



Основан в 2016 году

Выходит 4 раза в год

Научный журнал

Вестник
Университета гражданской защиты
МЧС Беларуси

Том 2, № 3, 2018

Редакционная коллегия:

главный редактор:

Полевода
Иван Иванович

кандидат технических наук,
доцент

зам. главного редактора:

Гончаренко
Игорь Андреевич
Платонов Александр
Сергеевич

доктор физико-математических наук,
профессор

кандидат физико-математических
наук, доцент

ответственный секретарь:

Жаворонков
Илья Сергеевич

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; Дмитриченко Александр Степанович, кандидат технических наук, доцент; Иваницкий Александр Григорьевич, кандидат технических наук, доцент; Иванов Юрий Сергеевич, кандидат технических наук; Ильюшонок Александр Васильевич, кандидат физико-математических наук, доцент; Калач Андрей Владимирович, доктор химических наук, доцент (Россия); Камлюк Андрей Николаевич, кандидат физико-математических наук, доцент; Карпиленя Николай Васильевич, доктор военных наук, профессор; Кремень Марк Аронович, доктор психологических наук, профессор; Кудряшов Вадим Александрович, кандидат технических наук, доцент; Кузьмицкий Валерий Александрович, доктор физико-математических наук, доцент; Кулаковский Борис Леонидович, кандидат технических наук, доцент; Ласута Геннадий Федорович, кандидат сельскохозяйственных наук; Лебедева Наталья Шамильевна, доктор химических наук, доцент (Россия); Лебедкин 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; 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, г. Минск, 220118

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

Сайт Университета гражданской защиты: www.ucsp.by

E-mail редакции: vestnik@ucsp.by

ISSN 2519-237X

© Государственное учреждение образования
«Университет гражданской защиты
Министерства по чрезвычайным ситуациям
Республики Беларусь», 2018

СОДЕРЖАНИЕ

Полева И.И., Садовский А.Я., Голякова И.В., Богданович А.Б., Карпиевич В.А., Сергеев В.Н. Вехи становления национальной школы подготовки спасателей-пожарных.....	299
--	-----

Пожарная и промышленная безопасность (технические науки)

Суриков А.В., Лешенюк Н.С. Определение значений параметров моделирования и интерпретация выходных данных в программном комплексе FDS при расчете видимости в условиях задымления.....	308
--	-----

Дадашов И.Ф. Исследование влияния толщины слоя гранулированного пеностекла на горение жидкостей ряда алканов.....	320
--	-----

Кудряшов В.А., Ботян С.С., Данилова-Третьяк С.М., Николаева К.В. Теплофизические характеристики цементных армированных плит для решения задач нестационарного высокотемпературного нагрева.....	327
--	-----

Камлюк А.Н., Пармон В.В., Стриганова М.Ю., Морозов А.А., Курочкин А.С. Пеногенератор пожарного ствола СПРУК 50/0,7 «Викинг».....	335
---	-----

Жаворонков И.С., Ильющонок А.В. Обеспечение пожарной безопасности атомных электростанций.....	343
--	-----

Миканович А.С. Пути и способы повышения эффективности осуществления государственного пожарного надзора.....	351
--	-----

Безопасность в чрезвычайных ситуациях (технические науки)

Ласута Г.Ф., Пастухов С.М., Арестович Д.Н., Цыганков Е.М. Разработка Национальной стратегии по снижению риска возникновения чрезвычайных ситуаций в Республике Беларусь на 2019–2030 годы.....	359
---	-----

Дмитракович Н.М. Основы проектирования и обеспечение качества специальной защитной одежды пожарных.....	367
--	-----

Левкевич В.Е. Причины активизации абразионного риска на водных объектах Беларуси и критерии его районирования.....	376
---	-----

Гражданская оборона

Тихонов М.М., Субботин М.Н., Бордак С.С. Перспективы создания государственной системы гражданской защиты.....	386
--	-----

Безопасность в чрезвычайных ситуациях (психологические науки)

Сарасеко Е.Г. Формирование навыков пожарной безопасности среди обучающихся и населения сельской местности.....	393
---	-----

Разное (обзоры)

Медведева Л.В. Учебно-научная лаборатория нанотехнологий Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России: история создания и основные направления деятельности.....	403
---	-----

Юржиц А.М., Чумила Е.А., Точеный Н.Н. Применение геоинформационных систем в информационно-аналитической деятельности МЧС Республики Беларусь.....	410
--	-----

