipment, Professor

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

e-mail: ontrnic@mail.ru

ORCID: 0000-0002-5372-1077

DOI: <https://doi.org/10.33408/2519-237X.2020.4-2.176>

## DEVELOPMENT OF TEST METHODS FOR PACKAGES OF MATERIALS FOR SPECIAL PROTECTIVE CLOTHING FOR FIREFIGHTERS TAKING INTO ACCOUNT LAYER-BY-LAYER TEMPERATURE CONTROL DURING HEATING

Zhuk D.V., Dmitrakovich N.M.

*Purpose.* Determining the protective properties of a package of materials when heated.

*Methods.* A research of temperature changes in a package of materials by layer's control of values during heating.

*Findings.* Installations and a method for conducting experimental studies of temperature changes in the layers of a package of materials are developed and presented. Experimental studies were carried out and numerical characteristics of the investigated packages of protective clothing for firefighters were obtained. The results of the research are compared with the theoretical calculation in the ANSYS environment. The error of the calculated data does not exceed 7 %.

*Application field of research.* The presented research results can be used both in the researches of the optimal design of the package of materials for protective clothing of firefighters, and for the further study of protective clothing in general.

*Keywords:* firefighter's special protective clothing, packages of materials, thermal conductivity coefficient, heat flux, heat transfer resistance.

(The date of submitting: February 20, 2020)

### REFERENCES

1. *Protective clothing – protection against heat and fire – method of test: evaluation of materials and material assemblies when exposed to a source of radiant heat (ISO 6942: 2002(R2015)).* International Organization for Standardization. SAI Glodal, 2015, available at: [https://infostore.saiglobal.com/en-gb/standards/iso-6942-2002-r2015--582845\\_saig\\_iso\\_iso\\_1334360](https://infostore.saiglobal.com/en-gb/standards/iso-6942-2002-r2015--582845_saig_iso_iso_1334360) (accessed: February 20, 2020).
2. *Protective clothing against heat and flame. Part 1: Test method for complete garments – measurement of transferred energy using an instrumented manikin (ISO 13506-1:2017).* International Organization for Standardization. SAI Glodal, 2017, available at: [https://infostore.saiglobal.com/en-au/Standards/I-S-EN-ISO-13506-1-2017-880631\\_SAIG\\_NSAI\\_NSAI\\_2092089](https://infostore.saiglobal.com/en-au/Standards/I-S-EN-ISO-13506-1-2017-880631_SAIG_NSAI_NSAI_2092089) (accessed: February 20, 2020).
3. *Clothing for protection against heat and flame – determination of contact heat transmission through protective clothing or constituent materials. Part 1: Contact heat produced by heating cylinder (ISO 12127-1: 2015).* International Organization for Standardization. SAI Glodal, 2017, available at: [https://infostore.saiglobal.com/en-gb/Standards/ISO-12127-1-2015-591467\\_SAIG\\_ISO\\_ISO\\_1354822](https://infostore.saiglobal.com/en-gb/Standards/ISO-12127-1-2015-591467_SAIG_ISO_ISO_1354822) (accessed: February 20, 2020).
4. *Protective clothing – assessment of resistance of materials to molten metal splash (BS EN ISO 9185: 2007).* International Organization for Standardization. SAI Glodal, 2007, available at: [https://infostore.saiglobal.com/en-gb/Standards/BS-EN-ISO-9185-2007-199529\\_SAIG\\_BSI\\_BSI\\_475084](https://infostore.saiglobal.com/en-gb/Standards/BS-EN-ISO-9185-2007-199529_SAIG_BSI_BSI_475084) (accessed: February 20, 2020).
5. *Standard Test Method for Evaluating Heat Transfer through Materials for Protective Clothing Upon Contact with a Hot Liquid Splash (ASTM F 2701: 2008).* International Organization for Standardization. SAI Glodal, 2008, available at: [https://infostore.saiglobal.com/en-gb/Standards/ASTM-F-2701-2008-148677\\_SAIG\\_ASTM\\_ASTM\\_342968](https://infostore.saiglobal.com/en-gb/Standards/ASTM-F-2701-2008-148677_SAIG_ASTM_ASTM_342968) (accessed: February 20, 2020).
6. Denisov M.A. *Matematicheskoe modelirovanie teplofizicheskikh protsessov ANSYS i CAE-proektirovanie* [Mathematical modeling of thermophysical processes ANSYS and CAE-design]: tutorial. Ekaterinburg: Ural Federal University, 2011. – 149 p. (rus)

DOI: <https://doi.org/10.33408/2519-237X.2020.4-2.186>

УДК 614.845.1

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПОДАЧИ ОГNETУШАЩЕГО ПОРОШКОВОГО СОСТАВА ОГNETУШИТЕЛЕМ

**Журов М.М., Бобрышева С.Н., Лахвич В.В., Рыжков М.Б.**

*Цель.* Исследовать параметры подачи огнетушащего порошка огнетушителем.

*Методы.* Экспериментальное определение интенсивности подачи и дальности струи огнетушащего порошка.

*Результаты.* Проведены исследования параметров подачи огнетушащего порошкового состава в очаг пожара, получены значения интенсивности и дальности его подачи с помощью стандартного и модернизированного порошкового огнетушителя. По результатам испытаний установлено, что при одинаковом начальном давлении, количестве порошка и насадке-распылителе в модернизированном огнетушителе увеличивается дальность струи, площадь распыления и интенсивность подачи. Экспериментально доказана эффективность тушения с применением предлагаемой конструкции огнетушителя.

*Область применения исследований.* Результаты исследования могут быть использованы для оптимизации конструкции порошкового огнетушителя, формы и размеров насадка-распылителя, а также совершенствования тактики тушения пожаров с применением порошковых огнетушителей.

*Ключевые слова:* порошковый огнетушитель, огнетушащий порошок, интенсивность подачи, дальность струи, насадок-распылитель, площадь распыления, удельный расход порошка.

(Поступила в редакцию 3 апреля 2020 г.)

### **Введение**

Огнетушащие порошковые составы являются эффективными средствами противопожарной защиты, которые широко используются при тушении очагов возгорания [1]. Экспериментально доказано, что увеличение удельной поверхности порошковых составов ведет к повышению огнетушащей эффективности [2; 3]. Опыт практического применения порошковых огнетушителей показывает, что при недостаточной дальности подачи огнетушащих порошковых составов и их концентрации в зоне горения указанные огнетушители становятся неэффективными. Поэтому актуальным является решение вопросов обеспечения требуемой дальности подачи и концентрации огнетушащих порошковых составов в зоне горения.

### **Основная часть**

Тушение и прекращение горения с применением порошковых составов достигается за счет комплексного огнетушащего эффекта: ингибирование химических реакций в зоне горения, охлаждение зоны горения, разбавление горючей среды, эффект огнепреграждения при поверхностном тушении. Основной же эффект тушения достигается за счет ингибирования химических реакций в зоне горения. При этом огнетушащая способность в значительной степени зависит от способа подачи порошковых составов в зону горения [2; 4].

Согласно действующим нормативным документам<sup>1</sup> огнетушащая эффективность огнетушащего порошка определяется при тушении модельных очагов пожара класса А и В. При этом нормативно также установлена продолжительность и дальность подачи огнету-

<sup>1</sup> Система стандартов пожарной безопасности. Порошки огнетушащие общего назначения. Общие технические требования и методы испытаний: СТБ 11.12.01-2009. – Введ. 01.07.09 (с отменой на территории Республики Беларусь НПБ 13-2000). – Минск: НИИ ПБ и ЧС МЧС Беларуси, 2009. – 24 с.



шащего порошка<sup>2</sup>. С учетом указанных значений и установленного минимального ранга модельного очага пожара класса В для порошковых огнетушителей с соответствующей массой огнетушащего вещества (далее – ОТВ) рассчитаны максимальные значения интенсивности подачи огнетушащего порошка для модельных очагов классов 21В – 70В по формуле:

$$I_{mp} = \frac{m}{tS_{мучи}}, \quad (1)$$

где  $m$  – масса огнетушащего порошка, кг;  $t$  – продолжительность подачи огнетушащего порошка, с;  $S_{мучи}$  – площадь модельного очага, м<sup>2</sup>.

Расчетные максимальные значения интенсивности подачи огнетушащего порошка для модельных очагов представлены в таблице 1.

**Таблица 1. – Значения интенсивности подачи огнетушащего порошка**

Масса ОТВ, заряженного в ОП, кг	Ранг модельного очага / площадь, м <sup>2</sup>	Продолжительность подачи ОТВ (не менее), с	Интенсивность подачи ОТВ, кг/(с·м <sup>2</sup> )
2	21В / 0,65	6	0,51
3	34В / 1,10	8	0,34
4	55В / 1,75	10	0,22
5	70В / 2,25	10	0,22

Согласно методу определения текучести порошка<sup>3</sup>, основанному на измерении массового расхода огнетушащего порошка при истечении его из испытательного прибора, минимальное значение текучести составляет 0,28 кг/с. С учетом минимального значения текучести рассчитывали минимальные значения интенсивности подачи огнетушащего порошка по формуле:

$$I_{mp} = \frac{T_{mp}}{S_{мучи}}, \quad (2)$$

где  $T_{mp}$  – минимально установленная текучесть, кг/с;  $S_{мучи}$  – площадь модельного очага, м<sup>2</sup>.

Результаты расчетов минимальных значений требуемой интенсивности (2) представлены в таблице 2.

**Таблица 2. – Минимальные значения интенсивности подачи огнетушащего порошка**

Масса ОТВ, заряженного в ОП, кг	Ранг модельного очага / площадь, м <sup>2</sup>	Интенсивность подачи ОТВ, кг/(с·м <sup>2</sup> )
2	21В / 0,65	0,43
3	34В / 1,10	0,25
4	55В / 1,75	0,16
5	70В / 2,25	0,12

Таким образом, согласно действующим техническим нормативным правовым актам получаем следующие значения параметров интенсивности подачи и дальности (табл. 3). Из таблицы 3 следует, что максимальное значение интенсивности подачи огнетушащего порошка имеет огнетушитель с массой заряда 2 кг, которое может достигать 0,51 кг/(с·м<sup>2</sup>). При этом с увеличением ранга модельного очага интенсивность подачи уменьшается. Следовательно, значение требуемой интенсивности подачи порошка никак не связано со значением требуемой огнетушащей интенсивности порошкового состава, являющейся

<sup>2</sup> Система стандартов пожарной безопасности. Пожарная техника. Огнетушители переносные. Общие технические условия: СТБ 11.13.04-2009. – Введ. 01.09.09 (с отменой на территории Республики Беларусь НПБ 1-2005). – Минск: НИИ ПБ и ЧС МЧС Беларуси, 2009. – 46 с.

<sup>3</sup> См. сноску 1.

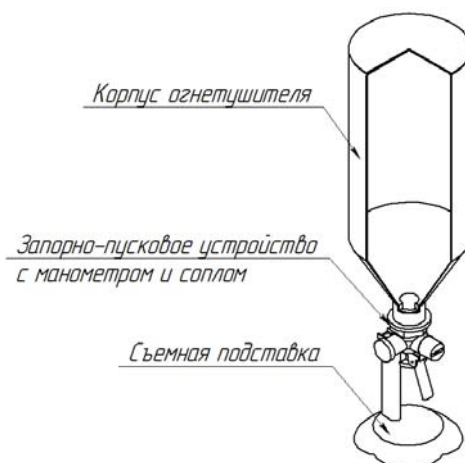
отражением основного эффекта тушения за счет ингибирования химических реакций в зоне горения.

**Таблица 3. – Значения интенсивности подачи и дальности струи огнетушащего порошка**

Масса ОТВ, заряженного в ОП, кг	Интенсивность подачи ОТВ, кг/(с·м <sup>2</sup> )	Длина струи ОТВ (не менее), м
2	0,43–0,51	2
3	0,25–0,34	2
4	0,16–0,22	3
5	0,12–0,22	3

Кроме того, при тушении пожаров с применением порошкового огнетушителя спецификой является то, что при требуемой интенсивности подачи должна обеспечиваться требуемая дальность его подачи. Именно благодаря обеспечению требуемой дальности подачи огнетушащего порошка возможно тушение на всей площади горения. Следовательно, важно обеспечить такие условия работы порошкового огнетушителя, при которых весь его заряд будет использоваться для тушения на всей площади горения. Для этого необходимо проанализировать интенсивность и дальность подачи порошков и определить их наиболее эффективные параметры.

Для увеличения интенсивности и дальности подачи огнетушащего порошка нами предлагается модернизированная конструкция порошкового огнетушителя (рис. 1) [5].



**Рисунок 1. – Конструкция переносного огнетушителя**

Преимущество разработки в том, что она обеспечивает полный выброс запаса огнетушащего порошка и позволяет увеличить интенсивность его подачи без увеличения начального давления в баллоне.

Для определения параметров истечения порошковых составов из стандартного и модернизированного порошкового огнетушителя нами проведены сравнительные испытания указанных огнетушителей с массой огнетушащего порошка 2 кг.

Известно, что параметры истечения порошкового состава зависят от формы и размеров насадка-распылителя. Форма и размеры насадка-распылителя, применяемого в испытаниях, представлены на рисунке 2.

Проведенные испытания огнетушителя с запасом огнетушащего порошка массой 2 кг по методике<sup>4</sup> показали, что существующая конструкция порошкового огнетушителя (далее – ОП-2) не обеспечивает полного выброса огнетушащего заряда [5]. Значения текучести и остатка порошка составили 0,3 кг/с и 8,8 % соответственно. Указанные значения у порошкового огнетушителя с модернизированной конструкцией составили 0,35 кг/с и 0 %

<sup>4</sup> См. сноску 1.

соответственно. Таким образом, установлено, что увеличение текучести в модернизированном огнетушителе достигается за счет изменения как параметров истечения порошкового состава, так и использования всего огнетушащего заряда.

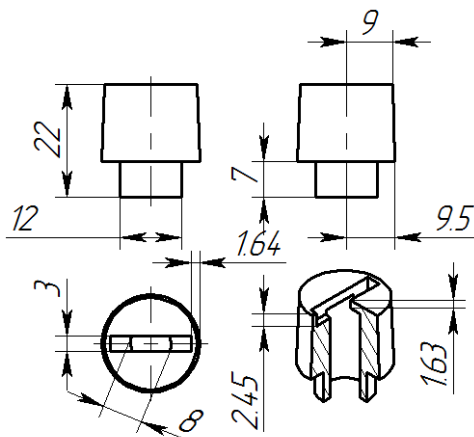


Рисунок 2. – Форма и размеры насадка-распылителя

Результаты испытаний интенсивности подачи огнетушащего порошка представлены в таблице 4.

Таблица 4. – Значения интенсивности подачи огнетушащего порошка

Испытуемый огнетушитель	Текучесть $Q$ , кг/с	Длина струи ОТВ, м	Ранг модельного очага / площадь, $m^2$	Интенсивность подачи ОТВ, $кг/(с \cdot m^2)$
Стандартный	0,30	5,2	21В / 0,65	0,46
Модернизированный	0,35	6,6	21В / 0,65	0,53

Результаты исследования текучести, дальности струи и интенсивности подачи ОТВ позволяют сделать вывод об улучшении параметров работы модернизированного огнетушителя по сравнению со стандартным. В свою очередь, улучшение параметров подачи огнетушащего порошка в каждом конкретном случае тушения должно согласовываться с уменьшением удельного расхода огнетушащего порошка. В соответствии с выводами работ [6; 7] при использовании огнетушащих веществ всегда проявляется экстремальная зависимость удельного расхода от интенсивности их подачи. Экстремальная зависимость представлена на рисунке 3 [7].

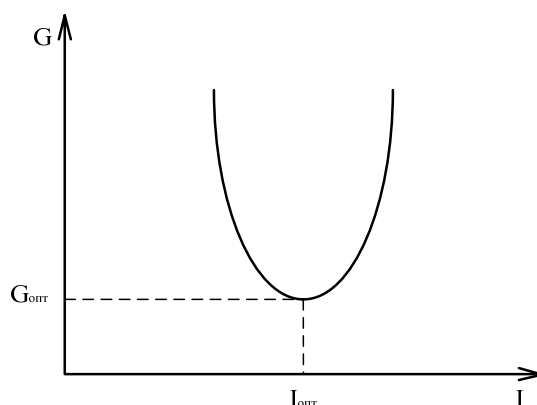


Рисунок 3. – Зависимость удельного расхода огнетушащего вещества ( $G$ ) от интенсивности подачи вещества ( $I$ )

Таким образом, минимальное значение удельного расхода определяется зависимостью  $G = f(I)$ , а эффективность тушения порошковыми составами оценивается по минимальному расходу  $G_{\min}$ . В представленной зависимости минимальное значение удельного расхода рассчитывается исходя из значения оптимальной интенсивности.

Оптимальное эффективное количество огнетушащего порошка для тушения определяется по формуле:

$$G_{\min} = I_{\text{opt}} t, \quad (3)$$

где  $I_{\text{opt}}$  – оптимальная интенсивность подачи порошка, кг/(с·м<sup>2</sup>);  $t$  – время тушения, с.

Проведенные натурные огневые испытания по тушению модельного очага 21В подтвердили эффективность предлагаемой конструкции порошкового огнетушителя ОП-2 [5]. По результатам испытаний также установлено, что при успешных испытаниях общий расход огнетушащего порошка на тушении очага 21В составил 1,2 кг, в то время как при использовании стандартного ОП-2 – 1,6 кг. Эти результаты являются подтверждением улучшения такого параметра, как интенсивность подачи огнетушащего порошка. Вместе с тем данный факт не является прямым подтверждением улучшения такого параметра, как дальность струи. Для подтверждения улучшения параметра дальность струи с помощью модернизированного огнетушителя проведены дополнительные испытания по стандартной методике<sup>5</sup>.

Полученные значения дальности струи с помощью стандартного и модернизированного огнетушителей представлены на рисунке 4.

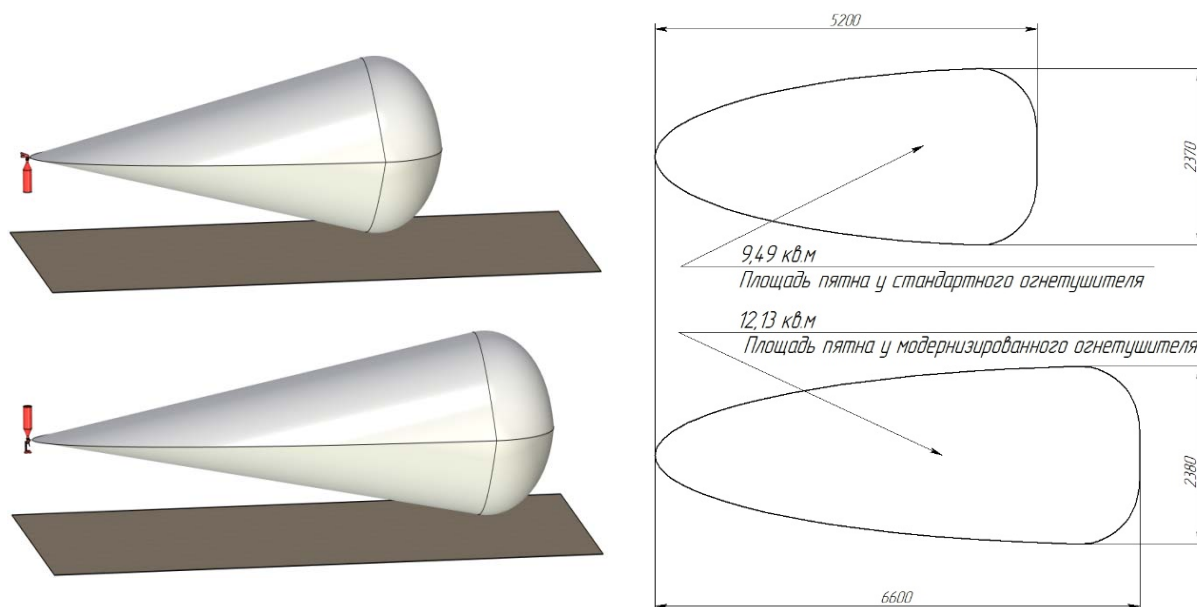


Рисунок 4. – Экспериментально установленные зоны распыления огнетушащего порошка исходным и модернизированным огнетушителем

Проведенные испытания показали, что дальность порошковой струи у модернизированного огнетушителя на 27 % больше, чем у стандартного. Следовательно, предлагаемая конструкция порошкового огнетушителя позволяет улучшить не только интенсивность подачи огнетушащего порошка, но и дальность струи.

Рассчитаем значения поверхностной плотности распыления огнетушащего порошка для стандартного и модернизированного огнетушителя с учетом площади пятна распыления. Для установленных параметров подачи огнетушащего порошка значение поверхностной плотности распыления рассчитывали по формуле:

$$P = \frac{m}{S_n}, \quad (4)$$

где  $m$  – масса огнетушащего порошка, кг;  $S_n$  – площадь пятна распыления огнетушащего порошка при испытаниях, м<sup>2</sup>.

<sup>5</sup> См. сноску 2.

Поверхностная плотность распыления огнетушащего порошка для стандартного огнетушителя составила  $P_{ст} = 0,19 \text{ кг/м}^2$ , для модернизированного –  $P_{м} = 0,17 \text{ кг/м}^2$ . Сравнивая полученные значения, получаем, что значение поверхностной плотности распыления огнетушащего порошка модернизированным огнетушителем меньше значения поверхностной плотности распыления огнетушащего порошка стандартным огнетушителем. Таким образом, при увеличении площади распыления на 27,8 % поверхностная плотность распыления уменьшается на 10,5 %. При этом интенсивность подачи огнетушащего порошка в зону горения увеличивается до 15,2 %, что достигается за счет использования всего запаса огнетушащего порошка. Следовательно, именно изменение параметров подачи огнетушащего порошка из огнетушителя ОП-2 позволяет уменьшить расход огнетушащего порошка на тушение очага 21В. Это объясняется улучшением таких параметров его подачи, как дальность порошковой струи, площадь распыления и интенсивность подачи.

Так как параметры истечения порошкового состава тоже зависят от формы и размеров насадка-распылителя, для определения минимального расхода огнетушащего порошка на тушение, а в дальнейшем оптимизацию насадка-распылителя предлагается проводить с учетом вышеуказанных параметров.

### Заключение

Полученные результаты и их анализ позволяют сделать вывод, что для успешного применения порошкового огнетушителя наряду с проявлением основного эффекта тушения за счет ингибирования химических реакций в зоне горения определяющими являются интенсивность подачи, дальность струи и площадь распыления огнетушащего порошка. Предлагаемая нами конструкция огнетушителя позволяет улучшить параметры истечения порошкового огнетушащего состава, уменьшив при этом его расход для тушения пожара. Установлено, при одинаковом начальном давлении, количестве порошка и насадке-распылителе в модернизированном ОП-2 при увеличении дальности порошковой струи на 27 % и площади распыления на 27,8 % интенсивность подачи огнетушащего порошка увеличивается до 15,2 %.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Каришин, А.В. Применение высокодисперсных порошковых огнетушащих составов в контейнерах для метания в установках пожаротушения стволового типа / А.В. Каришин, А.М. Царев, В.С. Степанюченко // Извест. Самарск. научн. центр. РАН – 2010 – Т. 12., № 1 (9). – С. 2239–2245.
2. Абдурагимов, И.М. Физико-химические основы развития и тушения пожаров: учеб. пособие / И.М. Абдурагимов, В.Ю. Говоров, В.Е. Макаров. – М., 1980. – 255 с.
3. Баратов, А.Н. Горение – Пожар – Взрыв – Безопасность / А.Н. Баратов. – М.: ФГУ ВНИИПО МЧС России, 2003. – 364 с.
4. Брушлинский, Н.Н. Моделирование пожаров и взрывов / Н.Н. Брушлинский, А.Я. Корольченко. – М.: Пожнаука, 2000. – 482 с.
5. Журов, М.М. Оптимизация конструкции порошкового огнетушителя и исследование параметров подачи огнетушащего порошка / М.М. Журов [и др.] // Вестн. Университета гражд. защиты МЧС Беларуси. – 2019. – Т. 3, № 4. – С. 391–399. DOI: 10.33408/2519-237X.2019.3-4.391.
6. Nash, P. Powder and extinguishing system / P. Nash // Fire Prevention. – 1977 – No. 118. – P. 17–21.
7. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения: справочник: в 2 кн. / под общ. ред. А.Н. Баратова, Д.А. Корольченко. – М.: Химия, 1990. – Кн. 1. – С. 88.

## Исследование параметров подачи огнетушащего порошкового состава огнетушителем Investigation of parameters of fire extinguishing powder supply

### **Журов Марк Михайлович**

кандидат технических наук

Государственное учреждение образования «Университет гражданской защиты Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь», кафедра процессов горения и взрыва, доцент

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

e-mail: zhurmark@mail.ru

ORCID: 0000-0001-5228-7371

### **Mark M. Zhurov**

PhD in Technical Sciences

State Educational Establishment «University of Civil Protection of the Ministry for Emergency Situations of the Republic of Belarus», Chair of Combustion and Explosion Processes, Associate Professor

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

e-mail: zhurmark@mail.ru

ORCID: 0000-0001-5228-7371

### **Бобрышева Светлана Николаевна**

кандидат технических наук, доцент

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого», кафедра материаловедения в машиностроении, доцент

Адрес: пр-т Октября, 48, 246746, г. Гомель, Беларусь

e-mail: bobrusheva@tut.by

ORCID: 0000-0002-2838-6721

### **Svetlana N. Bobrysheva**

PhD in Technical Sciences, Associate Professor

Educational Institution «Sukhoi State Technical University of Gomel», Chair of Materials Science in Mechanical Engineering, Associate Professor

Address: pr-t Oktyabrya, 48, 246746, Gomel, Belarus

e-mail: bobrusheva@tut.by

ORCID: 0000-0002-2838-6721

### **Ляхвич Вячеслав Вячеславович**

кандидат технических наук, доцент

Государственное учреждение образования «Университет гражданской защиты Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь», кафедра пожарной аварийно-спасательной техники, начальник кафедры

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

e-mail: slavaspec@rambler.ru

ORCID: 0000-0001-7601-305X

### **Vyacheslav V. Lakhvich**

PhD in Technical Sciences, Associate Professor

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

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

e-mail: slavaspec@rambler.ru

ORCID: 0000-0001-7601-305X

### **Рыжков Михаил Борисович**

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

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

e-mail: Miha123123123miha@mail.ru

### **Mikhail B. Ryzhkov**

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

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

e-mail: Miha123123123miha@mail.ru

DOI: <https://doi.org/10.33408/2519-237X.2020.4-2.186>

## INVESTIGATION OF PARAMETERS OF FIRE EXTINGUISHING POWDER SUPPLY

**Zhurov M.M., Bobrusheva S.N., Lakhvich V.V., Ryzhkov M.B.**

*Purpose.* To research the parameters of the fire extinguishing powder supply.

*Methods.* Experimental determination of the feed intensity and range of the fire extinguishing powder jet.

*Findings.* Studies of the parameters of the supply of fire extinguishing powder composition to the fire center were carried out, the values of the intensity and range of its supply were obtained using a standard and modernized powder fire extinguisher. According to the results of tests, it was found that at the same initial pressure, amount of powder and spray nozzle in the upgraded fire extinguisher, the range of the jet, the area of spraying and the intensity of supply increases. The effectiveness of extinguishing using the proposed design of the fire extinguisher has been practically proven.

*Application field of research.* The results of the research can be used to optimize the design of the powder extinguisher, the shape and size of the spray nozzle, as well as to improve the tactics of extinguishing fires using powder extinguishers.

*Keywords:* powder extinguisher, fire extinguishing powder, intensity supply, jet range, spray nozzle, spray area, specific consumption of powder.

(The date of submitting: April 3, 2020)

### REFERENCES

1. Karishin A.V., Tsarev A.M., Stepanyuchenko V.S. Primenenie vysokodispersnykh poroshkovykh oagnetushashchikh sostavov v konteynerakh dlya metaniya v ustanovkakh pozharotusheniya stvolovogo tipa [Application of highly dispersed powder extinguishing agents in containers for throwing in fire extinguishing installations of the stem type]. *News Samara scientific center of the Russian Academy of Sciences*, 2010. Vol. 12, No. 1 (9). Pp. 2239–2245. (rus)
2. Abduragimov I.M., Govorov V.Yu., Makarov V.E. *Fiziko-khimicheskie osnovy razvitiya i tusheniya pozharov* [Physical and chemical bases of fire development and extinguishing]: tutorial. Moscow, 1980. 255 p. (rus)
3. Baratov A.N. *Gorenie – Pozhar – Vzryv – Bezopasnost'* [Fire-Explosion-Safety]. Moscow: FGU VNIPO MChS Rossii, 2003. 364 p. (rus)
4. Brushlinskiy N.N., Korol'chenko A.Ya. *Modelirovanie pozharov i vzryvov* [Modeling fires and explosions]. Moscow: Pozhnauka, 2000. 482 p. (rus)
5. Zhurov M.M., Bobrusheva S.N., Korotkevich S.G., Chernyy Yu.S. Optimizatsiya konstruktсии poroshkovogo oagnetushatelya i issledovanie parametrov podachi oagnetushashchego poroshka [Optimization of the design of a powder fire extinguisher and investigation of the parameters of the supply of fire extinguishing powder]. *Journal of Civil Protection*, 2019. Vol. 3, No. 4. Pp. 391–399. (rus). DOI: 10.33408/2519-237X.2019.3-4.391.
6. Nash P. Powder and extinguishing system. *Fire Prevention*, 1977, No. 118. Pp. 17–21.
7. *Pozharovzryvoopasnost veshchestv i materialov i sredstva ikh tusheniya* [Fire and explosion hazard of substances and materials and their means of fighting]: reference book. Ed. by Baratov A.N., Korol'chenko A.Ya. Moscow: Khimiya Publ., 1990, book 1, 88 p. (rus)



DOI: <https://doi.org/10.33408/2519-237X.2020.4-2.194>

УДК 614.842

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ ПЕРЕДАЧИ ИЗВЕЩЕНИЙ О ПОЖАРЕ «МОЛНИЯ»

Грачулин А.В., Шкирандо Д.А.

*Цель.* Разработать предложения по совершенствованию функционирования системы передачи извещений о пожаре «Молния» для уменьшения экономических затрат со стороны МЧС Республики Беларусь из-за выездов пожарных подразделений вследствие ложных срабатываний систем пожарной автоматики.

*Методы.* Анализ статистических данных о функционировании системы передачи извещений о пожаре «Молния» в г. Минске. Оценка экономических затрат на выезды пожарных подразделений вследствие ложных срабатываний систем пожарной автоматики.

*Результаты.* Разработаны предложения по совершенствованию функционирования системы передачи извещений о пожаре «Молния», внедрение которых позволит уменьшить количество ложных выездов пожарных подразделений и снизить экономические затраты со стороны МЧС Республики Беларусь.

*Область применения исследований.* Представленные результаты исследований могут быть использованы при модернизации системы передачи извещений о пожаре «Молния».

*Ключевые слова:* система пожарной автоматики, система передачи извещений, пожар, ложное срабатывание, ложный вызов.

(Поступила в редакцию 26 февраля 2020 г.)

### Введение

Пожары наносят огромный материальный ущерб и в ряде случаев сопровождаются гибелью людей. Поэтому защита от пожаров является важнейшей обязанностью каждого члена общества и проводится в общегосударственном масштабе. Для обеспечения противопожарной защиты объектов различного функционального назначения широко используются системы пожарной автоматики, предназначенные для автоматического обнаружения факторов пожара, оповещения об этом персонала и посетителей объекта и управления их эвакуацией, локализации и ликвидации непосредственно самого возгорания, а также своевременного сообщения о пожаре в соответствующие экстренные службы [1–3]. Область применения систем пожарной автоматики, как правило, определяется детерминированным методом в соответствии с техническими нормативными правовыми актами<sup>1, 2</sup>.

В составе систем пожарной автоматики защищаемых объектов следует предусматривать оборудование систем передачи извещений о пожаре (далее – СПИ), обеспечивающее передачу сигналов о пожаре и неисправности пожарной автоматики на пункт диспетчеризации пожарной автоматики МЧС [4].

СПИ предназначены:

– для предотвращения гибели людей и сокращения материального ущерба при возникновении пожара за счет более оперативного извещения о нем пожарных подразделений;

<sup>1</sup> Пожарная автоматика зданий и сооружений. Строительные нормы проектирования: ТКП 45-2.02-317-2018. – Введ. 01.09.18 (с отменой на территории Республики Беларусь ТКП 45-2.02-190-2010). – Минск: М-во архитектуры и стр-ва Респ. Беларусь, 2018. – 96 с.

<sup>2</sup> Нормы пожарной безопасности Республики Беларусь. Область применения автоматических систем пожарной сигнализации и установок пожаротушения: НПБ 15-2007. – Взамен НПБ 15-2004. – Введ. 01.03.08. – Минск: М-во по чрезвычай. ситуациям Респ. Беларусь, 2007. – 44 с.

– для оптимизации затрат на выезды подразделений путем применения технических средств, алгоритмов и организационных мероприятий, позволяющих максимально исключить выезды на ложные вызовы.

Самым распространенным каналом передачи информации до недавнего времени, безусловно, являлась телефонная линия. К основным достоинствам систем с их использованием относятся: высокая информативность, поддержка международных стандартов передачи данных (протокол ContactID), способность к интеграции и низкая стоимость объектового оборудования. К недостаткам – необходимость наличия на защищаемых объектах нескольких свободных телефонных линий, нестабильная работа используемых АТС, отсутствие контроля целостности телефонной линии, низкая частота тестовых сигналов.

Однако для организации СПИ, предназначенной для широкого круга потребителей, с учетом технических особенностей и экономической целесообразности наиболее выгодным является использование беспроводных каналов связи: выделенных частотных диапазонов, сотовой связи стандарта GSM, широкополосного беспроводного доступа Wi-Fi, WiMAX. В состав таких СПИ в общем случае должны входить (рис. 1): объектовое оконечное устройство (далее – ООУ), ретрансляторы (при необходимости), пульт централизованного наблюдения (далее – ПЦН)<sup>3</sup>.

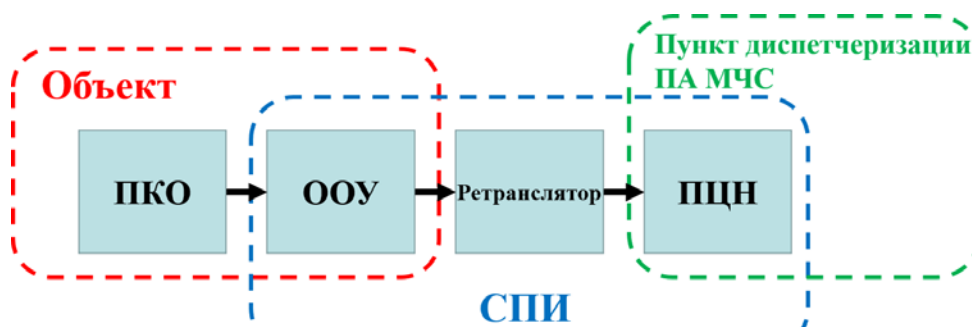


Рисунок 1. – Структура системы передачи извещений о пожаре

На территории Республики Беларусь применяется СПИ «Молния», которая предназначена для передачи по каналам электросвязи и приема в пункте, где установлен ПЦН, извещений о состоянии приемно-контрольного оборудования и приборов управления (ПКО), а также выдачи с ПЦН на приборы управления контрольных команд для их проверки и управления. Передача извещений осуществляется по каналу GPRS и проводным каналам электросвязи. Непосредственно на защищаемых объектах устанавливается ООУ СПИ «Молния» (рис. 2).