Основин В.Н., Основина Л.Г., Сокол О.В., Мальцевич Н.В., Старосто Р.С. Основные принципы обеспечения безопасности работы технических систем.....	418
---	-----

Авторы статей.....	425
--------------------	-----

Правила предоставления статей.....	430
------------------------------------	-----

CONTENTS

Palevoda I., Sadovsky A., Golyakova I., Bogdanovich A., Karpievich V., Sergeev V. Milestones of the national school of rescuers firefighters training	299
Fire and industrial safety (technical sciences)	
Surikov A., Leshenyuk N. Determination of simulation parameters values and output data interpretation in FDS during calculating visibility in smoke conditions	308
Dadashov I. Investigation of the influence of the layer thickness of a granulated foam glass on the liquids combustion of the series of alkans.....	320
Kudryashov V., Batyan S., Danilova-Tretyak S., Nikolaeva K. Cement boards thermophysical characteristics for solving the tasks of nonstationary high-temperature heating	327
Kamluk A., Parmon V., Striganova M., Marozau A., Kurochkin A. Foam generator of the fire nozzle SPRUK 50/0,7 «Viking»	335
Zhavarankau I., Ilyushonak A. Providing of fire safety at nuclear power plants	343
Mikanovich A. Ways and means of improving the implementation of the state fire supervision	351
Safety in emergencies (technical sciences)	
Lasuta G., Pastukhou S., Arestovich D., Tsyhankou Ya. Development of the national strategy to reduce the risk of emergency situations in the Republic of Belarus for the period of 2019-2030.....	359
Dmitrakovich N. Basis of design and quality assurance of the special protective clothing of fire fighters.....	367
Levkevich V. Reasons for activation of abrasion risk at water objects of Belarus and criteria of its zoning.....	376
Civil defense	
Tikhonov M., Subbotin M., Bordak S. Perspectives of the creation of the state system of civil protection.....	386
Safety in emergencies (psychological sciences)	
Saraseko E. Formation of fire safety skills among students and rural population	393
Miscellaneous (reviews)	
Medvedeva L. The educational and scientific nanotechnology laboratory of the St. Petersburg University of the State Fire Service of EMERCOM of Russia: the history of creation and the main directions of activity	403
Yurzhits A., Chumila Y., Tachony N. Application of geoinformation systems in the information and analytical activities of the Ministry of Emergency Situations of the Republic of Belarus	410
Osnovin V., Osnovina L., Sokol O., Maltsevich N., Starosto R. Basic principles of securitysafety of work of technical systems.....	418
Authors	425
Rules of submitting articles for publication.....	430

УДК 947.6:614.84

ВЕХИ СТАНОВЛЕНИЯ НАЦИОНАЛЬНОЙ ШКОЛЫ ПОДГОТОВКИ СПАСАТЕЛЕЙ-ПОЖАРНЫХ

Полевода И.И., Садовский А.Я., Голякова И.В., Богданович А.Б.,
Карпиевич В.А., Сергеев В.Н.

Статья посвящена историческим аспектам становления и развития пожарно-технического образования в Республике Беларусь. В данной публикации обозначены основные этапы развития пожарно-технического образования на территории Беларуси, раскрыты некоторые характерные особенности отдельных из них. Заявленная проблематика рассматривается с опорой на системный, историко-генетический и сравнительный подходы. Проведено комплексное исследование репрезентативных источников по проблеме развития пожарно-технического образования.

Ключевые слова: подготовка пожарных-спасателей, пожарные курсы, пожарно-техническая школа, школа сержантского состава, учебный отряд, пожарно-техническое училище, командно-инженерный институт, университет гражданской защиты.

(Поступила в редакцию 25 июля 2018 г.)

После Октябрьской революции и подписания декрета Совета Народных Комиссаров 17 апреля 1918 г. «Об организации государственных мер борьбы с огнем» остро встал вопрос о подготовке и на территории нынешней Беларуси специалистов в области пожарной охраны. С 27 февраля по 1 марта 1919 г. проходил Первый съезд пожарных деятелей Минской губернии, на котором в числе других был рассмотрен вопрос об организации технической школы для подготовки пожарных [1, с. 93]. Об обучении пожарных говорилось и на Первой Всебелорусской пожарной конференции в сентябре 1924 г. в г. Минске. В 1927 г. создано новое структурное подразделение Народного комиссариата внутренних дел (НКВД) – Пожарная инспекция. Задачи, которые стояли перед подразделениями пожарной инспекции, требовали от работников соответствующей подготовки. Тем более, что в 1920-е годы сам характер развития народного хозяйства вынуждал принимать безотлагательные меры по наращиванию профессионального потенциала специалистов по борьбе с огнем. Прошедших подготовку в г. Москве и г. Ленинграде не хватало [2, с. 40].