Опыт функционирования СПИ «Молния» указывает на ряд недостатков, требующих устранения и существенной модернизации отдельных компонентов, программного обеспечения и алгоритмов функционирования системы. В качестве основного недостатка можно выделить передачу извещений о ложных срабатываниях систем пожарной автоматики и дальнейшее реагирование на них пожарных подразделений – фактически ложный вызов. Большое количество объектов мониторинга и регулярные ложные срабатывания систем пожарной автоматики обуславливают значительные материальные затраты со стороны МЧС Республики Беларусь из-за выездов пожарных подразделений на подобные вызовы. Таким образом, актуальность работы заключается в проведении анализа работы СПИ «Молния» и разработке предложений по совершенствованию ее функционирования.

<sup>3</sup> Система стандартов пожарной безопасности. Системы передачи извещений о пожаре. Общие технические требования. Методы контроля: СТБ 11.16.10-2016. – Взамен НПБ 113-2005. – Введ. 01.06.17. – Минск: Белорус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 2016. – 20 с.



Рисунок 2. – Внешний вид ООУ

### Основная часть

Анализ работы СПИ «Молния» производился с использованием статистических данных о функционировании системы в г. Минске, в котором на конец 2019 г. к СПИ «Молния» было подключено 9324 абонента (защищаемых объекта). На рисунке 3 приведена сводная информация о работе СПИ «Молния» в г. Минске за 2019 г. При этом не учитывались сигналы о пожаре, поступающие в рамках работ по техническому обслуживанию систем пожарной автоматики на защищаемых объектах.



Рисунок 3. – Статистика по сигналам о пожаре от СПИ «Молния» в г. Минске за 2019 г.

Из рисунка 3 видно, что только по 5 % сигналов, поступивших от СПИ «Молния», осуществлен выезд пожарных подразделений. Это обусловлено сложившимся алгоритмом взаимодействия дежурного персонала на защищаемом объекте (при его наличии) и диспетчерами ПЦН СПИ «Молния». При поступлении сигнала о пожаре дежурный персонал в кратчайшие сроки проверяет наличие возгорания на объекте и сообщает информацию диспетчеру ПЦН. В результате это позволяет отсеять значительную часть ложных срабатываний систем пожарной автоматики на защищаемом объекте и предотвратить выезд пожарных подразделений. Однако в случае отсутствия на защищаемом объекте дежурного персонала или при несвоевременном представлении информации об отсутствии возгорания диспетчер вынужден высылать пожарные подразделения на объект, откуда поступил сигнал о пожаре (рис. 4).

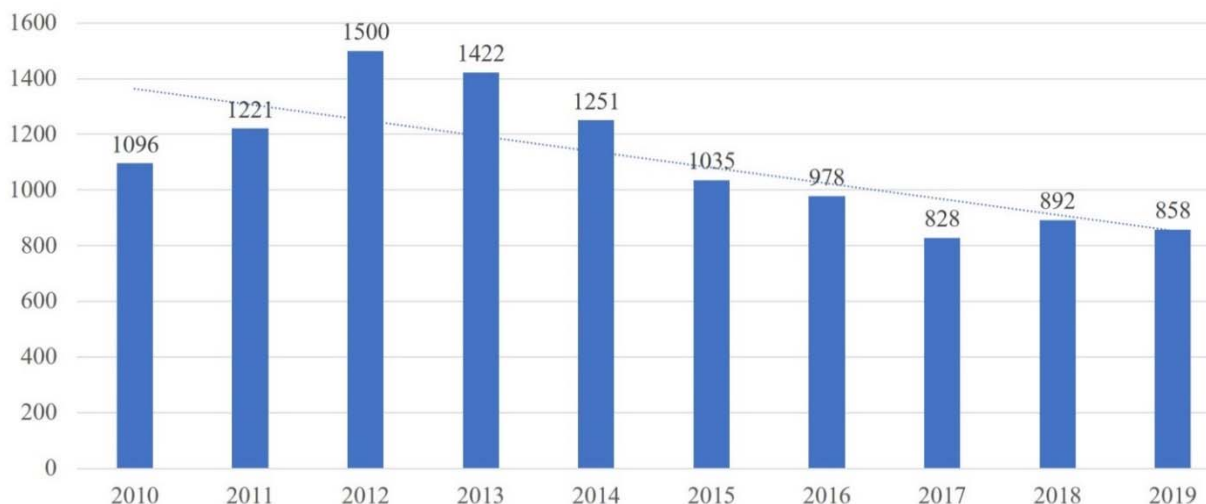


Рисунок 4. – Статистика выездов пожарных подразделений по ложным сигналам о пожаре от СПИ «Молния» в г. Минске за период 2010–2019 гг.

Как видно из рисунка 4, количество выездов пожарных подразделений по ложным сигналам о пожаре от СПИ «Молния» в г. Минске постепенно сокращается. С 2012 г. их число уменьшилось в 1,77 раза. Также стоит отметить, что по статистике (рис. 3) только в 3,8 % случаев выездов пожарных подразделений (0,2 % от общего количества сигналов о пожаре от СПИ «Молния») на защищаемом объекте действительно был пожар. Это говорит о низкой достоверности сигналов и, как следствие, результативности работы СПИ «Молния».

Для оценки затраченных ресурсов при реагировании пожарными подразделениями на сигналы СПИ «Молния» вследствие ложных срабатываний систем пожарной автоматики в 2019 г. в г. Минске подробно рассматривался каждый из 858 случаев выезда пожарной техники (табл. 1). При этом некоторые из рассмотренных случаев сопровождались выездом более одной единицы пожарной техники, что в общей сумме дало 899 выездов отдельных единиц пожарной техники (боевых расчетов). Для оценки использовались материалы, указанные в суточных сводках МЧС<sup>4</sup>: адрес объекта, на котором сработала система пожарной автоматики, номер пожарной аварийно-спасательной части (как следствие, адрес ее расположения), вид и количество пожарной техники, выехавшей по сигналу о пожаре от СПИ «Молния» (стб. 2–4 табл. 1).

Таблица 1. – Сводные данные для оценки затраченных ресурсов в г. Минске в 2019 г. (в качестве примера приведены данные по одному выезду)

№ п/п	Адрес выезда (защищаемого объекта)	Вид пожарной техники	№ ПАСЧ	Расстояние до объекта, км	Время следования, мин	Общее время, затраченное на выезд, мин	Израсходовано топлива, л	Стоимость топлива, бел. руб.
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	ул. Лобанка, 86, торговый центр «Радзивилловский»	АБР	ПАСЧ-18	3,7	7,4	23,9	4,0	6,56
Всего				2263,1	3416,8	16678,3	2754,2	4525,11

Расстояние до объекта (стб. 5 табл. 1) определялось с использованием поисково-информационной картографической службы Яндексa (прокладывался и измерялся маршрут по дорогам общего пользования от пожарной аварийно-спасательной части (далее – ПАСЧ) до объекта)<sup>5</sup>.

<sup>4</sup> Суточные сводки МЧС Республики Беларусь [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://mchs.gov.by/operativnaya-informatsiya/sutochnye-svodki-mchs/v-rb>. – Дата доступа: 10.02.2020.

<sup>5</sup> Карта Минска с улицами и номерами домов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://yandex.by/maps/157/minsk>. – Дата доступа: 10.02.2020.

Время следования пожарной техники (стб. 6 табл. 1) от места дислокации ПАСЧ до объекта, на котором произошло срабатывание системы пожарной автоматики, определялось классическим способом с учетом скорости движения в населенном пункте – 30 км/ч<sup>6</sup>.

Общее время  $T_{\text{общ}}$ , затраченное на выезд одним боевым расчетом (стб. 7 табл. 1), определялось по формуле:

$$T_{\text{общ}} = T_{\text{в}} + 2T_{\text{след}} + T_{\text{обсл}}, \quad (1)$$

где  $T_{\text{в}}$  – время, затраченное на подготовку к выезду и прогрев двигателя автомобиля (принимался равным 1 мин)<sup>7</sup>;  $T_{\text{след}}$  – время следования пожарной техники к месту вызова (коэффициент 2 учитывает возвращение боевого расчета в ПАСЧ);  $T_{\text{обсл}}$  – время обследования объекта на предмет наличия пожара (принимался равным 10 мин).

Расчет общего количества  $V_{\text{общ}}$ , израсходованного пожарной техникой топлива в результате выезда (стб. 8 табл. 1), вычислялся по формуле:

$$V_{\text{общ}} = V_{\text{в}} + 2V_{\text{след}} + V_{\text{обсл}}, \quad (2)$$

где  $V_{\text{в}}$  – объем топлива на прогрев двигателя автомобиля (учитывался расход топлива на холостых оборотах двигателя);  $V_{\text{след}}$  – объем топлива, израсходованный за время следования пожарной техники к месту вызова (учитывался среднесезонный расход топлива двигателем автомобиля на 100 км/ч);  $V_{\text{обсл}}$  – объем топлива, израсходованный за время обследования объекта на предмет наличия пожара (учитывался расход топлива на холостых оборотах двигателя в течение 10 мин).

Основные тактико-технические характеристики для расчета затраченного топлива представлены в таблице 2.

**Таблица 2. – Расход топлива двигателей для различных видов пожарной техники**

Вид пожарной техники	АБР	АЦ	АГДЗС	АЛ	АЛ 55	АСА	МПУ
Расход топлива на холостых оборотах двигателя, л/мин	0,04	0,08	0,07	0,12	0,09	0,04	0,04
Средний расход топлива двигателем автомобиля, л/100 км	21	40	32	58	45	21	21

Примечание: в таблице приведены усредненные значения для отдельного вида пожарной техники с разными моделями двигателей.

Стоимость топлива (стб. 9 табл. 1) определялась с учетом средней стоимости дизельного топлива в Республике Беларусь за 2019 г. – 1,64 бел. руб.<sup>8</sup>

Таким образом, как видно из таблицы 1, Минским гарнизоном при реагировании на ложные срабатывания систем пожарной автоматики затрачено 16 678,3 мин, преодолено 4526,2 км (с учетом возвращения в ПАСЧ), затрачено около 4525,11 бел. руб. на дизельное топливо. При этом в рамках 1 выезда в среднем задействуется около 6 человек.

Приведенная оценка подтверждает необходимость совершенствования функционирования СПИ «Молния». Для этого проведен анализ причин ложных срабатываний систем пожарной автоматики. В рамках реагирования на факты ложных выездов пожарных подразделений на объекты, от которых поступали сигналы СПИ «Молния» о пожаре вследствие ложных срабатываний систем пожарной автоматики, инспектором государственного пожарного надзора в течение 3 рабочих дней осуществляется разбирательство о причинах. В результате анализа данных разбирательств сформирована таблица 3 о причинах ложных срабатываний систем пожарной автоматики.

<sup>6</sup> Нормы пожарной безопасности Республики Беларусь. Порядок определения необходимого количества сил и средств подразделений по чрезвычайным ситуациям для тушения пожаров: НПБ 64-2017. – Введ. 01.11.17. – Минск: М-во по чрезвыч. ситуациям Респ. Беларусь, 2017. – 32 с.

<sup>7</sup> См. сноску 6.

<sup>8</sup> Национальный статистический комитет Республики Беларусь [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.belstat.gov.by/ofitsialnaya-statistika/realny-sector-ekonomiki/tseny>. – Дата доступа: 09.01.2020.

Таблица 3. – Причины ложных срабатываний систем пожарной автоматики

Причины ложных срабатываний	%
Неисправность оборудования	36,6
Попадание пыли в дымовой пожарный извещатель	17,6
Попадание насекомого в дымовой пожарный извещатель	10,6
Попадание влаги в пожарный извещатель в результате залития (порыв труб водоснабжения, течь кровли)	8,4
Скачок напряжения в сети	6,7
Попадание пара в дымовой пожарный извещатель в результате работы бытовых приборов / приготовления пищи	4,6
Необеспечение работоспособности оборудования вследствие непроведения технического обслуживания	4,2
Попадание пыли в дымовой пожарный извещатель при проведении строительно-монтажных работ	3,8
Не установлена	2,9
Нажатие ручного пожарного извещателя неустановленным лицом	2,5
Падание дыма в дымовой пожарный извещатель при курении	1,3
Ошибка диспетчера на ПЦН	0,8

Приведенные в таблице 3 причины формирования ложных срабатываний можно разделить на 3 основные группы:

- человеческий фактор;
- некачественное техническое обслуживание;
- износ оборудования.

Исходя из этого сформулированы основные мероприятия по снижению ложных вызовов пожарной и аварийно-спасательной техники (табл. 4).

Таблица 4. – Предложения по совершенствованию функционирования СПИ «Молния»

Группа причин	Причины	Предложение	Ожидаемый результат
Человеческий фактор	Срабатывание систем пожарной автоматики в результате деятельности человека (приготовление пищи, нажатие ручного пожарного извещателя, курение, проведение строительно-монтажных работ)	Включение в договор по СПИ «Молния» <sup>9</sup> пункта ответственности собственника объекта в виде компенсации затрат за выезд пожарной техники в случае формирования сигнала по причине «действия человека»	Обеспечение возможности компенсации затраченных МЧС ресурсов, а также усиление эффекта от проводимой профилактической работы
	Ошибка диспетчера ПЦН при фиксации номера SIM-карты объекта, на котором проводится техническое обслуживание системы пожарной автоматики	Модернизация программного обеспечения диспетчера (замена ручной записи информации (ведение бумажного журнала) на электронную)	Повышение эффективности работы диспетчера, снижение вероятности его ошибки
Некачественное техническое обслуживание	Формальное выполнение работ по техническому обслуживанию. Выполнение работ не в полном объеме	Модернизация ООУ СПИ «Молния». При этом следует предусмотреть возможность непосредственно на объекте осуществлять просмотр всех сигналов, проходящих от ООУ на ПЦН	Повышение качества выполнения работ по техническому обслуживанию вследствие возможности его контроля в любое время собственником объекта, инспектором ГПН, инженерно-техническим работником обслуживающей организации

<sup>9</sup> Система технического обслуживания и ремонта автоматических установок пожаротушения, систем противодымной защиты, пожарной сигнализации, систем оповещения о пожаре и управления эвакуацией. Организация и порядок проведения работ: ТКП 316-2011. – Введ. 01.09.11 (с отменой на территории Республики Беларусь РД 25 964-90). – Минск: М-во по чрезвычай. ситуациям Респ. Беларусь, 2011. – 40 с.

Продолжение таблицы 4

Группа причин	Причины	Предложение	Ожидаемый результат
Износ оборудования	Выход из строя (некорректная работа) оборудования систем пожарной автоматики вследствие завершения срока их эксплуатации, несвоевременной замены составных элементов	Применение в системах пожарной автоматики более совершенных технических решений и надежного оборудования	Минимизация ложных срабатываний вследствие выхода из строя оборудования
	Отсутствие связи между ООУ и ПЦН СПИ «Молния», слабый уровень сигнала используемого GSM/GPRS канала	Модернизация ООУ СПИ «Молния». При этом следует предусмотреть использование различных каналов связи (GSM/GPRS, IoT, Wi-Fi, Ethernet и др.)	Повышение выживаемости передаваемых сигналов, резервирование каналов связи

### Заключение

СПИ «Молния» и связанные с ней системы пожарной автоматики имеют ряд недостатков, основным из которых является передача ложных сигналов о пожаре и дальнейшее реагирование на них пожарных подразделений.

В результате проведенного анализа предлагается ряд решений по совершенствованию функционирования СПИ «Молния»:

- включение в договор по использованию СПИ «Молния» пункта об ответственности собственника объекта в виде компенсации затрат за выезд пожарной техники в случае формирования сигнала по причине «действия человека»;

- модернизация программного обеспечения диспетчера (замена ручной записи информации на электронную);

- модернизация ООУ СПИ «Молния». При этом следует предусмотреть возможность непосредственно на объекте осуществлять просмотр всех сигналов, проходящих от ООУ на ПЦН и использовать различные каналы связи (GSM/GPRS, IoT, Wi-Fi, Ethernet и др.);

- применение в системах пожарной автоматики более совершенных технических решений и надежного оборудования.

Внедрение данных предложений позволит уменьшить количество ложных выездов пожарных подразделений и снизить экономические затраты МЧС.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Мисюкевич, Н.С. Техническое обеспечение безопасности при пожаре: учеб. пособие / Н.С. Мисюкевич. – Минск: Белпринт: Смэлток, 2016. – 512 с.
2. Производственная и пожарная автоматика. Производственная автоматика для предупреждения пожаров и взрывов: учебник: в 2 ч. / А.В. Федоров, В.И. Фомин, В.И. Смирнов; под общ. ред. А.В. Федорова. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2012. – Ч. 1. – 245 с.
3. Производственная и пожарная автоматика. Автоматическая пожарная сигнализация: учебник: в 2 ч. / В.П. Бабуров [и др.]; под ред. В.П. Бабурова, В.И. Фомина. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2015. – Ч. 2. – 270 с.
4. Аушев, И.Ю. Интегрированные системы безопасности. Системы передачи извещений о пожаре и неисправности: пособие / И.Ю. Аушев. – Минск: КИИ МЧС Респ. Беларусь, 2010. – 55 с.