Системная работа по обучению кадров была организована в достаточно сжатые сроки и на протяжении последующих десятилетий постоянно совершенствовалась в соответствии с меняющимися требованиями к специалистам пожарного профиля.

Следует остановиться на основных вехах развития пожарного образования на территории Беларуси, обозначив характерные особенности некоторых из них.

Всебелорусские пожарные курсы (1929–1933). 30 октября 1929 г. было принято решение о создании Всебелорусских пожарных курсов, которые подготавливали специалистов со сроком обучения 4 месяца [13, л. 288]. Численность первоначального набора слушателей составила 40 человек [13, л. 290]. При этом изначально курсы задумывались как разовые. Согласно положению, после выпуска слушателей курсы ликвидировались и все их имущество переходило в распоряжение НКВД [2, с. 41].

Учебный план включал изучение общеобразовательных и специальных дисциплин (оборудование пожарных организаций, пожарная тактика, противопожарные мероприятия, огнестойкое строительство, первая медицинская помощь, организация пожарной охраны в СССР, страховое дело и др.) [13, л. 293–295]. Одним из первых преподавателей этих курсов был Алексей Захарович Козаченко – начальник пожарной охраны г. Минска [13, л. 291]. Выпускники курсов получали свидетельства, которые позволяли им занимать определенные должности в пожарной охране [13, л. 292].

Пожарно-техническая школа (1933–1945). 27 сентября 1933 г. на базе 2-й пожарной команды г. Минска, по улице Аранская, 1, была открыта Пожарно-техническая школа по подготовке командного состава пожарной охраны со сроком обучения один год. Численность переменного состава составляла 30 человек. Начальником школы был назначен А.З. Козаченко [6, с. 301]. Учебное заведение готовило командный состав для пожарной охраны.

Дальнейшее развитие учреждения было связано с расширением спектра задач, стоящих перед ведомством. В соответствии с Постановлением Совета Народных Комиссаров

СССР от 17 марта 1935 г. на НКВД и его местные органы возлагались: государственный надзор за противопожарной охраной на территории БССР, надзор за состоянием всех частей ведомственной пожарной охраны и оперативное руководство добровольными организациями пожарной охраны, а также непосредственное руководство всеми частями городской пожарной охраны и частями военизированной пожарной охраны.

Согласно данному Постановлению, действующая Белорусская одногодичная пожарно-техническая школа, которая находилась в непосредственном подчинении НКВД БССР – отдела пожарной охраны (ОПО), с осени 1935 года была трансформирована в двухгодичную. Численность переменного состава увеличилась до 80 человек. Ставился вопрос об использовании данной школы для переподготовки и повышения квалификации младшего и среднего начальствующего состава как профессиональной, так и ведомственной пожарной охраны БССР [2, с. 42].

До начала Великой Отечественной войны в учебном заведении состоялось 7 выпусков. Профессиональную подготовку прошли 212 человек [3, с. 103]. В 1941 г. очередной выпуск не состоялся в связи с трагическими событиями – началом войны.

При подходе немецко-фашистских войск к г. Минску со всей пожарной техникой отступала и 7-я пожарно-техническая команда, которую в то время возглавлял Андрей Данилович Алешкевич – первый выпускник Пожарно-технической школы. Из выпускников и работников школы в г. Москве был сформирован сводный белорусский отряд пожарной охраны, в рядах которого доблестно сражались: Е.С. Алейников, М.С. Грищенко, М.И. Плешанова, Л.К. Врублевская, В.И. Езерский, С.А. Рунец, Н.П. Логовик и многие другие.

В августе 1941 г. немецкая авиация совершила самые массированные налеты на г. Москву, белорусские пожарные в эти суровые дни встали на ее защиту от огненной стихии. 49-й день войны (9 августа 1941 г.) стал для пожарных самым трудным. В этот день Е.С. Алейников самоотверженно проявил себя при тушении сложных пожаров, за что был удостоен благодарности руководства пожарной охраны г. Москвы.

Подготовка младшего начальствующего состава пожарной охраны для БССР, Смоленской и Калининградской областей РСФСР возобновилась после освобождения г. Минска. Комплектование школы осуществлял майор А.З. Козаченко, занимавший тогда должность начальника Управления пожарной охраны НКВД БССР (УПО). Приказом НКВД БССР от 21 сентября 1944 г. № 0792 начальником школы был назначен старший техник-лейтенант А.Д. Алешкевич. Уже в следующем году была проведена очередная реорганизация Пожарно-технической школы.

Школа сержантского состава военизированной пожарной охраны НКВД/МВД БССР (1945–1948). В документах национального архива Республики Беларусь хранятся материалы, в которых приводится принцип подготовки работников для пожарной охраны: «Кадры пожарной охраны БССР формировались по двум основным каналам. Первый канал – это широкое развертывание подготовки пожарных специалистов из рабочих и крестьян в специальных средних учебных заведениях. Второй канал – это выдвижение практиков. Практики не имели специального образования, но обладали хорошими организаторскими способностями и в последствии направлялись для прохождения подготовки в пожарных школах» [14, л. 113].

Тем не менее одной из серьезных проблем данного периода был кадровый голод. Так, первые послевоенные пожарные части были укомплектованы женщинами и демобилизованными фронтовиками. Это было оправданно, т. к. огромные людские резервы были задействованы на фронте. Например, в Гомельском гарнизоне женщины составляли 80 % личного состава. Уже летом 1945 г., после возвращения фронтовиков, значительная часть мужчин была направлена для прохождения службы в подразделения пожарной охраны [7, с. 362].

В 1946 г. срок обучения был продлен до одиннадцати месяцев, а количество переменного состава увеличено до 100 человек. Школа была подчинена ОПО НКВД Минской области. На вооружении команды школы находилась одна автоцистерна ПМЗ-2 и два автонасоса ПМЗ-1.

В период с 1944 по 1948 г. Школой сержантского состава военизированной пожарной охраны НКВД/МВД БССР подготовлены 295 человек на должности командиров отделений.

Учебный отряд военизированной пожарной охраны МВД БССР (1948–1974). Школа сержантского состава военизированной пожарной охраны НКВД/МВД БССР в 1948 г. была

переименована в Учебный отряд ВПО МВД БССР. В это же время начальником Учебного отряда назначен старший техник-лейтенант А.Н. Шахворостов. Штатная численность командно-преподавательского состава и персонала составляла 82 человека.

Несмотря на активную работу МВД и правительства БССР по принятию нормативных правовых актов в области организации противопожарной защиты (за 10 лет было принято более десятка правительственных постановлений, еще больше актов приняты министерства и ведомства), должного эффекта они не давали. С позиции исследователей, основная причина заключалась в слабом ресурсном обеспечении принимаемых решений [8], в т. ч. значительной степени недоукомплектованности пожарных подразделений [17].

Подобная ситуация не могла не коснуться и деятельности Учебного отряда, переменный состав которого включался в части по охране городов и объектов [17, л. 15].

В целом же особенности функционирования Учебного отряда ВПО МВД БССР в конце 1940-х гг. можно проиллюстрировать при помощи результатов проверки сержантских школ и учебных отрядов в 1949 г. Согласно докладной записке Главного управления пожарной охраны МВД СССР от 28 апреля 1949 г. (о проверке подготовки кадров в учебном отряде ВПО), уровень работы был признан удовлетворительным: «...политико-моральное состояние личного состава нормальное, в школе поддерживается необходимый воинский порядок и дисциплина. Общий уровень преподавания большинства преподавателей удовлетворительный, проведена большая работа по оборудованию кабинетов технического вооружения и профилактики, оборудован пожарно-спортивный городок, двор озеленен и содержится образцово» [18, л. 1]. К недостаткам (судя по документу, весьма распространенным в ведомственных учреждениях) были отнесены:

- проблемы в организации управления: двойное подчинение (УПО и ОПО) [18, л. 2];
- недоработки в идейно-политическом обеспечении процесса: «В практике работы парторганизации недостаточно обсуждались вопросы о ведущей роли коммунистов-руководителей учебной деятельностью отряда, партийные собрания и заседания партбюро достаточно не подготовлялись, критика и самокритика развернуты недостаточно.... Вопросы повышения идейного уровня преподавания ни в практике методической работы, ни в системе партийной деятельности не разрабатывались и не обсуждались...» [18, л. 2];
- проблемы планирования учебного процесса, например, несоответствия планов преподавателей на месяц действительности из-за составления расписания занятий на неделю [18, л. 3];
- отсутствие профотбора преподавательского состава и иных работников, а также контроля за их деятельностью (в виде утверждения конспекта занятий и их посещения руководством, вследствие чего периодически допускались «...элементы аполитичности» и т. д.) [18, л. 3].