Совершенствование функционирования системы передачи  
извещений о пожаре «Молния»

Improving of operation of the «Lightning» fire notification system

**Грачулин Александр Владимирович**

кандидат технических наук, доцент

Гомельский филиал государственного  
учреждения образования «Университет  
гражданской защиты Министерства  
по чрезвычайным ситуациям Республики  
Беларусь», ученый секретарь  
Совета университета

Адрес: ул. Машиностроителей, 25,  
220118, г. Минск, Беларусь  
e-mail: Grachulin@ucp.by  
ORCID: 0000-0003-3832-8258

**Alexander V. Grachulin**

PhD in Technical Sciences, Associate Professor

State Educational Establishment «University  
of Civil Protection of the Ministry for Emergency  
Situations of the Republic of Belarus»,  
Scientific Secretary of University Council

Address: ul. Mashinostroiteley, 25,  
220118, Minsk, Belarus  
e-mail: Grachulin@ucp.by  
ORCID: 0000-0003-3832-8258

**Шкирандо Дмитрий Александрович**

Учреждение «Минское городское управление  
Министерства по чрезвычайным ситуациям  
Республики Беларусь», отдел лицензирования  
и надзора за продукцией и услугами в области  
пожарной безопасности, старший инженер

Адрес: ул. Козлова, 26-8,  
220038, г. Минск, Беларусь

**Dmitriy A. Shkirando**

Establishment «Minsk City Department  
of the Ministry for Emergency Situations  
of the Republic of Belarus», Department  
of Licensing and Supervision of Products  
and Services in the Field of Fire Safety,  
Senior Engineer

Address: ul. Kozlova, 26-8,  
220038, Minsk, Belarus

DOI: <https://doi.org/10.33408/2519-237X.2020.4-2.194>

## IMPROVING OF OPERATION OF THE «LIGHTNING» FIRE NOTIFICATION SYSTEM

Grachulin A.V., Shkirando D.A.

*Purpose.* To develop proposals for improving the «Lightning» fire notification system to reduce economic costs of fire departments departures of the MES of the Republic of Belarus to false alarms of fire automatics system.

*Methods.* Analysis of statistical data on the operation of the «Lightning» fire notification system in Minsk. Evaluation of economic costs of fire departments departures to false alarms of fire automatics system.

*Findings.* The suggestions have been developed to improve operation of the «Lightning» fire notification system, the implementation of which will reduce the number of false departures of fire departments and reduce economic costs from the MES of the Republic of Belarus.

*Application field of research.* The presented research results can be used in modernization the «Lightning» fire notification system.

*Keywords:* fire automatics system, fire notification system, fire, false alarms, false departure.

(The date of submitting: February 26, 2019)

### REFERENCE

1. Misyukevich N.S. *Tekhnicheskoe obespechenie bezopasnosti pri pozhare* [Technical support of fire safety]: tutorial. Minsk: Belprint: Smeltok, 2016. 512 p. (rus)
2. Fedorov A.V., Fomin V.I., Smirnov V.I. *Proizvodstvennaya i pozharnaya avtomatika. Ch. 1. Proizvodstvennaya avtomatika dlya preduprezhdeniya pozharov i vzryvov* [Industrial and fire automatics. Part 1. Industrial automatics to prevent fires and explosions]: textbook in 2 parts. Ed. By A.V. Fedorov. Moscow: State Fire Academy of EMERCOM of Russia, 2012. Part 1. 245 p. (rus)
3. Baburov V.P., Baburin V.V., Fedorov A.V. *Proizvodstvennaya i pozharnaya avtomatika. Ch. 2. Avtomaticheskaya pozharnaya signalizatsiya* [Industrial and fire automatics. Part 2. Automatic fire alarm]: textbook in 2 parts. Ed. By V.P. Baburov, A.V. Fedorov. Moscow: State Fire Academy of EMERCOM of Russia, 2015. Part 2. 270 p. (rus)
4. Aushev I.Yu. *Integrirrovannye sistemy bezopasnosti. Sistemy peredachi izveshcheniy o pozhare i neispravnosti* [Integrated security systems. Fire and malfunction notification system]: tutorial. Minsk: Institute for command engineers of MES of the Republic of Belarus, 2010. 55 p. (rus)

DOI: <https://doi.org/10.33408/2519-237X.2020.4-2.203>

УДК 351.861

## КОНЦЕПЦИЯ РАЗВИТИЯ ГОСУДАРСТВЕННОЙ СИСТЕМЫ ГРАЖДАНСКОЙ ЗАЩИТЫ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

Пархомчик Э.А., Мурзич И.К., Бузин Н.Е.

*Цель.* Провести анализ существующих зарубежных государственных систем защиты населения от чрезвычайных ситуаций в мирное и военное время. Рассмотреть перспективу развития государственной системы гражданской защиты, выполняющей функции защиты населения от чрезвычайных ситуаций как в мирное, так и военное время.

*Методы.* Используются общенаучные методы исследования: индукции и дедукции, сравнения и обобщения, аналогии.

*Результаты.* Обозначены факторы, позволяющие объединить государственную систему предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций и гражданской обороны, перспективы создания и развития государственной системы гражданской защиты в Республике Беларусь.

*Область применения исследований.* В статье на основе анализа сложившейся ситуации дано описание возможных направлений и путей развития гражданской защиты в Республике Беларусь в рамках основных направлений социально-экономического, научно-технического и технологического развития республики. Полученные данные могут быть использованы в области организации деятельности гражданской защиты в Республике Беларусь.

*Ключевые слова:* гражданская оборона, государственная система гражданской защиты, чрезвычайная ситуация, государственная система предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций.

(Поступила в редакцию 30 апреля 2020 г.)

### Введение

Анализ статистических данных указывает на то, что удельный вес жертв среди мирного населения в Первой мировой войне составил 5 % от всех погибших, во Второй мировой – 50 %, в войне в Корее – 84 %, а во Вьетнаме – около 90 % [1]. Наряду с этим происходит увеличение чрезвычайных ситуаций (далее – ЧС) и в мирное время [2].

В связи с этим неотъемлемой частью реализации национальной безопасности, независимости и суверенитета нашей страны является защита населения от ЧС природного и техногенного характера, опасностей, возникающих при ведении военных действий или вследствие этих действий и обеспечение выживания в этих условиях [2].

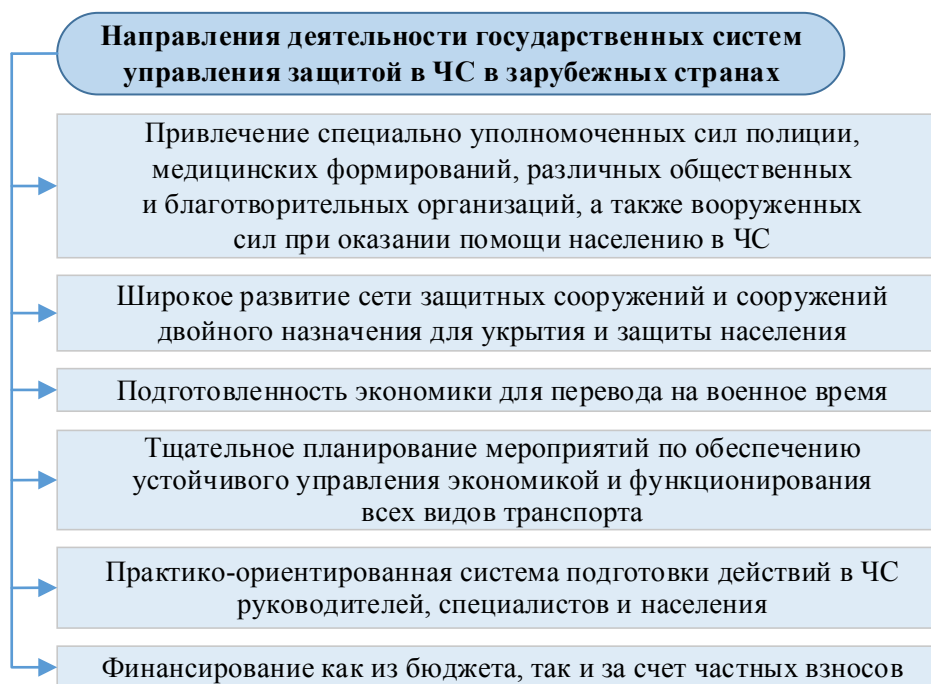
Научно-технический прогресс, постоянно изменяющаяся военно-политическая обстановка, создание новых видов оружия и способов их использования обуславливают возникновение новых источников опасности, а следовательно, разработку новых способов и средств защиты от них для обеспечения безопасности населения.

При этом следует учитывать и опыт других стран, которые начиная с 1970-х гг., в частности государства Западной Европы, строили свою правовую и организационную деятельность в области предупреждения и ликвидации ЧС по двум основным направлениям, представленным в работе [2].

### Основная часть

Анализ деятельности государственных систем защиты от ЧС, государственных органов, в составе которых эти системы находятся, а также основные специфические особенности их организации в зарубежных странах представлены в работе [2]. Основываясь на

этом анализе, можно выделить следующие направления деятельности государственных систем управления защитой в ЧС в зарубежных странах (рис. 1):



**Рисунок 1. – Направления деятельности государственных систем управления защитой в ЧС в зарубежных странах**

Однако следует отметить, что в последнее время в мировой практике просматривается тенденция по оптимизации структур и расширению возможностей сил антикризисных систем по предупреждению и ликвидации ЧС, стихийных бедствий и техногенных аварий как в мирное, так и военное время.

Со времен существования СССР на территории Республики Беларусь и стран Содружества Независимых Государств (далее – СНГ) функцию защиты от ЧС выполняла гражданская оборона (далее – ГО), преимущественно она ориентировалась на решение задач военного времени – в части ликвидации аварий и стихийных бедствий как дополнительную вспомогательную задачу. Только в 1987 г. на нее были законодательно возложены задачи мирного времени. Однако на практике действия ГО в крупномасштабных ЧС мирного времени оказались неэффективными.

В настоящее время можно констатировать наличие в каждой из стран СНГ сложившейся самостоятельной сферы правового регулирования в области обеспечения безопасности в ЧС. Национальное правовое регулирование включает соответствующие основополагающие конституционные принципы и положения, конституционные законы, законы, нормативные правовые акты глав государств, правительств и других органов исполнительной власти.

Соответствующие законы (в Российской Федерации – Федеральный закон «О гражданской обороне»; в Кыргызской Республике, Республике Молдова, Республике Узбекистан – Законы «О гражданской защите»; в Украине – Закон «О гражданской обороне Украины») приняты в 1993–2009 гг. в странах СНГ. В Украине до июля 2013 г., помимо Закона Украины от 3 февраля 1993 г. № 2974-ХІІ «О гражданской обороне Украины», правовые и организационные основы защиты населения от ЧС военного характера регулировались Законом Украины от 24 июня 2004 г. № 1859-ІV «О правовых основах гражданской защиты».

С 1 июля 2013 г. Законы Украины от 3 февраля 1993 г. № 2974-ХІІ «О гражданской обороне Украины» и от 24 июня 2004 г. № 1859-ІV «О правовых основах гражданской защиты» утратили силу ввиду принятия Кодекса гражданской защиты Украины. В некоторых

законодательных актах существуют отличия от законов большинства стран СНГ, однако они либо несущественные, либо устраняются в процессе законотворчества. Например, в утратившем силу Законе Украины от 3 февраля 1993 г. № 2974-ХІІ «О гражданской обороне Украины» было искажено общее содержание понятия «гражданская оборона». Кроме того, в законах некоторых стран СНГ предметная область ГО ограничена лишь защитой населения либо расширена до защиты не только населения, но и материальных и культурных ценностей (Российская Федерация), территорий и объектов хозяйствования (Кыргызская Республика, Республика Казахстан), национального достояния страны (Республика Таджикистан), собственности (Республика Молдова).

Несмотря на некоторые отличия, при рассмотрении законодательства в области ГО следует отметить, что во всех государствах СНГ в его основу положены нормативные правовые акты СССР, которые были созданы в соответствии с нормами международного права, закрепленными Женевскими конвенциями.

Таким образом, схожесть структуры и содержания законодательных актов государств СНГ в области ГО во многом объясняется преемственностью, общим историческим прошлым государств СНГ, а также сотрудничеством в рамках программы модельного законодательства, что позволяет выделить общие направления для законодательств государств СНГ [3]:

- достаточно подробная правовая регламентация вопросов подготовки и ведения ГО, что объясняется значительным опытом СССР по разработке указанных вопросов;
- сходная система задач, функций, принципов организации и ведения ГО;
- общие подходы к организации системы органов управления и сил ГО.

С учетом принятия рядом государств решений о сокращении ядерных потенциалов, запрещении и уничтожении химического оружия вопросы защиты населения от военных опасностей и оружия массового поражения стали второстепенными, как и роль ГО. На первый план вышла проблема обеспечения защиты от ЧС природного и техногенного характера на фоне резкого роста их количества.

В связи с этим страны СНГ создавали государственные системы защиты населения и территорий от ЧС природного и техногенного характера, сохраняя при этом отдельную структуру ГО либо объединяя функции защиты населения и территорий от ЧС и опасностей военного времени в системе гражданской защиты. Например, в Российской Федерации была создана Единая государственная система предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций (РСЧС), а в Республике Беларусь – государственная система предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций (далее – ГСЧС), в Кыргызской Республике, Республике Молдова, Республике Узбекистан – гражданская защита (далее – ГЗ).

В Республике Беларусь ГСЧС строится по административно-территориальному и отраслевому принципам и функционирует на 4 уровнях. Каждый уровень предусматривает наличие соответствующих элементов<sup>1,2</sup>.

Что касается ГО, то можно отметить ее идентичность построения с ГСЧС – административно-территориальный и отраслевой принципы и уровнях, на которых осуществляются мероприятия ГО.

<sup>1</sup> О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера [Электронный ресурс]: Закон Респ. Беларусь, 5 мая 1998 г., № 141-З; в ред. Закона Респ. Беларусь от 10.07.2012 г. № 401-З // Информационно-аналитическая поддержка бухгалтеров, юристов и руководителей от iLex. – Режим доступа: <http://www.iLex.by>. – Дата доступа: 04.04.2020.

<sup>2</sup> О Государственной системе предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций [Электронный ресурс]: постановление Совета Министров Респ. Беларусь, 10 апр. 2001 г., № 495 // Информационно-аналитическая поддержка бухгалтеров, юристов и руководителей от iLex. – Режим доступа: <http://www.iLex.by>. – Дата доступа: 04.04.2020.

Руководство ГО в Республике Беларусь согласно существующему законодательству осуществляется начальниками ГО на соответствующих уровнях. Установлены органы управления ГО силы и средства ГО<sup>3</sup>.

В силу единства поражающих факторов ЧС и применяемого оружия в военных действиях, идентичности привлекаемых сил и средств, сходства функциональных задач ГСЧС и ГО возникает потребность в системе, способной решать защитные упреждающие мероприятия вне зависимости от мирного или военного времени, отвечать складывающейся обстановке и современным угрозам, что влечет формирование принципиально новой системы защиты – государственной системы гражданской защиты (далее – ГСГЗ), отвечающей вышеуказанным положениям, создание которой возможно путем слияния и оптимизации ГСЧС и ГО [4].

Таким образом, возможность объединения ГСЧС и ГО в единую систему обуславливается следующими факторами<sup>4</sup> [5; 6] (рис. 2).



Рисунок 2. – Факторы, обуславливающие возможность объединения ГСЧС и ГО в единую систему

На первоначальном этапе объединения ГСЧС и ГО основное внимание должно быть сосредоточено на переходе к ГСГЗ с учетом:

<sup>3</sup> О гражданской обороне: Закон Респ. Беларусь, 27 нояб. 2006 г., № 183-З: в ред. Закона Респ. Беларусь от 31.12.2009 г. № 114-З // Информационно-аналитическая поддержка бухгалтеров, юристов и руководителей от iLex. – Режим доступа: <http://www.iLex.by>. – Дата доступа: 04.04.2020.

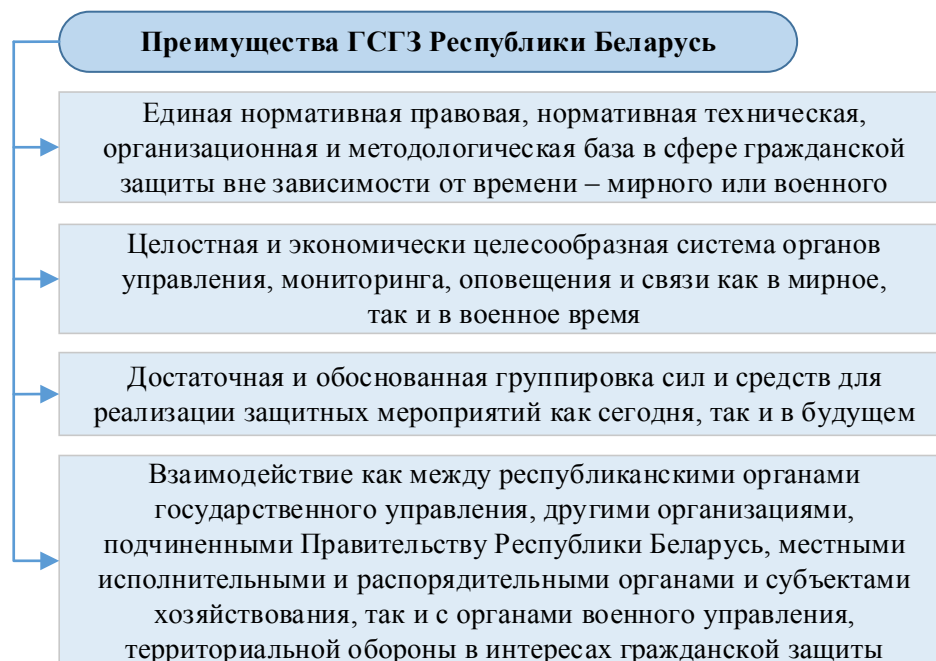
<sup>4</sup> Об утверждении основных направлений реализации государственной политики в области гражданской обороны [Электронный ресурс]: постановление Совета Министров Респ. Беларусь, 9 дек. 2013 г., № 1051 // Информационно-аналитическая поддержка бухгалтеров, юристов и руководителей от iLex. – Режим доступа: <http://www.iLex.by>. – Дата доступа: 04.04.2020.