В результате предлагалось принять целую систему мер, включающую как меры по исправлению «системных ошибок» (т. е. выявленных во многих ведомственных учреждениях образования), так и специфических.

По первому направлению, в частности, предлагалось изменить стиль руководства отрядом, поставив его деятельность под прямой контроль различных отделов УПО, в т. ч. подразумевающий переход «...к систематическим всесторонним и отраслевым проверкам деятельности отряда: один раз в квартал комплексно проверять всю работу отряда, наряду с этим практикуя широкое проведение проверок преподавания отдельных дисциплин и деятельности отряда по отдельным вопросам...» [18, л. 4]; улучшить работу парторганизации отряда; «ввести в практику работы парторганизации обсуждение вопросов о ведущей роли коммунистов в деле обучения и воспитания курсантов. Улучшить подготовку партсобраний и заседаний партбюро. Шире развернуть критику и самокритику. Повысить идейный уровень преподавания... поставить в центре внимания политотдела УПО, а также методической работы школы» [18, л. 5]; усилить контроль за работой преподавателей (в т. ч. в смысле идейного наполнения занятий); решить вопросы планирования.

По второму направлению предписывалось за счет резерва времени ввести преподавание белорусского языка (60 часов); «в процессе обучения знакомить курсантов с лучшими писателями Белоруссии...», оборудовать кабинет тактики с учетом контингента слушателей – моделировать не полигон (макеты домиков), а схемы распространения огня... в строениях различных типов, создать макеты с конструктивными особенностями зданий [18, л. 6].

Помимо указанных мер Директива начальника ГУПО МВД СССР генерал-майора П.М. Богданова по результатам всесоюзной проверки предписывала: «...установить жесткий

контроль за работой преподавателей. Потребовать от начальников школ (отрядов) и их заместителей ежедневного посещения занятий и проведения глубокого анализа содержания и методики проведения занятий... ввести... проверку методики и содержания преподавания общеобразовательных дисциплин с помощью районных и городских отделов народного образования... (т. е. увязать общеобразовательные дисциплины со специальными, а те – с реальными условиями работы – прим. авт.) ... обеспечить курсантский состав постоянным медицинским обслуживанием и санитарным надзором» [18, л. 25, 28, 30]. Реализация указанных мер была взята под личный контроль: «Требую от начальников УПО обеспечить в сержантских школах (учебных отрядах) пожарной охраны МВД образцовый порядок во всех отношениях. Пока этого не будет достигнуто, начальникам УПО лично разрабатывать и осуществлять мероприятия по упорядочению положения в школах (учебных отрядах)» [18, л. 30].

Помимо упорядочивания деятельности Учебного отряда значительное внимание уделялось практической направленности образовательного процесса. Так, в 1950-е годы, например, комплексная учебная практика переменного состава по пожаротушению и службе включала в себя: в должности бойца – 10–12 дежурств каждым номером боевого расчета, командиром отделения – 8 дежурств (командное отделение) и по два дежурства в профотделении и помощником дежурного офицера. По службе на объекте курсанты командного отделения проходили практику в 9 отдельных военизированных пожарных командах при автозаводе. В роли постового и дозорного – по 20 дежурств, помощника инструктора по профилактике – 4 дежурства [19, л. 6–7].

С марта 1965 г. на базе Учебного отряда организована переподготовка 100 человек офицерского и сержантского состава, приписанного к спецформированиям пожарной охраны МВД БССР на случай военного времени [6, с. 305].

Разумеется, в учебном заведении уделялось внимание не только образовательному процессу, но и организации воспитательной и культурно-массовой работы. В 1950 г. на базе спортивного городка Учебного отряда были проведены первые республиканские соревнования по пожарно-прикладному спорту.

Школа подготовки младшего и среднего начальствующего состава пожарной охраны МВД БССР (1974–1984) была учреждена приказом МВД БССР от 16 декабря 1974 г. В связи с большим потоком обучающихся старое помещение, расположенное на улице Аранской, уже не могло вместить необходимое количество людей. Поэтому 3 июня 1976 г. Минским горисполкомом было принято решение о строительстве нового здания Школы в районе Минского автозавода и кольцевой дороги (было завершено к 24 февраля 1981 г.). На должность начальника Школы подготовки младшего и среднего начальствующего состава пожарной охраны МВД БССР в январе 1981 г. был назначен подполковник внутренней службы Б.Л. Кулаковский.

Учебный центр пожарной охраны МВД БССР (1984–1992). В июле 1984 г. на должность начальника Учебного центра пожарной охраны МВД БССР назначен подполковник внутренней службы В.К. Воробьев, ранее работавший начальником отдела пожарной техники и средств связи УПО МВД БССР. Наличие развитой учебно-материальной базы, высокий уровень преподавания дисциплин, умелая воспитательная работа позволили Учебному центру пожарной охраны МВД БССР стать одним из лучших в Советском Союзе, в связи с чем его неоднократно посещали руководители МВД СССР, на его базе организовывались многочисленные семинары-совещания в масштабах республики и страны в целом. Начиная с 1987 г. командно-преподавательский состав по инициативе и при непосредственном участии начальника Главного управления военизированной пожарной службы (ГУВПС) полковника внутренней службы В.П. Астапова и под научным руководством доктора философских наук В.И. Козлачкова провел научно-исследовательскую работу по изучению проблем и методов совершенствования подготовки специалистов пожарного дела. В результате был разработан и внедрен в учебный процесс метод комплексной подготовки пожарно-профилактических работников. Это послужило стимулом для направления в г. Минск на обучение специалистов из разных республик Советского Союза. Достижения командно-преподавательского состава в подготовке высококвалифицированных специалистов были по достоинству оценены руководством МВД СССР. В марте 1988 г. за успехи в предупреждении и тушении пожаров Учебный центр пожарной охраны МВД БССР награжден Почетной Грамотой МВД СССР [10, с. 33].

Высшее пожарно-техническое училище МВД Республики Беларусь (1992–2000). Согласно Постановлению Совета Министров Республики Беларусь от 24 марта 1992 г. № 153,

Учебный центр пожарной охраны МВД БССР был преобразован в Высшее пожарно-техническое училище МВД Республики Беларусь (ВПТУ), что стало важнейшим этапом в его развитии. Возглавил ВПТУ полковник внутренней службы В.К. Воробьев. В задачи училища входило осуществление подготовки специалистов высшей квалификации по специальности «Пожарная техника и безопасность» для подразделений военизированной пожарной службы Республики Беларусь. ВПТУ вошло в систему национального образования страны как самостоятельное специализированное учебно-научное заведение. Первый выпуск офицеров пожарной службы состоялся в декабре 1995 г.

Командно-инженерный институт МЧС Республики Беларусь (2000–2016). Приказом Министра по чрезвычайным ситуациям в марте 2000 г. ВПТУ было реорганизовано в Командно-инженерный институт МЧС Республики Беларусь (КИИ). На протяжении последующих шестнадцати лет КИИ возглавляли: полковник внутренней службы В.К. Воробьев, полковник внутренней службы Г.Ф. Ласута и полковник внутренней службы И.И. Полевода. В 2000 г. в институте открыта адъюнктура и командный факультет, а через пять лет организована магистратура и учрежден научный журнал «Вестник Командно-инженерного института МЧС Республики Беларусь». В 2006 г. создан специализированный совет по защите диссертаций. В 2012 г. КИИ прошел аккредитацию как научное учреждение. В 2016 г. открыта докторантура. Активно осуществляется международное сотрудничество. С 2009 г. КИИ является полноправным членом Европейской ассоциации, объединяющей учебные заведения пожарно-спасательного профиля (EFSCA). За достижения в области развития пожарного образования коллектив учреждения образования в 2015 г. награжден Золотой медалью EFSCA. Партнерские отношения соединили КИИ и Академию Государственной противопожарной службы МЧС России, Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России, Кокшетауский технический институт КЧС МВД Республики Казахстан, Академию пожарной безопасности имени Героев Чернобыля МЧС Украины, Академию МВД Республики Таджикистан, Центральную школу Государственной пожарной службы Республики Польша и другие учреждения образования. Динамичное развитие получила и материально-техническая база КИИ: осуществлено строительство общежития на 515 мест, реконструирован фасад зданий и проведено благоустройство территорий института, учебной пожарной аварийно-спасательной части, осуществлен ввод в эксплуатацию модернизированных плоскостных спортивных сооружений, создан информационно-библиотечный центр.

За обеспечение подготовки высококвалифицированных специалистов, высокие показатели в педагогической и научно-исследовательской деятельности КИИ награжден Почетными грамотами Совета Министров и Национального Собрания Республики Беларусь, а в 2015 г. – Премией Правительства Республики Беларусь за достижения в области качества.