- необходимости создания ГСГЗ;
- путей создания ГСГЗ;
- ожидаемых результатов создания ГСГЗ.

Кроме того, должны быть определены:

- принципы создания и функционирования ГСГЗ;
- основные задачи ГСГЗ;
- ее организационные основы;
- органы управления;
- порядок функционирования;
- финансовое и материальное обеспечение;
- развитие нормативной правовой базы ГСГЗ;
- совершенствование методов и способов защиты населения и территорий;
- совершенствование системы управления ГСГЗ;
- развитие сил и средств ГСГЗ;
- развитие международного сотрудничества в области гражданской защиты.

Создание ГСГЗ Республики Беларусь определяет следующие преимущества<sup>5</sup>, представленные на рисунке 3:



**Рисунок 3. – Преимущества ГСГЗ Республики Беларусь**

Для дальнейшего развития ГСГЗ необходимо рассмотреть вопрос внедрения передовых научных достижений и развития научно-технического прогресса [7], формирования культуры безопасности в обществе:

1. Создание глобальной системы мониторинга, прогнозирования и реагирования на ЧС. Внедрение интеллектуальных систем управления и поддержки принятия решений (создание единой межведомственной сети обмена данными мониторинга источников ЧС; разработка автоматизированных комплексов управления силами и средствами ликвидации ЧС; разработка автоматизированных комплексов управления инфраструктурой населенных пунктов для обеспечения безопасности при ЧС; внедрение системы «Безопасный дом» для автоматизированного управления жизненным циклом зданий; внедрение интеллектуально-автоматизированного комплекса вызова экстренных оперативных служб через единый

<sup>5</sup> См. сноску 3.



номер «112», объединяющий системы приема, обработки и записи информации центров оперативного управления всех уровней; развитие мобильной экспертной инфраструктуры; внедрение нейронных сетей в логистику процессов защиты; внедрение технологий виртуальной реальности и присутствия).

2. Создание дистанционных технологий реагирования и ликвидации ЧС, внедрение роботизированных и беспилотных комплексов (разработка новых методов и технологий ликвидации ЧС; разработка тактики разведки параметров ЧС с использованием интеллектуальных роботизированных систем; создание мобильных роботизированных комплексов для ведения аварийно-спасательных работ в сложных условиях (радиоактивное и химическое загрязнение, ограниченная видимость, высокие температуры); внедрение специальных электромобилей в служебную деятельность органов и подразделений по ЧС; разработка новых методов тушения пожаров и спасения людей из высотных зданий и сооружений; разработка интеллектуальных систем безопасности, обеспечивающих культуру ликвидации ЧС и исключающих причинение ущерба для конструкций зданий и сооружений, окружающей среды; разработка роботизированных систем в деятельности органов и подразделений по ЧС; расширение области применения беспилотных комплексов; повышение эффективности применения авиации в системе МЧС).

3. Разработка smart-экипировки в составе мобильных комплексов доставки и обеспечения ликвидации ЧС (разработка отечественной многофункциональной аварийно-спасательной техники, базирующейся на технологиях виртуальной и дополненной реальности, нейронных сетях; создание инфраструктуры для внедрения электромобилей в деятельность аварийно-спасательных служб; создание композитных smart-материалов для изготовления аварийно-спасательной техники; внедрение интеллектуального подхода при проектировании аварийно-спасательной техники с целью оптимизации эргономики и функциональности ее применения; разработка систем для адаптации специальной техники и оборудования для поиска и спасения пострадавших в сложных условиях; разработка композиционных материалов для аварийно-спасательного инструмента, применяемого для ликвидации ЧС на объектах электроэнергетики и электротранспорта; разработка и внедрение технологии дистанционной подачи огнетушащих веществ в зону ЧС; разработка систем дистанционного управления и контроля комплексом водо-пенных коммуникаций при ликвидации ЧС; разработка высокотехнологичных регенерируемых материалов для повышения эффективности ликвидации ЧС; разработка smart-материалов специального назначения (материалы с автоматической терморегуляцией, самовосстанавливающиеся материалы, материалы, обеспечивающие мониторинг состояния здоровья человека); разработка высокотехнологичной универсальной экипировки для выполнения разноплановых задач; разработка концепции внедрения экзоскелетных систем в экипировке спасателей-пожарных; разработка медицинских комплексов дистанционного диагностирования психофизиологического состояния спасателя-пожарного; внедрение высокотехнологичных средств индивидуальной защиты в непригодной для дыхания среде).

4. Создание и реализация Национальной платформы действий по уменьшению опасности бедствий, формирование комплексной законодательной системы по управлению рисками (реализация приоритетных направлений деятельности по снижению риска ЧС; разработка раздела по обеспечению безопасности жизнедеятельности в составе Государственной программы социально-экономического развития Республики Беларусь; реализация государственной программы (подпрограммы) в сфере обеспечения безопасности жизнедеятельности; развитие законодательства в области безопасности с учетом уровня социально-экономического развития общественных отношений и технологий; разработка и внедрение оптимальных форм и методов по предупреждению ЧС и минимизации последствий от них; реализация комплекса мер по разграничению ответственности (руководителей, должностных лиц, работников и т. д.) за выполнение требований безопасности; реализация дифференцированного подхода к определению ответственности за нарушение зако-

нодательства в сфере безопасности; усиление ответственности руководителя за обеспечение безопасных условий функционирования объектов; внедрение механизмов обязательного страхования обеспечения безопасности субъектов хозяйствования; внедрение механизмов аудита в области обеспечения безопасности; внедрение механизмов государственного стимулирования деятельности по обеспечению безопасности; внедрение программных комплексов для формирования оптимальных вариантов по обеспечению безопасного функционирования объектов с учетом их специфики и использованием ВИМ-технологий; разработка и внедрение механизмов оценки риска возникновения ЧС; внедрение национального механизма оценки ущербов от ЧС природного и техногенного характера; внедрение методики определения риска ЧС для зданий различного функционального назначения и конструктивного исполнения с целью выбора оптимальных систем (способов) и вариантов обеспечения их безопасности; внедрение расчетных методик оценки опасности технологических процессов, зданий и сооружений, их элементов для обеспечения вариантного проектирования систем безопасности объектов; разработка и внедрение соответствующих автоматизированных расчетных комплексов; внедрение риск-ориентированных подходов при организации и осуществлении надзорной деятельности; разработка научно обоснованных методик определения критериев отнесения проверяемых субъектов к высокой степени риска совершения нарушений в сфере обеспечения пожарной и промышленной безопасности; внедрение интеллектуальной системы оповещения и информирования населения; разработка отраслевых требований по обеспечению функционирования объектов экономики в военное время; производство отечественного оборудования для систем жизнеобеспечения, коллективных средств защиты).

5. Формирование и развитие интеллектуального общества, соответствующего принципу перехода от информации о существующих угрозах (опасностях) к знанию о них, внедрение культуры безопасности во всех сферах жизнедеятельности» (создание развитой системы обучения основам безопасности жизнедеятельности в учреждениях образования; создание и развитие сети образовательных центров безопасности для формирования и развития интеллектуального общества, соответствующего принципу перехода от информации о существующих угрозах (опасностях) к знанию о них; создание комплексной системы информирования и оповещения населения об опасности и необходимых действиях в местах массового его пребывания; совершенствование программных комплексов в сфере безопасности жизнедеятельности (в том числе мобильных), внедрение специальной программы (интернет-бот), выполняющей автоматически через интерфейсы передачу человеку команды по реагированию в различных ЧС и принятию правильных решений; развитие интеллектуальных сетей по информированию населения о ЧС; техническая реализация глобального информационного воздействия с целью скорейшей реабилитации пострадавшего населения; техническая реализация глобального мониторинга обстановки в местах массового пребывания людей путем профилактического наблюдения).

С целью оказания общественной поддержки по вопросам реализации мероприятий гражданской защиты целесообразно создать в стране общественную организацию (волонтерское движение) по содействию гражданской защите, для чего потребуются разработка ряда законодательных актов в области порядка привлечения, страхования и материального обеспечения волонтеров.

### **Заключение**

Тенденции развития зарубежных систем защиты населения от ЧС показывают необходимость создания в Республике Беларусь с учетом оптимизации и расширения правового поля деятельности единой системы защиты населения от ЧС как в мирное, так и в военное время.

Создание ГСГЗ Республики Беларусь позволит сформировать:

- нормативную правовую, нормативную техническую, организационную и методологическую базу в сфере гражданской защиты;
- систему органов управления, мониторинга, оповещения и связи для решения задач как в условиях чрезвычайных ситуаций, так и опасностей, возникающих при ведении военных действий или вследствие этих действий;
- достаточную и обоснованную группировку сил и средств для реализации защитных мероприятий;
- взаимодействие как между республиканскими органами государственного управления, другими организациями, подчиненными Правительству Республики Беларусь, местными исполнительными и распорядительными органами и субъектами хозяйствования, так и с органами военного управления, территориальной обороны в интересах гражданской защиты.

Главная стратегическая цель возможного дальнейшего развития ГСГЗ исходит из повышения ее роли в обществе, формирования социально значимой системы, эффективно выполняющей свои мероприятия в условиях ЧС природного и техногенного характера, а также в условиях опасностей, возникающих при ведении военных действий или вследствие этих действий.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Воробьев, Ю.Л. Современные войны и гражданская оборона / Ю.Л. Воробьев // Стратегия гражданской защиты: проблемы и исследования. – 2012. – Т. 2, № 1 (2). – С. 791–810.
2. Тихонов, М.М. Перспективы создания государственной системы гражданской защиты / М.М. Тихонов, М.Н. Субботин, С.С. Бордак // Вестник Ун-та гражд. защиты МЧС Респ. Беларусь. – 2018. – Т. 2, № 3. – С. 386–391. DOI: 10.33408/2519-237X.2018.2-3.386.
3. Живов, А.А. Правовое регулирование вопросов гражданской обороны (гражданской защиты) и межгосударственного взаимодействия государств – участников СНГ в сфере обеспечения безопасности в чрезвычайных ситуациях / А.А. Живов // Евразийский юридический журнал. – 2013. – № 7 (62). – С. 147–153.
4. Бордак, С.С. О возможности развития гражданской обороны в Республике Беларусь путем создания единой государственной системы гражданской защиты / С.С. Бордак, М.Н. Субботин, М.М. Тихонов // Вестн. Команд.-инженер. ин-та МЧС Респ. Беларусь. – 2015. – № 2 (22). – С. 87–92.
5. Тихонов, М.М. Возможные перспективы развития гражданской обороны в Республике Беларусь / М.М. Тихонов [и др.] // Вестник Ун-та гражд. защиты МЧС Респ. Беларусь. – 2018. – Т. 2, № 1. – С. 91–100. DOI: 10.33408/2519-237X.2018.2-1.91.
6. Владимиров, В.А. О теории гражданской защиты / В.А. Владимиров // Стратегия гражданской защиты: проблемы и исследования. – 2012. – Т. 2, № 2 (3). – С. 549–559.
7. Малышев, В.П. Возможные перспективы развития гражданской обороны на период до 2020 года / В.П. Малышев, Н.Н. Долгин // Стратегия гражданской защиты: проблемы и исследования. – 2014. – Т. 4, № 2 (7). – С. 234–282.

**Концепция развития государственной системы гражданской защиты  
в Республике Беларусь**

**The concept of development of the state system of civil protection in the Republic of Belarus**

***Пархомчик Эдуард Александрович***

Учреждение «Научно-исследовательский институт пожарной безопасности и проблем чрезвычайных ситуаций» Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь, отдел исследований в области гражданской защиты, начальник отдела

Адрес: ул. Солтыса, 183а,  
220046, г. Минск, Беларусь  
e-mail: parkhomchike@mail.ru  
ORCID: 0000-0002-1520-2823

***Eduard A. Parkhomchik***

State Establishment «Scientific Research Institute of Fire Safety and Problems of Emergency situations of the MES of Belarus», Civil Protection Research Department, Head of Department

Address: ul. Soltysa, 183a,  
220046, Minsk, Belarus  
e-mail: parkhomchike@mail.ru  
ORCID: 0000-0002-1520-2823

***Мурзич Игорь Константинович***

доктор военных наук, профессор

Государственное учреждение «Научно-исследовательский институт Вооруженных Сил Республики Беларусь», главный научный сотрудник

Адрес: ул. Славинского, 4/3,  
220103, г. Минск, Беларусь  
e-mail: niivs@mod.mil.by

***Igor K. Murzich***

Grand PhD in Military Sciences, Professor

State Establishment «Scientific Research Institute of the Armed Forces of the Republic of Belarus» Chief Researcher

Address: ul. Slavinskogo, 4/3,  
220103, Minsk, Belarus  
e-mail: niivs@mod.mil.by

***Бужин Николай Евгеньевич***

доктор военных наук, профессор

Министерство обороны Республики Беларусь, Генеральный штаб Вооруженных Сил, заместитель начальника по научной работе

Адрес: ул. Коммунистическая, 1,  
220034, г. Минск, Беларусь  
e-mail: modmail@mod.mil.by

***Nikolay E. Buzin***

Grand PhD in Military Sciences, Professor

Ministry of Defence of the Republic of Belarus, General Staff of the Armed Forces, Deputy Head of Research

Address: ul. Kommunisticheskaya, 1,  
220034, Minsk, Belarus  
e-mail: modmail@mod.mil.by

DOI: <https://doi.org/10.33408/2519-237X.2020.4-2.203>

## THE CONCEPT OF DEVELOPMENT OF THE STATE SYSTEM OF CIVIL PROTECTION IN THE REPUBLIC OF BELARUS

**Parkhomchik E.A., Murzich I.K., Buzin N.E.**

*Purpose.* To analyze the existing foreign state systems for protecting the population from emergency situations in peacetime and wartime. Consider the possibility of creating and developing a state civil protection system that performs the functions of protecting the population from emergency situations in both peacetime and war.

*Methods.* General scientific research methods are used: induction and deduction, comparison and generalization, analogies.

*Findings.* Factors are identified that allow combining the state system for the prevention and elimination of emergency situations and civil defense, the prospects for the creation and development of the state civil protection system in the Republic of Belarus.

*Application field of research.* Based on the analysis of the current situation, the article describes the possible directions and ways of developing civil protection in the Republic of Belarus within the framework of the main directions of the socio-economic, scientific, technical and technological development of the republic. The data obtained can be used in the field of civil defense organization in the Republic of Belarus.

*Keywords:* civil defense, state system of civil protection, emergency situation, state system of prevention and elimination of emergency situations.

(The date of submitting: April 30, 2020)

### REFERENCES

1. Vorob'ev Yu.L. Sovremennye voyny i grazhdanskaya oborona [Modern wars and civil defense]. *Strategiya grazhdanskoy zashchity: problemy i issledovaniya*, 2012. Vol. 2, No. 1 (2). Pp. 791–810. (rus)
2. Tikhonov M.M., Subbotin M.N., Bordak S.S. Perspektivy sozdaniya gosudarstvennoy sistemy grazhdanskoy zashchity [Perspective of the creation of the state system of civil protection]. *Journal of Civil Protection*, 2018. Vol. 2, No. 3. Pp. 386–391. (rus). DOI: 10.33408/2519-237X.2018.2-3.386.
3. Zhivov A.A. Pravovoe regulirovanie voprosov grazhdanskoy oborony (grazhdanskoy zashchity) i mezhgosudarstvennogo vzaimodeystviya gosudarstv-uchastnikov SNG v sfere obespecheniya bezopasnosti v chrezvychaynykh situatsiyakh [Legal regulation of civil defense (civil protection) and interstate cooperation of the CIS member states in the field of protection during emergency situations]. *Eurasian Law Journal*, 2013. No. 7 (62). Pp. 147–153. (rus)
4. Bordak S.S., Subbotin M.N., Tikhonov M.M. O vozmozhnosti razvitiya grazhdanskoy oborony v Respublike Belarus' putem sozdaniya edinoy gosudarstvennoy sistemy grazhdanskoy zashchity [Possibility of development of civil defense in Republic of Belarus by creation of uniform state system of civil protection]. *Vestnik Komandno-inzhenernogo instituta MChS Respubliki Belarus'*, 2015. No. 2 (22). Pp. 87–92. (rus)
5. Tikhonov M.M., Subbotin M.N., Bordak S.S., Vasyukevich A.S. Vozmozhnye perspektivy razvitiya grazhdanskoy oborony v Respublike Belarus' [Possible prospects of development of civil defense in the Republic of Belarus]. *Journal of Civil Protection*, 2018. Vol. 2, No. 1. Pp. 91–100. (rus). DOI: 10.33408/2519-237X.2018.2-1.91.
6. Vladimirov V.A. O teorii grazhdanskoy zashchity [About the theory of civil protection]. *Strategiya grazhdanskoy zashchity: problemy i issledovaniya*, 2012. Vol. 2, No. 2 (3). Pp. 549–559. (rus)
7. Malyshev V.P., Dolgin N.N. Vozmozhnye perspektivy razvitiya grazhdanskoy oborony na period do 2020 goda [Possible prospects for the development of civil defense for the period until 2020]. *Strategiya grazhdanskoy zashchity: problemy i issledovaniya*, 2014. Vol. 4, No. 2 (7). Pp. 234–282. (rus)

DOI: <https://doi.org/10.33408/2519-237X.2020.4-2.213>

УДК 351.861

## МЕРОПРИЯТИЯ КОМПЛЕКСНОЙ ЗАЩИТЫ РАБОТНИКОВ ОРГАНИЗАЦИИ И НАСЕЛЕНИЯ, ПОПАДАЮЩИХ В ЗОНУ ВОЗМОЖНОГО ХИМИЧЕСКОГО ЗАРАЖЕНИЯ

Безносик Е.А., Пастухов С.М., Тихонов М.М.