Университет гражданской защиты МЧС Беларуси (2016 – по настоящее время). Указом Президента Республики Беларусь от 19 августа 2016 г. № 313 образовано Государственное учреждение образования «Университет гражданской защиты Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь» (Университет) путем реорганизации Командно-инженерного института и присоединения к нему Гомельского инженерного института и Института переподготовки и повышения квалификации. Университет – учреждение высшего образования, осуществляющее широкий спектр услуг в сфере пожарной и промышленной безопасности, защиты от чрезвычайных ситуаций и гражданской обороны. Сегодня Университет – активное образовательное звено защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций, обеспечивающее реализацию программ подготовки кадров с учетом интересов различных министерств и ведомств страны. В Университете реализована полноценная многоступенчатая система подготовки специалистов, ориентированная на запросы отечественных и зарубежных заказчиков образовательных услуг. В Университете на 7 факультетах (19 кафедрах) по 14 специальностям ежегодно обучаются около 2000 человек, повышение квалификации проходят более 15 000 человек. Университет обладает высоким научным потенциалом, имеет современную научно-исследовательскую базу, новейшее экспериментальное оборудование, что позволяет качественно выполнять научные исследования и разработки. По приоритетным направлениям развития науки в области защиты от чрезвычайных ситуаций функционируют признанные в мире научные школы. Активно развиваются научные направления в области гражданской защиты, психологической помощи в чрезвычайных ситуациях, культуры безопасности жизнедеятельности, профессионально-языковой коммуникации. Университет принимает участие в ряде проектов Европейской Комиссии в области трансграничного сотрудничества, программе академической

мобильности «Эразмус+», программе обмена экспертами и в ряде других программ международной технической помощи. Осуществляется сотрудничество в сфере разработки современных технологий общественной безопасности, просвещения и обучения с Институтом общественной безопасности Университета Цинхуа (КНР), компанией Beijing global safety technology (GSafety) (КНР), Техническим университетом (г. Острава, Чехия) и другими учреждениями образования ближнего и дальнего зарубежья.

Стратегическая цель Университета – максимальное использование научно-образовательного, инновационного и кадрового потенциала, базирующегося на лучшем отечественном и мировом опыте, ориентированного на подготовку высококвалифицированных специалистов, способных эффективно организовать деятельность в области защиты от чрезвычайных ситуаций, пожарной и промышленной безопасности, гражданской обороны. Основной принцип и идея деятельности Университета нашли отражение в девизе – «Эффективное образование через традиции качества и динамику инноваций».

Благодаря самоотверженному труду, личному мужеству, энергии и инициативе многих поколений постоянного и переменного состава нашего учреждения образования произошло становление и развитие национальной школы подготовки спасателей-пожарных Беларуси – ныне Университета гражданской защиты МЧС Беларуси.

ЛИТЕРАТУРА

1. Страницы истории пожарной службы Беларуси / авт.-сост. А.В. Тетерник, В.И. Яковчук; под ред. В.А. Ващенко [и др.]. – Минск: Тэхналогія, 2014. – 191 с.
2. Карпиевич, В.А. Организация подготовки специалистов для пожарной службы Беларуси в 20-е – 40-е годы XX века / В.А. Карпиевич // Спагасьбіт: гістарычны зборнік. – 2011. – № 1. – С. 40–43.
3. Маковчик, А.В. Историография проблемы подготовки кадров для пожарно-спасательной службы Беларуси в 20–30-е годы XX в. / А.В. Маковчик // Вышэйшая школа: навукова-метадычны і публіцыстычны часопіс. – 2017. – № 3. – С. 57–60.
4. Яковчук, В.И. Основные этапы исторических исследований развития пожарной службы Беларуси / В.И. Яковчук // Проблемы методологии исследований истории Беларуси: материалы Междунар. науч. конф., Минск, 26–27 октября 2006 г. / редкол.: А.А. Коваленя (отв. редактор) [и др.]. – Минск: Бел. наука, 2008. – С. 220–222.
5. Яковчук, В.И. Историография формирования системы пожарной безопасности Белорусской ССР / В.И. Яковчук // Гістарыяграфія гісторыі Беларусі, новай і навейшай гісторыі краін Еўропы і ЗША / рэдкал.: В. А. Пілецкі (адказны рэдактар) [і інш.]. Ч. 2: Гістарыяграфія новай і навейшай гісторыі краін Еўропы і ЗША: даследаванні, праблемы, пошукі. – Минск: БГПУ, 2008. – С. 54–55.
6. Яковчук, В.И. Пожарная служба Беларуси: история развития: монография / В.И. Яковчук / науч. ред. Н.М. Забавский. – Минск: БГПУ, 2005. – 419 с.
7. Яковчук, В.И. Восстановление пожарной охраны Белорусской ССР (1944–1946 гг.) / В.И. Яковчук // Великая Отечественная война в исторической судьбе белорусского народа: материалы Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 65-летию Победы в Великой Отечественной войне, Гродно, 4–5 мая 2010 г. / редкол.: А. А. Коваленя (председатель) [и др.]. – Минск: Бел. наука, 2012. – С. 361–365.
8. Яковчук, В.И. Деятельность управления пожарной охраны МВД БССР по предупреждению пожаров в сельской местности (1955–1977 гг.) / В.И. Яковчук // Милиции Беларуси 90 лет: история и современность: материалы науч.-практ. конф., Минск, 27 февраля 2007 г. / редкол.: К.И. Барвинок (отв. редактор), А.Ф. Вишневицкий, В.А. Кучинский. – Минск: Акад. МВД Респ. Беларусь, 2007. – С. 165–171.
9. Яковчук, В.И. История развития системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций в Республике Беларусь: монография / В. И. Яковчук. – Минск: Акад. упр. при Президенте Респ. Беларусь, 2015. – 259 с.
10. Командно-инженерный институт. Страницы истории / И.И. Полевода [и др.]. – Минск: КИИ, 2013. – 152 с.
11. Дробыш, Н. Вехи истории: от курсов до института / Н. Дробыш // Служба спасения 01. – 2013. – № 1. – С. 10–18.
12. Садовский, И. Пожарная охрана Минска: от строительства частей до создания КИИ / И. Садовский // Служба спасения 01. – 2013. – № 1. – С. 52–53.
13. Нацыянальны архіў Рэспублікі Беларусь (НАРБ). – Ф. 7. – Оп. 1. Ед. хр. 772.