*Цель.* Разработать порядок реализации мероприятий комплексной защиты работников организации и населения, попадающих в зону возможного химического заражения, при аварии с выбросом аварийно химически опасных веществ.

*Методы.* Используются общенаучные методы исследования: индукции и дедукции, анализа и синтеза, сравнения и обобщения, аналогии.

*Результаты.* Разработан порядок реализации комплексной защиты работников организации и населения, попадающих в зону возможного химического заражения, при аварии с выбросом аварийно химически опасных веществ.

*Область применения исследований.* Результаты исследований могут быть использованы при переработке нормативных правовых актов, а также уточнения принципов защиты работников организации и населения, попадающих в зону возможного химического заражения, при аварии с выбросом аварийно химически опасных веществ.

*Ключевые слова:* государственная система предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций, гражданская оборона, химически опасный объект, химическое заражение, аварийно химически опасное вещество, эвакуационные мероприятия, сооружения двойного назначения.

(Поступила в редакцию 7 апреля 2020 г.)

### Введение

На территории Республики Беларусь действует 126 химически опасных организаций (далее – ХОО), использующих в технологическом процессе аварийно химически опасные вещества – вещества, при аварийном выбросе (разливе) которых может произойти заражение окружающей среды в поражающих живой организм концентрациях<sup>1</sup> (аммиак, хлор): в Брестской области – 17, Витебской области – 23, Гомельской области – 19, Гродненской области – 13, Минской области – 22, Могилевской области – 18 и в г. Минске – 14 (рис. 1).

В случае возможных аварий на указанных объектах в Брестской области в зону возможного химического заражения попадает более 47 тысяч человек, в том числе более 16 тысяч работников субъектов хозяйствования, в Витебской – более 277 тысяч, в том числе более 103 тысяч работников субъектов хозяйствования, в Гомельской – более 45 тысяч, в том числе более 25 тысяч работников субъектов хозяйствования, в Гродненской – более 401 тысячи, в том числе более 6 тысяч работников субъектов хозяйствования, в Минской области – более 56 тысяч, в том числе более 27 тысяч работников субъектов хозяйствования, в Могилевской области – более 35 тысяч, в том числе более 12 тысяч работников субъектов хозяйствования и в г. Минске – более 411 тысяч, в том числе более 14 тысяч работников субъектов хозяйствования.

С учетом изложенного, а также в целях реализации прав граждан Республики Беларусь на благоприятную среду жизнедеятельности<sup>2</sup> при строительстве и функционировании объекта, использующего в технологическом процессе аварийно химические вещества,

<sup>1</sup> Инженерно-технические мероприятия гражданской обороны [Электронный ресурс]: ТКП 112-2011 // Министерство по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь. – Режим доступа: <https://mchs.gov.by/upload/iblock/12b/12bbe27e2d261e06001cacff4aa531dd.pdf>. – Дата доступа: 04.04.2020.

<sup>2</sup> Об утверждении основных направлений государственной градостроительной политики Республики Беларусь на 2016–2020 годы [Электронный ресурс]: Указ Президента Респ. Беларусь, 5 сент. 2016 г. № 334 // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь. – Режим доступа: <http://www.pravo.by/document/?guid=3871&p0=P31600334>. – Дата доступа: 04.04.2020.

необходимо разрабатывать и реализовывать комплекс мероприятий по защите населения в случае возможной аварии на ХОО.

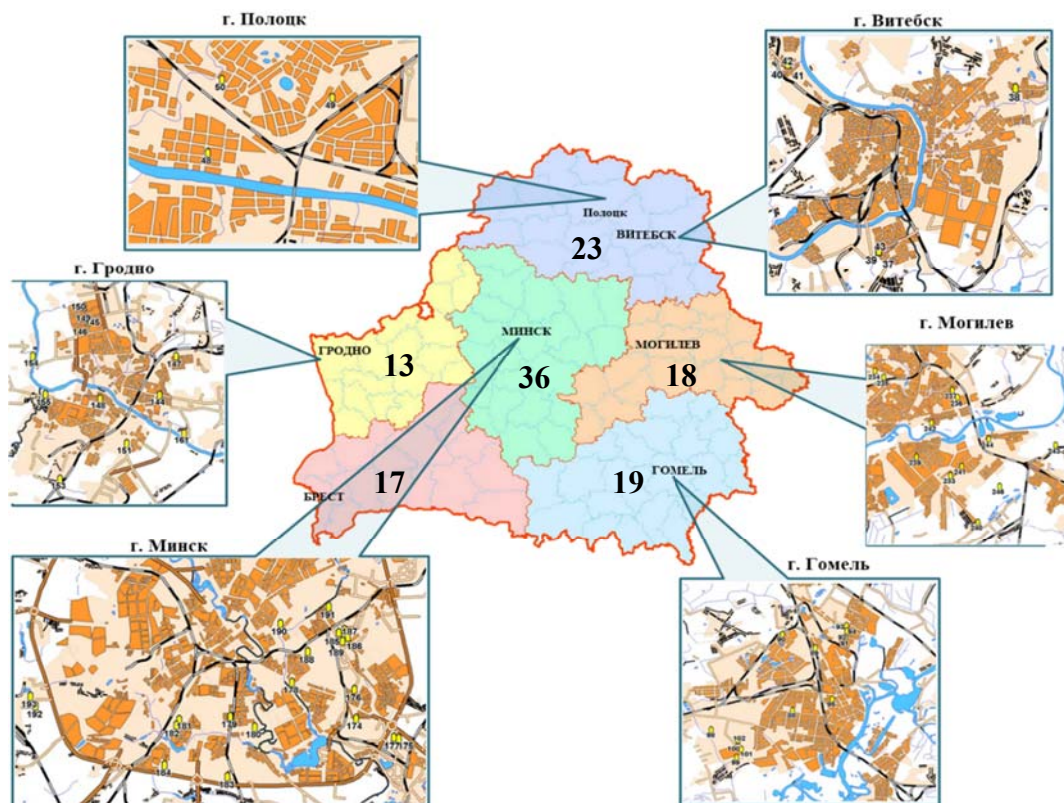


Рисунок 1. – ХОО на территории Республики Беларусь

### Основная часть

В республике защита населения планируется заблаговременно и осуществляется дифференцированно в зависимости от военно-экономических и природных характеристик районов, видов и степени опасности возможных поражающих факторов в условиях ведения военных действий, а также возможных чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера.

Реализация мероприятий по комплексной защите населения (в том числе попадающего в зоны возможного химического заражения) планируется как при разработке градостроительной и строительной документации<sup>3</sup>, так и в процессе эксплуатации объекта посредством разработки планов защиты населения и территории от чрезвычайных ситуаций.

В указанные мероприятия необходимо включать следующие действия: оповещение населения, использование средств индивидуальной защиты органов дыхания и кожи (по необходимости), укрытие в защитных сооружениях или сооружениях двойного назначения, временное отселение населения из зоны чрезвычайной ситуации.

Важным аспектом своевременного реагирования на чрезвычайные ситуации (в частности, при авариях с выбросом аварийно химически опасных веществ) является своевременное оповещение население.

Оповещение реализуется посредством доведения информации по радио, телевизору, а также посредством доведения сигнала «Внимание всем!» существующим электросиренным оборудованием.

<sup>3</sup> Об архитектурной, градостроительной и строительной деятельности в Республике Беларусь [Электронный ресурс]: Закон Респ. Беларусь, 5 июля 2004 г., № 300-3 // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь. – Режим доступа: [http://www.pravo.by/pdf/2004-109/2004-109\(019-048\).pdf](http://www.pravo.by/pdf/2004-109/2004-109(019-048).pdf). – Дата доступа: 04.04.2020.

При этом, учитывая ограниченное (как правило, не превышающее 40 мин) время подхода зараженного облака, становится понятно, что одним из основополагающих факторов своевременного реагирования на чрезвычайную ситуацию является незамедлительное (посредством электросиренного оборудования) оповещение населения о сложившейся чрезвычайной ситуации.

В соответствии с действующим законодательством установку электросирен следует предусматривать в населенных пунктах (независимо от числа жителей), попадающих в зоны возможного химического заражения, а также на промышленных предприятиях (в том числе на потенциально опасных объектах), в административных зданиях сельских (поселковых) советов. Установка электросирен предусматривается из расчета площади озвучивания одной электросиреной<sup>4</sup>.

После получения сигнала о сложившейся чрезвычайной ситуации необходимо незамедлительно принять решение об укрытии в защитных сооружениях гражданской обороны, сооружениях двойного назначения или временном отселении населения (работников организаций) из зоны чрезвычайной ситуации.

В Республике Беларусь организация временного отселения работников, а также эвакуация материальных и историко-культурных ценностей осуществляются республиканскими органами государственного управления и иными государственными организациями, подчиненными Правительству Республики Беларусь, иными организациями. Временное отселение населения и эвакуацию материальных и историко-культурных ценностей на соответствующей территории обеспечивают местные исполнительные и распорядительные органы. Эвакуационные мероприятия проводятся в целях снижения вероятных потерь среди населения, а также ущерба, наносимого материальным и историко-культурным ценностям<sup>5</sup>.

При получении сведений об угрозе возникновения чрезвычайной ситуации приводятся в готовность к развертыванию эвакуационные комиссии, уточняются расчеты для вывоза временно отселяемого населения, определяются и подготавливаются маршруты эвакуационных мероприятий, осуществляется подготовка транспортных средств для вывоза отселяемого населения, материальных и историко-культурных ценностей.

Транспортное обеспечение эвакуационных мероприятий осуществляется в соответствии с планами эвакуации. В большинстве случаев объекты экономики имеют на своем балансе транспортные средства для осуществления эвакуационных мероприятий, которые находятся на местах, поэтому при наличии соответствующих планирующих документов возможно своевременное реагирование на сложившуюся чрезвычайную ситуацию. Что касается населения, находящегося в зонах возможного химического заражения, выполнение мероприятий по временному отселению в сжатые сроки затруднительно или не представляется возможным в связи с продолжительностью мероприятий по сбору населения в местах сбора временно отселяемого населения, посадки его на транспорт и выдвигения колонн в безопасные районы. В целях создания условий жизнеобеспечения отселенного населения исполнительными и распорядительными органами предусматриваются имеющиеся общественные и административные здания большой вместимости (санатории, пансионаты, дома отдыха, школы и др.), а также жилые дома, отапливаемые дома дачных кооперативов и садоводческих товариществ с согласия их собственников (владельцев).

Учитывая особенности и требования к организации мероприятий временного отселения населения, условие выполнения данных мероприятий в кратчайшие сроки, необходимо сделать вывод о целесообразности параллельного планирования укрытия населения,

<sup>4</sup> См. сноску 1.

<sup>5</sup> Об утверждении Положения о порядке временного отселения населения, эвакуации материальных и историко-культурных ценностей в безопасные районы [Электронный ресурс]: постановление Совета Министров Респ. Беларусь, 25 апр. 2008 г., № 610 // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь. – Режим доступа: <http://www.pravo.by/document/?guid=3871&p0=P31600334>. – Дата доступа: 04.04.2020.



в том числе работников предприятий, попадающих в зону возможного химического заражения и для которых временное отселение в безопасные районы не представляется возможным, в защитных сооружениях гражданской обороны (убежищах, сооружениях двойного назначения (далее – СДН)).

При этом защита наибольшей работающей смены ХОО, а также организаций, расположенных в зонах возможного опасного химического заражения, должна предусматриваться в убежищах с режимом полной или частичной изоляции и регенерацией внутреннего воздуха (3-й режим), а убежища должны находиться в постоянной готовности к приему укрываемых<sup>6</sup>.

Для населения, попадающего в зону возможного химического заражения (с учетом радиуса заражения, концентрации химически опасного вещества, отсутствия возможности временного отселения в безопасные районы, а также экономической целесообразности), следует предусматривать укрытие в СДН с возможностью герметизации и (или) функцией очистки подаваемого в помещения воздуха.

СДН используются только для кратковременного укрытия населения на несколько часов в условиях ограниченной возможности инженерного оборудования (электроснабжение, воздухоснабжение, водоснабжение и канализация), что, как правило, является достаточным для локализации и в последующем ликвидации аварии на ХОО.

При планировании использования инженерных сооружений нужно понимать, что подлежащие к приспособлению объекты, как правило, уже введены в эксплуатацию, являются действующими (паркинги, магазины и др.) и соответствуют требованиям ТНПА по основному назначению.

При планировании СДН в первую очередь необходимо осуществлять расчет технико-экономического обоснования на дооборудование таких объектов, причем при расчете коэффициента экономической эффективности необходимо учитывать, что сумма затраченных средств по переоборудованию не должна превышать затрат на транспортировку эвакуируемых в отведенное время.

Порядок дооборудования заглубленных сооружений до норм, предъявляемых к сооружениям двойного назначения, изложен в методике по оценке возможности приспособления инженерных сооружений для укрытия населения при чрезвычайных ситуациях, утвержденной 27 июня 2016 г. Министром по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь.

Согласно методике укрытие в СДН допускается только при условии разработанных компенсирующих мероприятий, которые могут включать комплекс технических решений, обеспечивающих быструю герметизацию помещений, устройство клапанов (затворов, заслонок) на вентиляционных каналах с дистанционным или автоматическим приводом, предусматривать устройство третьего режима вентиляции воздуха (с установкой регенеративных патронов), монтаж фильтровентиляционной установки с функцией очистки подаваемого в помещение воздуха от аварийно химически опасного вещества и др. Кроме того, сооружения двойного назначения должны постоянно быть готовы к приему укрываемых в случае возможной аварии на предприятии с выбросом аварийно химически опасного вещества, а также должно быть создано и постоянно функционировать звено (состоящее не менее чем из двух человек) по обслуживанию СДН<sup>7</sup>.

В крайних случаях (в случае отсутствия возможности укрытия и временного отселения) возможно предусматривать укрытие населения по месту жительства с параллельным проведением максимальной герметизации помещения.

<sup>6</sup> См. сноску 1.

<sup>7</sup> Об установлении примерных организационно-штатных структур, табеля оснащения средствами гражданской обороны и расчета создания гражданских формирований гражданской обороны [Электронный ресурс]: постановление МЧС Респ. Беларусь, 28 авг. 2018 г., № 49 // Информационно-аналитическая поддержка бухгалтеров, юристов и руководителей от ilex. – Режим доступа: <http://www.ilex.by>. – Дата доступа: 04.04.2020.

Одновременно при реализации мероприятий по временному отселению населения из зоны возможной чрезвычайной ситуации, а также укрытию в защитных сооружениях необходимо предусмотреть запас средств индивидуальной защиты, которые предназначены для предотвращения или уменьшения воздействия на органы дыхания человека вредных и (или) опасных факторов.

В соответствии с действующим законодательством обязательному обеспечению средствами индивидуальной защиты подлежат работники ХОО и других организаций, находящихся в зонах возможного химического заражения, а также население, проживающее (находящееся) в зонах возможного химического заражения.

Обеспечение средствами индивидуальной защиты в зонах возможного химического заражения (по указанным позициям) осуществляется:

республиканскими органами государственного управления и иными государственными организациями, подчиненными Правительству Республики Беларусь – своих работников;

местными исполнительными и распорядительными органами – своих работников, населения и переменного состава объектов социального назначения (учреждений здравоохранения, образования, специальных домов-интернатов для престарелых и инвалидов, социальных приютов и др.);

организациями – своих работников и работников подведомственных им объектов производственного и социального назначения, в том числе привлекаемых для проведения аварийно-спасательных и других неотложных работ в зонах возможного заражения (загрязнения).

В мирное время население, попадающее в зоны возможного химического заражения, приобретает средства индивидуальной защиты в розничной торговой сети самостоятельно<sup>8</sup>.

### **Заключение**

Эффективность мероприятий комплексной защиты работников организации и населения, попадающих в зону возможного химического заражения при аварии с выбросом аварийно химически опасных веществ зависит от своевременности их применения, а также от наличия иных внешних факторов, что необходимо учитывать при их планировании.

В целях минимизации рисков для населения при возможных чрезвычайных ситуациях техногенного характера необходима разработка математической модели принятия управленческих решений по организации комплексной защиты при аварии на ХОО с выбросом аварийно химически опасных веществ, учитывающей параметры укрытия населения (расстояние нахождения защитного сооружения от укрываемых, тип, этажность, время приведения его в готовность и др.), временного отселения населения (наличие средств для отселения, времени их задействования и др.), наличие средств индивидуальной защиты органов дыхания (места расположения), наличие системы оповещения и др.

---

<sup>8</sup> Об утверждении положения об организации обеспечения населения средствами индивидуальной защиты органов дыхания в условиях чрезвычайных ситуаций [Электронный ресурс]: постановление Совета Министров Респ. Беларусь, 22 дек. 2012 г., № 1066 // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь. – Режим доступа: [http://www.pravo.by/upload/docs/op/C21201066\\_1354050000.pdf](http://www.pravo.by/upload/docs/op/C21201066_1354050000.pdf). – Дата доступа: 04.04.2020.

**Мероприятия комплексной защиты работников организации и населения,  
попадающих в зону возможного химического заражения**

**Measures of comprehensive protection of workers of the organization and population falling  
into the zone of possible chemical contamination**

***Безносик Евгений Анатольевич***

Главное управление Государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций и гражданской обороны Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь, отдел планирования и организации ГСЧС и ГО, главный специалист

Адрес: ул. Революционная, 5,  
220030, г. Минск, Беларусь  
e-mail: ftkdor@tut.by  
ORCID: 0000-0002-4974-7645

***Evgeniy A. Beznosik***

Main Department of the State System of Emergency Prevention and Response and Civil Defense of the Ministry of Emergency Situations of the Republic of Belarus, Department of Planning and Organization of the State Emergency Service and Civil Defense, Chief Specialist

Address: ul. Revolyutsionnaya, 5,  
220030, Minsk, Belarus  
e-mail: ftkdor@tut.by  
ORCID: 0000-0002-4974-7645

***Пастухов Сергей Михайлович***

кандидат технических наук, доцент

Министерство по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь, отдел науки и инновационного развития, начальник отдела

Адрес: ул. Революционная, 5,  
220030, г. Минск, Беларусь  
e-mail: plamennyj98@gmail.com  
ORCID: 0000-0003-1437-1913

***Sergey M. Pastukhov***

PhD in Technical Sciences, Associate Professor

Ministry of Emergency Situations of the Republic of Belarus, Department of Science and Innovation Development, Head of Department

Address: ul. Revolyutsionnaya, 5,  
220030, Minsk, Belarus  
e-mail: plamennyj98@gmail.com  
ORCID: 0000-0003-1437-1913

***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  
e-mail: timax1978@gmail.com  
ORCID: 0000-0001-7631-8750

***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: ul. Mashinostroiteley, 25,  
220118, Minsk, Belarus  
e-mail: timax1978@gmail.com  
ORCID: 0000-0001-7631-8750

DOI: <https://doi.org/10.33408/2519-237X.2020.4-2.213>

**MEASURES OF COMPREHENSIVE PROTECTION OF WORKERS  
OF THE ORGANIZATION AND POPULATION FALLING INTO THE ZONE  
OF POSSIBLE CHEMICAL CONTAMINATION**

**Beznosik E.A., Pastukhov S.M., Tikhonov M.M.**

*Purpose.* To develop a procedure for implementing measures of comprehensive protection for employees of the organization and population falling into the zone of possible chemical contamination in case of an accident with the release of accidentally hazardous chemicals.

*Methods.* General scientific research methods are used: induction and deduction, analysis and synthesis, comparison and generalization, and analogy.

*Findings.* A procedure has been developed for implementing comprehensive protection for employees of the organization and the population falling into the zone of possible chemical contamination in the event of an accident with the release of accidentally chemically hazardous substances.

*Application field of research.* The research results can be used in the processing of regulatory legal acts and clarifications of principles for the protection of employees and population within the area of possible chemical contamination, in case of accident with release of accidentally hazardous chemicals.

*Keywords:* state system of prevention and elimination of emergency situations, civil defense, chemical dangerous object, chemical contamination, accidentally hazardous chemicals, evacuation measures, dual-use structures.

(The date of submitting: April 7, 2020)

DOI: <https://doi.org/10.33408/2519-237X.2020.4-2.220>

УДК 355.58 (474)

## **ВОЕННО-ПОЛИТИЧЕСКАЯ ОБСТАНОВКА В БАЛТИЙСКОМ РЕГИОНЕ КАК ОДИН ИЗ ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА ПОДГОТОВКУ И ВЕДЕНИЕ ГРАЖДАНСКОЙ ОБОРОНЫ**

**Хроколов В.А., Мурзич И.К., Бузин Н.Е.**

*Цель.* Анализ влияния военно-политической обстановки в Балтийском регионе на подготовку и ведение гражданской обороны в Республике Беларусь.

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

*Результаты.* Уточнены условия проведения мероприятий заблаговременной подготовки государства к ведению гражданской обороны с учетом развития военно-политической обстановки в Балтийском регионе, представлен обобщенный перечень мероприятий заблаговременной подготовки.

*Область применения исследований.* Результаты могут быть использованы при планировании мероприятий заблаговременной подготовки к ведению гражданской обороны.

*Ключевые слова:* военно-политическая обстановка, Балтийский регион, безопасность, военные угрозы, гражданская оборона.

(Поступила в редакцию 27 февраля 2020 г.)

### **Введение**

Защита населения, материальных и культурных ценностей от опасностей, возникающих при ведении или в результате ведения военных действий, – одна из важнейших задач государства. В соответствии с законодательством Республики Беларусь данная функция возложена на гражданскую оборону. Обеспечивая защиту и выживание населения, устойчивость экономики в условиях вооруженной борьбы, гражданская оборона Республики Беларусь является важной составляющей национальной безопасности государства.

Подготовка государства к ведению гражданской обороны в Республике Беларусь осуществляется заблаговременно в мирное время, а ведение гражданской обороны осуществляется в соответствии с планами гражданской обороны, которые вводятся в действие с момента объявления войны, фактического начала военных действий или введения Президентом Республики Беларусь военного положения. Один из существенных факторов, оказывающих влияние на подготовку государства к ведению и ведение гражданской обороны – военно-политическая обстановка в Балтийском регионе. Так, переход государства к ведению гражданской обороны может проводиться как и в условиях достаточно длительного периода нарастания военной угрозы, так и одномоментно с началом вооруженной агрессии или объявления войны.

В настоящее время Балтийский регион, как составная часть Европейского региона, является наиболее сложным пространством противостояния НАТО и Российской Федерации. В связи с этим необходимо обратить внимание на следующие факторы:

1) в ситуации противостояния Российской Федерации и НАТО Балтийский регион оказывается местом, где может быть спровоцирована эскалация военной напряженности, в которую может быть вовлечена Республика Беларусь;

2) наличие угрозы возникновения вооруженного конфликта в Балтийском регионе требует проведения комплекса мероприятий по обеспечению военной безопасности Республики Беларусь, в том числе мероприятий гражданской обороны;

3) оценка военно-политической обстановки в регионе является важной составляющей прогнозирования вероятных сценариев развития событий, что позволит своевременно

реагировать на возникающие военные опасности, в частности провести комплекс мероприятий по развертыванию гражданской обороны.

### Основная часть

Анализ проведенных ранее научных исследований свидетельствует о том, что к определению понятия «Балтийский регион» применяются различные подходы. Так, А.П. Клемешев, В.С. Корнеевец, Т. Пальмовский, Т. Студжиницки, Г.М. Федоров [1] отмечают, что существуют исторический и физико-географический подходы к определению понятия «Балтийский регион». Аналогичную позицию высказывают А.А. Ковалев и А.И. Балашов [2].

Однако в современной международной практике в идентификации Балтийского региона наибольшее значение получили международные программы VASAB (Visions and Strategies around the Baltic Sea – Модели и стратегии вокруг Балтийского моря). Таким образом, в Балтийский регион входят 11 стран: Дания, Германия, Латвия, Литва, Эстония, Норвегия, Россия, Польша, Беларусь, Швеция и Финляндия<sup>1</sup>.

Ввиду географического положения, сложившихся политических, военных, экономических и других взаимоотношений процессы, протекающие в Балтийском регионе, напрямую затрагивают интересы Республики Беларусь, в том числе в сфере обеспечения безопасности государства.

Анализируя протекающие геополитические процессы в мире, необходимо отметить, что действия блока НАТО направлены на укрепление и расширение сфер своего влияния и поэтому будут: во-первых, стремиться укрепить свои позиции в Балтийском регионе; во-вторых, обеспечить условия для вступления в блок НАТО Украины, что поставит Беларусь в положение незавершенного полного охвата. С учетом того что сегодня основные геополитические притязания Запада направлены на Россию, а Беларусь является членом Союзного государства, несомненно, в таких условиях Беларусь может рассматриваться Западом как вероятный противник.

Н.В. Карпиленя отмечает: «История показывает, каковы бы ни были разделяющие Европу интересы, все они соединяются в общем враждебном чувстве к России, для чего Европе так необходимо, чтобы на ее стороне оказалась Беларусь. А оказавшись на ее стороне, Беларусь станет легкой жертвой в расширении Польши и исчезновении белорусского этноса...» [3].

Воссоединение Крыма с Россией нанесло серьезный геостратегический и геополитический ущерб планам США и НАТО в целом по приближению к границам России и давлению на нее, что также способствует укреплению Беларуси и Союзного государства в целом.

Экспертами НАТО Балтийский регион еще недавно не рассматривался в качестве потенциальной зоны военных действий. Однако, как отмечают Л.И. Грибанова и Ю.В. Косов, после воссоединения Крыма с Россией ситуация резко изменилась: страны Балтии стали рассматриваться стратегами НАТО, в первую очередь американскими, в качестве следующего объекта российского «захвата» на постсоветском пространстве [4]. Схожую точку зрения имеют А.А. Ковалев и И.А. Балашов. Они отмечают, что ухудшение отношений России со странами Балтии и всем Западным миром произошло после того, как в 2014 г. по результатам референдума Крым вошел в состав Российской Федерации, что было воспринято международным сообществом как акт агрессии [2].

Эстония, Литва и Латвия настороженно отнеслись к факту присоединения Крыма к России. С учетом того, что на территориях данных государств проживает достаточно много русскоязычного населения, у властей появились опасения, что они могут последовать

<sup>1</sup> Регион Балтийского моря – территориальный мониторинг. Март 2014 г. [Электронный ресурс] / VASAB / Vision and Strategies around the Baltic sea. – Режим доступа: [https://vasab.org/wp-content/uploads/2018/06/BSR-Territorial\\_Monitoring\\_RUS\\_2014\\_web.pdf](https://vasab.org/wp-content/uploads/2018/06/BSR-Territorial_Monitoring_RUS_2014_web.pdf). – Дата доступа: 05.02.2020.

примеру Крыма и выразить желание присоединить к России территории, на которых они проживают.

Рассматривая ситуацию в Балтийском регионе, В. Воловой и И.А. Баторина отмечают, что на политическом, военном и экспертном уровнях не только на Западе, но даже в Прибалтике признается маловероятность полномасштабной войны между Россией и НАТО [5].

По мнению генерал-майора в отставке Франка ван Каппе, работавшего советником по безопасности ООН и НАТО, а также эстонских экспертов Международного центра обороны и безопасности Калева Стойцеску и Хенрика Пракса, прямой военный конфликт между Россией и Прибалтийскими государствами также маловероятен. В то же время они считают, что возможен вариант, когда в результате конфликта русскоязычного населения Балтии с официальными властями Россия заявит о необходимости защиты русскоязычного населения и будет принимать решение о дальнейшей военной эскалации в зависимости от реакции НАТО и ЕС. В худшем случае такой конфликт может обернуться полномасштабной войной [4].

Анализируя военно-политическую обстановку на восточном направлении, эксперты НАТО и прежде всего США выражают озабоченность тем, что Литва, Латвия и Эстония, являясь передним фронтом НАТО на востоке, изолированы от других государств – членов НАТО, что, по оценкам американских специалистов, значительно усложняет задачу по их защите. Для ее выполнения они предлагают ряд решений, среди которых:

- а) осуществление подготовки чрезвычайных операций для защиты стран Балтии;
- б) обеспечение готовности к быстрой переброске сил США в Европу [4].

По оценкам российских экспертов, вступление стран Балтии в НАТО на начальном этапе существенно не изменило существующий баланс сил в Европе после Второй мировой войны, однако учитывая политическое, экономическое и военное противостояние НАТО и Российской Федерации, необходимо отметить, что в настоящее время военно-политическая обстановка в Балтийском регионе становится все более напряженной. Кроме этого, есть основания предполагать, что активизация военного вектора на данном направлении способна привести к появлению новых рисков военной опасности и трансформации их в военную угрозу для стран региона, в том числе для Беларуси.

Так, в период с 2012 г. по настоящее время численность контингента НАТО на восточном направлении увеличилась в три раза. Срок приведения их в готовность к боевому применению сократился с 45 до 30 сут. В настоящее время Североатлантическим альянсом реализуется инициатива «Четыре по 30», в соответствии с которой предполагается в 30-суточной готовности к применению иметь 30 механизированных батальонов, 30 авиационных эскадрилий, 30 боевых кораблей. Готовность самолетов-носителей к применению ядерного оружия предусматривается сократить с 10 сут. до 24 ч. Кроме того, в Прибалтике развернуты американские РВС ПВО по обнаружению воздушных целей, которые позволяют контролировать воздушное пространство России на глубину до 450 км<sup>2</sup>. Применительно к Республике Беларусь – это более 2/3 территории страны.

В ноябре 2019 г. в военных учениях НАТО, проведенных на полигоне вблизи города Пабраде (Литва), расположенном в 15 км от границ Республики Беларусь, приняли участие около четырех тысяч военнослужащих из Бельгии, Великобритании, Германии, Нидерландов, Норвегии, Польши, Португалии, США, Чехии и Эстонии, а также свыше одной тысячи единиц военной техники<sup>3</sup>.

<sup>2</sup> Заседание коллегии Министерства обороны [Электронный ресурс] / Президент России. – Режим доступа: <http://kremlin.ru/events/president/news/62401>. – Дата доступа: 04.02.2020.

<sup>3</sup> Учения НАТО с участием 4 тыс. военнослужащих начались в Литве [Электронный ресурс] / RuBaltic.Ru – Политика. Экономика. Новости. – Режим доступа: <https://www.rubaltic.ru/news/04112019-ucheniya-nato-s-uchastiem-4-tys-voennosluzhashchikh-nachalis-v-litve/>. – Дата доступа: 05.02.2020.

Весной 2020 г. планируется проведение в Европейском регионе крупнейших за последние 25 лет учений Defender Europe – 2020 (Защитник Европы – 2020) с участием 37 тыс. военнослужащих из 18 государств на территории 10 европейских стран, включая Германию, Польшу, Латвию, Литву, Эстонию и Грузию. Их цель – отработать оперативную переброску американских войск в Польшу и страны Балтии. В рамках учений в Европу по морю и воздуху будут доставлены до 20 тыс. солдат и офицеров США, а также 13 тыс. единиц военной техники. Продолжаться данные учения будут около пяти месяцев<sup>4</sup>.

Такая масштабная активизация действий Североатлантического альянса у границ России и Беларуси не может оставаться без внимания и адекватного реагирования. Президент Республики Беларусь неоднократно обращал внимание на увеличение милитаризации и эскалацию напряженности в военно-политической сфере Балтийского региона. Учитывая складывающуюся обстановку вокруг Республики Беларусь в октябре 2019 г., госсекретарю Совета Безопасности и министру обороны поручено разработать план мероприятий по адекватному реагированию на действия, связанные с размещением в Литве в непосредственной близости от границы с Беларусью бронетанковой техники и контингента вооруженных сил США<sup>5</sup>.

Российская сторона также не оставляет без внимания происходящие в регионе события и принимает соответствующие ответные меры по обеспечению своей безопасности и, как следствие, также наращивает свое военное присутствие в регионе. Так, в Западном военном округе недавно сформированы три новых полка – мотострелковый, танковый, инженерный. Ранее была возрождена 1-я танковая армия, Балтийский флот усилен новыми ракетными кораблями и танковым полком. В Калининградской области развернуты оперативно-тактические ракетные комплексы «Искандер-М» и новейшие зенитные ракетные системы С-400<sup>6</sup>.

Все вышеперечисленные факты свидетельствуют о нарастании военного потенциала в регионе и, как следствие, об увеличении риска возникновения вооруженного конфликта, что непосредственно отражается на действиях Республики Беларусь по обеспечению безопасности, в том числе осуществлению мероприятий заблаговременной подготовки к ведению гражданской обороны.

Очевидно, что в современных условиях способы решения международных конфликтов с применением военной силы меняются. Наиболее часто проводятся точечные военные акции, в ходе которых поражаются наиболее важные объекты управления, экономики, в том числе потенциально опасные объекты, системы жизнеобеспечения, связи, что, в свою очередь, может привести к возникновению крупных чрезвычайных ситуаций, влекущих не только большой материальный ущерб, но и человеческие жертвы.

В данных условиях защита населения, материальных и историко-культурных ценностей от опасностей, возникающих в ходе ведения военных действий или вследствие их, является главной задачей гражданской обороны.

В настоящее время в большинстве изученных по данной тематике источников ведение гражданской обороны рассматривается, как правило, в условиях ведения военных действий. В то же время необходимо подчеркнуть, что в Военной доктрине определено, что

---

<sup>4</sup> «Новая провокация»: зачем США перебрасывают войска в Европу [Электронный ресурс] / Главные новости – Газета.Ru. – Режим доступа: <https://www.gazeta.ru/army/2020/02/03/12941857.shtml>. – Дата доступа: 03.02.2020.

<sup>5</sup> Лукашенко поручил продумать реагирование на размещение американских танков в Литве у границы с Беларусью [Электронный ресурс] / Новости Беларуси|БелТА. – Режим доступа: <https://www.belta.by/president/view/lukashenko-poruchil-produmat-reagirovanie-na-razmeschenie-amerikanskih-tankov-v-litve-u-granitsy-s-366642-2019/>. – Дата доступа: 05.02.2020.

<sup>6</sup> Беларусь и Россия готовятся к «непонятным учениям» НАТО [Электронный ресурс] / Последние новости Беларуси и мира. – Режим доступа: [https://sputnik.by/defense\\_safety/20191014/1042970834/Belarus-i-Rossiya-gotovyatsya-k-neponyatnym-ucheniyam-NATO.html](https://sputnik.by/defense_safety/20191014/1042970834/Belarus-i-Rossiya-gotovyatsya-k-neponyatnym-ucheniyam-NATO.html). – Дата доступа: 03.02.2020.



к мерам по обеспечению военной безопасности в мирное время относится «...поддержание системы гражданской обороны в готовности к развертыванию в установленные сроки и эффективному выполнению задач по предназначению...»<sup>7</sup>. Так, исходя из данного положения, можно сделать вывод, что ведение гражданской обороны, осуществляется как в условиях мирного времени, так и непосредственно в условиях военных действий.

Анализируя положения Закона «О гражданской обороне», следует заметить, что в Законе указывается следующее: «Ведение гражданской обороны осуществляется в соответствии с планами гражданской обороны, которые вводятся в действие на территории Республики Беларусь или в отдельных ее местностях полностью или частично с момента объявления войны, фактического начала военных действий или введения Президентом Республики Беларусь военного положения»<sup>8</sup>. Это позволяет сделать вывод, что до момента объявления войны, фактического начала военных действий или введения Президентом Республики Беларусь военного положения гражданская оборона на территории Республики Беларусь не ведется. Однако данное положение противоречит Военной доктрине.

В то же время следует отметить, что подготовка государства к ведению гражданской обороны осуществляется заблаговременно в мирное время, а организация и осуществление мероприятий по подготовке к проведению мероприятий гражданской обороны возлагается на государственную систему предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций. С введением военного положения в Республике Беларусь государственная система предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций прекращает функционировать и разворачивается в гражданскую оборону.

Организацию мероприятий по развертыванию гражданской обороны осуществляют Министерство по чрезвычайным ситуациям, республиканские органы государственного управления и иные организации, подчиненные Правительству Республики Беларусь. При этом введение военного положения может осуществляться еще до начала военных действий – в период нарастания военной угрозы. Данный период, по сути, является еще частью мирного времени, характеризуется высоким накалом противоречий в межгосударственных или внутригосударственных отношениях, активизацией деятельности по непосредственному приготовлению противостоящих сторон к войне или вооруженному конфликту. Необходимо отметить: несмотря на то, что по факту период нарастания военной угрозы – еще мирное время, но в это время уже, как правило, активно действуют диверсионно-разведывательные группы и незаконные вооруженные формирования, которые часто поражают наиболее важные объекты управления и экономики, в том числе потенциально опасные, в этих условиях требуется проведение мероприятий по защите населения, материальных и историко-культурных ценностей от возникающих опасностей, что является непосредственной задачей гражданской обороны.

Кроме этого, анализируя положения Закона «О гражданской обороне» и других нормативных актов, целесообразно отметить, что в настоящее время в них не установлен четкий перечень мероприятий заблаговременной подготовки, а определено лишь то, что данные мероприятия проводятся в мирное время.

По мнению авторов, к мероприятиям заблаговременной подготовки в общем виде можно отнести:

– подготовку системы управления (уточнение планов ГО; согласование маршрутов движения с органами военного управления; подготовку и развертывание пунктов управления; определение задач оперативному составу ПУ; уточнение планов поставок материаль-

<sup>7</sup> Об утверждении Военной доктрины [Электронный ресурс]: Закон Респ. Беларусь, 20 июля 2016 г., № 412-3 // [ilex.by](http://ilex.by) / Информационно-аналитическая система. – Минск, 2020.

<sup>8</sup> О гражданской обороне [Электронный ресурс]: Закон Респ. Беларусь, 27 нояб. 2006 г., № 183-3 // [ilex.by](http://ilex.by) / Информационно-аналитическая система. – Минск, 2020.

ных ресурсов, продукции для обеспечения выполнения мероприятий гражданской обороны; уточнение порядка взаимодействия с государственными органами и т. д.);

– подготовку системы связи и оповещения (проверку средств связи и оповещения, монтаж дополнительных средств оповещения и т. д.);

– подготовку сил и средств ГО (определение организационно-штатной структуры подразделений гражданской обороны; определение мобилизационной потребности в людских и материальных ресурсах для комплектования сил гражданской обороны согласно штатам военного времени и т. д.);

– проведение подготовительных мероприятий по защите населения и территорий от опасностей, возникающих в ходе ведения военных действий или вследствие их (наращивание фонда защитных сооружений, а также подготовка существующих к приему укрываемого населения; повышение устойчивости функционирования объектов экономики и жизнеобеспечения; подготовка мест эвакуации населения и т. д.);

– планирование финансового обеспечения мероприятий ГО (планирование финансовых средств; установление порядка использования финансовых средств с учетом важности проводимых мероприятий и т. д.).

### **Заключение**

Таким образом, на основании изложенного можно сделать ряд выводов:

– во-первых, в настоящий момент происходит дальнейшая эскалация военно-политической обстановки в Балтийском регионе, сопровождающаяся увеличением военного присутствия как со стороны стран НАТО, так и со стороны России, что может привести к возникновению вооруженного конфликта, в который, возможно, будет вовлечена Республика Беларусь;

– во-вторых, осуществление непрерывного анализа военно-политической обстановки в Балтийском регионе позволит органам управления гражданской обороны своевременно обеспечить проведение необходимого комплекса мероприятий заблаговременной подготовки, что, в свою очередь, позволит в установленные сроки обеспечить приведение гражданской обороны в состояние готовности к выполнению задач по предназначению;

– в-третьих, военно-политическая обстановка оказывает влияние прежде всего на условия подготовки к ведению и ведению гражданской обороны, в связи с этим она является важным фактором, влияющим на продолжительность периода нарастания военной угрозы, что непосредственно оказывает воздействие на продолжительность периода заблаговременной подготовки к ведению гражданской обороны;

– в-четвертых, уточнение перечня мероприятий заблаговременной подготовки гражданской обороны позволит обеспечить единые подходы к определению необходимого комплекса мероприятий заблаговременной подготовки, позволяющих обеспечить приведение гражданской обороны в состояние готовности к выполнению задач по предназначению в кратчайшие сроки.

### **ЛИТЕРАТУРА**

1. Клемешев, А.П. Подходы к определению понятия «Балтийский регион» / А.П. Клемешев [и др.] // Балтийский регион. – 2017. – Т. 9, № 4. – С. 7–28. DOI: 10.5922/2074-9848-2017-4-1.
2. Ковалев, А.А. Военная безопасность Балтийского региона в условиях продвижения военной инфраструктуры НАТО к границам Российской Федерации / А.А. Ковалев, А.И. Балашов // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. – 2018. – Т. 14, № 6. – С. 1151–1165. DOI: 10.24891/ni.14.6.1151.
3. Карпиленя, Н.В. Россия и Европа: взгляд из Беларуси / Н.В. Карпиленя // Государственное и муниципальное управление. Ученые записки СКАГС. – 2015. – № 2 – С. 167–177.
4. Грибанова, Г.И. Политика НАТО на Балтике – цели и приоритеты / Г.И. Грибанова, Ю.В. Косов // Балтийский регион. – 2018. – Т. 10, № 1. – С. 56–72. DOI: 10.5922/2074-9848-2018-1-4.

5. Воловой, В. Система безопасности в Балтийском регионе как проекция глобального противостояния России и США / В. Воловой, И.А. Баторина // Балтийский регион. – 2017. – Т. 9, № 1. – С. 27–43. DOI: 10.5922/2074-9848-2017-1-2.

**Военно-политическая обстановка в Балтийском регионе как один из факторов, влияющих на подготовку и ведение гражданской обороны****Military-political situation in the Baltic region, as one of the factors influencing the preparation and management of civil defense*****Хроколов Виталий Александрович***

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

Адрес: ул. Машиностроителей, 25,  
220118, г. Минск, Беларусь  
e-mail: xrva@tut.by  
ORCID: 0000-0002-6577-4061

***Vitaliy A. Khrokolov***

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

Address: ul. Mashinostroiteley, 25,  
220118, Minsk, Belarus  
e-mail: xrva@tut.by  
ORCID: 0000-0002-6577-4061

***Мурзич Игорь Константинович***

доктор военных наук, профессор

Государственное учреждение «Научно-исследовательский институт Вооруженных Сил Республики Беларусь», главный научный сотрудник

Адрес: ул. Славинского, 4/3,  
220103, г. Минск, Беларусь  
e-mail: niivs@mod.mil.by

***Igor K. Murzich***

Grand PhD in Military Sciences, Professor

State Establishment «Scientific Research Institute of the Armed Forces of the Republic of Belarus»  
Chief Researcher

Address: ul. Slavinskogo, 4/3,  
220103, Minsk, Belarus  
e-mail: niivs@mod.mil.by

***Бужин Николай Евгеньевич***

доктор военных наук, профессор

Министерство обороны Республики Беларусь, Генеральный штаб Вооруженных Сил, заместитель начальника по научной работе

Адрес: ул. Коммунистическая, 1,  
220034, г. Минск, Беларусь  
e-mail: modmail@mod.mil.by

***Nikolay E. Buzin***

Grand PhD in Military Sciences, Professor

Ministry of Defence of the Republic of Belarus,  
General Staff of the Armed Forces,  
Deputy Head of Research

Address: ul. Kommunisticheskaya, 1,  
220034, Minsk, Belarus  
e-mail: modmail@mod.mil.by

DOI: <https://doi.org/10.33408/2519-237X.2020.4-2.220>

**MILITARY-POLITICAL SITUATION IN THE BALTIC REGION,  
AS ONE OF THE FACTORS INFLUENCING THE PREPARATION  
AND MANAGEMENT OF CIVIL DEFENSE**

**Khrokolov V.A., Murzich I.K., Buzin N.E.**

*Purpose.* Analysis of the influence of the military-political situation in the Baltic region on the preparation and conduct of civil defense in the Republic of Belarus.

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

*Findings.* The conditions for carrying out activities in advance of preparation of the state for civil defense, taking into account the development of the military-political situation in the Baltic region, are clarified, a generalized list of activities for early preparation

*Application field of research.* The results can be used in planning activities of preliminary preparation for civil defense.

*Keywords:* military-political situation, Baltic region, security, military threats, civil defense.

(The date of submitting: February 27, 2020)

**REFERENCES**

1. Klemeshev A.P., Korneevets V.S., Palmowski T., Studzieniecki T., Fedorov G.M. Approaches to the Definition of the Baltic Sea Region. *Balt. Reg.*, 2017. Vol. 9, No. 4. Pp. 4–20. DOI: 10.5922/2079-8555-2017-4-1.
2. Kovalev A.A., Balashov A.I. The military security of the Baltic Region and the NATO military infrastructure approximating the border of the Russian Federation. *National Interests: Priorities and Security*, 2018. Vol. 14, No. 6. Pp. 1151–1165. (rus). DOI: 10.24891/ni.14.6.1151.
3. Karpilenya N.V. Rossiya i Evropa: vzglyad iz Belarusi [Russia and Europe: a view from Belarus]. *Gosudarstvennoe i munitsipal'noe upravlenie. Uchenye zapiski SKAGS*, 2015. No. 2. Pp.167–177. (rus)
4. Griбанова G.I., Kosov Yu.V. NATO policies in the Baltics: objectives and priorities. *Balt. Reg.*, 2018. Vol. 10, No. 1. Pp. 56–72. DOI: 10.5922/2079-8555-2018-1-4.
5. Volovoj V., Batorshina I.A. Security in the Baltic region as a Projection of Global Confrontation between Russia and the USA. *Balt. Reg.*, 2017. Vol. 9, No. 1. Pp. 18–29. DOI: 10.5922/2079-8555-2017-1-2.

**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 нормативно-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: <http://vestnik.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, e-mail (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: <http://vestnik.ucp.by>.

6. Содержание разделов статьи, таблицы, рисунки, цитированная литература должны отвечать требованиям межгосударственного стандарта ГОСТ 7.1-2003 и Инструкции о порядке оформления квалификационной научной работы (диссертации) на соискание ученых степеней кандидата и доктора наук, автореферата и публикаций по теме диссертации, утвержденной постановлением ВАК Беларуси от 28 февраля 2014 г. № 3.

7. Редакция оставляет за собой право на изменения, не искажающие основного содержания статьи. Рукописи отклоненных статей авторам не возвращаются.

**ГОСУДАРСТВЕННОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ «УНИВЕРСИТЕТ ГРАЖДАНСКОЙ ЗАЩИТЫ  
МИНИСТЕРСТВА ПО ЧРЕЗВЫЧАЙНЫМ СИТУАЦИЯМ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ»**

**Факультет заочного обучения**

**Проводит:**

**Подготовку по специальностям:**

**1-94 01 01 «Предупреждение и ликвидация чрезвычайных ситуаций»** с присвоением квалификации «Инженер по предупреждению и ликвидации чрезвычайных ситуаций». Форма обучения – заочная. Полный срок обучения – 5 лет, сокращенный – 3 года.

По окончании обучения выдается диплом о высшем образовании государственного образца.

**Факультет безопасности жизнедеятельности**

**Проводит:**

**Переподготовку лиц с высшим образованием по специальностям:**

**1-94 02 73 «Ликвидация чрезвычайных ситуаций и гражданская оборона»** с присвоением квалификации «Инженер по безопасности». Срок обучения – 18 месяцев. Форма обучения – заочная (три сессии).

**1-94 02 72 «Инжиниринг безопасности объектов строительства»** с присвоением квалификации «Инженер по безопасности». Срок обучения – 18 месяцев. Форма обучения – заочная (три сессии).

**1-94 02 71 «Промышленная безопасность»** с присвоением квалификации «Инженер по промышленной безопасности». Срок обучения – 18 месяцев. Форма обучения – заочная (три сессии).

**1-59 01 06 «Охрана труда в отраслях непромышленной сферы»** с присвоением квалификации «Специалист по охране труда». Срок обучения – 19 месяцев. Форма обучения – заочная (четыре 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»;
- «Экспертная деятельность» для работников проектных организаций;
- «Экспертная деятельность» для работников органов и подразделений по ЧС;
- «Пожарная безопасность. Предупреждение чрезвычайных ситуаций. Инженерно-технические мероприятия гражданской обороны»;
- «Монтаж, наладка и техническое обслуживание систем автоматической пожарной сигнализации, систем автоматического пожаротушения, систем противодымной защиты, систем передачи извещений, систем оповещения о пожаре и управления эвакуацией» (очная/заочная (дистанционная) форма обучения);
- «Техническое обслуживание систем пожарной автоматики»;
- «Проектирование систем автоматической пожарной сигнализации, систем автоматического пожаротушения, систем противодымной защиты, систем передачи извещений, систем оповещения о пожаре и управления эвакуацией» (очная/заочная (дистанционная) форма обучения);
- «Лица, осуществляющие капитальный ремонт (перезарядку) огнетушителей, торговлю средствами противопожарной защиты» (очная/заочная (дистанционная) форма обучения);
- «Выполнение работ с применением огнезащитных составов (инженерно-технические работники)» (очная/заочная (дистанционная) форма обучения);
- «Обеспечение пожарной безопасности на объектах Республики Беларусь» (очная/заочная (дистанционная) форма обучения);
- «Обеспечение пожарной безопасности на объектах с массовым пребыванием людей» (очная/заочная (дистанционная) форма обучения);
- «Промышленная безопасность» (заочная (дистанционная) форма обучения);
- «Радиационная безопасность, радиационный контроль» (для лиц, ответственных за радиационную безопасность, радиационный контроль в организациях медицинского профиля);
- «Радиационная безопасность, радиационный контроль» (для лиц, ответственных за радиационную безопасность, радиационный контроль на промышленных предприятиях и в научных учреждениях);
- «Осуществление контроля за обеспечением радиационной безопасности» (для лиц, ответственных за осуществление контроля за обеспечением радиационной безопасности на промышленных предприятиях и в научных учреждениях);
- «Осуществление контроля за обеспечением радиационной безопасности» (для лиц, ответственных за осуществление контроля за обеспечением радиационной безопасности в организациях медицинского профиля);

- «Основы обеспечения ядерной и радиационной безопасности» (для лиц, участвующих в обеспечении ядерной и радиационной безопасности при эксплуатации объектов использования атомной энергии);
- «Категорирование помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности»;
- «Охрана труда» (очная/заочная (дистанционная) форма обучения);
- «Противодействие коррупции» (заочная (дистанционная) форма обучения).

**Обучающие курсы для лиц, имеющих профессионально-техническое и общее среднее образование, по образовательным программам:**

- «Монтаж, наладка и техническое обслуживание систем автоматической пожарной сигнализации, систем автоматического пожаротушения, систем противодымной защиты, систем передачи извещений, систем оповещения о пожаре и управления эвакуацией» (очная/заочная (дистанционная) форма обучения);
- «Техническое обслуживание систем пожарной автоматики»;
- «Выполнение работ с применением огнезащитных составов (исполнители работ)» (очная/заочная (дистанционная) форма обучения);
- «Обеспечение пожарной безопасности на объектах с массовым пребыванием людей»;
- «Пожарно-технический минимум».

**Семинары по образовательным программам:**

- «Оказание первой помощи пострадавшим в чрезвычайных ситуациях»;
- «Расчет предела огнестойкости (железобетонных, металлических, деревянных, каменных строительных конструкций);
- «Расчет времени эвакуации людей при пожаре»;
- «Расчет температурного режима пожара в помещении»;
- «Расчет величины противопожарных разрывов между зданиями, сооружениями и наружными установками»;
- «Расчет площади легкобросываемых конструкций»;
- «Категорирование помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности»;
- «Порядок проектирования пассивной противопожарной защиты зданий различного назначения»;
- «Оптимизация затрат на обеспечение требований пожарной безопасности на основании расчетных методов»;
- «Порядок подготовки организации к пожарно-техническому обследованию»;
- «Охрана труда в организациях непромышленной сферы».

**Подготовку лиц к поступлению в учреждения образования Республики Беларусь по учебным предметам:** математика, физика, русский язык, русский язык как иностранный, белорусский язык, английский язык, немецкий язык, французский язык, история, обществоведение, химия (очная/заочная (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,  
тел/факс: (017) 340-71-89 (ФЗО), тел.: (017) 340-69-55, факс: (017) 340-35-58 (ФБЖ).

Дополнительная информация размещена на сайте университета <http://ucsp.by>  
в разделе «Повышение квалификации».



Научный журнал

**Вестник**  
**Университета гражданской защиты МЧС Беларуси**  
***Том 4, № 2, 2020***

Подписано в печать 15.05.2020.  
Формат 60x84 1/8.  
Бумага офсетная. Цифровая печать.  
Гарнитура Таймс.  
Усл. печ. л. 13,25. Уч.-изд. л. 12,05.  
Тираж 110 экз. Заказ 034-2020.

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.