14. Нацыянальны архіў Рэспублікі Беларусь (НАРБ). – Ф. 1139. – Оп. 1. Ед. хр. 49.
15. Нацыянальны архіў Рэспублікі Беларусь (НАРБ). – Ф. 1109. – Оп. 1. Ед. хр. 1–5.
16. Нацыянальны архіў Рэспублікі Беларусь (НАРБ). – Ф. 1109. – Оп. 2. Ед. хр. 3.
17. Нацыянальны архіў Рэспублікі Беларусь (НАРБ). – Ф. 1139. – Оп. 2. Ед. хр. 31.
18. Нацыянальны архіў Рэспублікі Беларусь (НАРБ). – Ф. 1109. – Оп. 2. Ед. хр. 1.
19. Нацыянальны архіў Рэспублікі Беларусь (НАРБ). – Ф. 1109. – Оп. 2. Ед. хр. 4.

MILESTONES OF THE NATIONAL SCHOOL OF RESCUERS FIREFIGHTERS TRAINING

Ivan Polevoda, PhD in Technical Sciences, Associate Professor

Andrey Sadovsky

Irina Golyakova, PhD in Law Sciences, Associate Professor

Alexey Bogdanovich, PhD in Historical Sciences, Associate Professor

Victor Karpievich, PhD in Historical Sciences, Associate Professor

Vsevolod Sergeev, PhD in Historical Sciences, Associate Professor

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

Purpose. To analyze the stages of the creation of a national school for the training of firefighters in the BSSR and the Republic of Belarus.

Methods. The system approach, methods of analysis and generalization are applied.

Findings. A systematic presentation of the stages of formation and development of training of firefighters in the BSSR and the Republic of Belarus is given.

Application field of research. The materials presented in the article will be applied in the teaching of relevant disciplines of the humanitarian block.

Conclusions. The creation of a national school for the training of firefighters was one of the most important stages in the creation of the National Safety System of the Republic of Belarus.

Keywords: preparation of firefighters-rescuers, fire courses, fire and technical school, school of sergeants, training detachment, fire technical school, institute for command engineers, university of civil protection.

(The date of submitting: July 25, 2018)

REFERENCES

1. Teternik A.V., Yakovchuk V.I. *Stranitsy istorii pozharnoy sluzhby Belarusi* [Pages of the History of the Fire Service of Belarus]. Ed. V.A. Vashchenko et al. Minsk: Tekhnalogiya, 2014. 191 p.
2. Karpievich V.A. Organizatsiya podgotovki spetsialistov dlya pozharnoy sluzhby Belarusi v 20-e – 40-e gody XX veka [Organization of training of specialists for the fire service of Belarus in the 20s – 40s of the XX century]. *Spagas'bit: gistarychny zbornik*. 2011. No. 1. Pp. 40–43.
3. Makovchik A.V. Istoriografiya problemy podgotovki kadrov dlya pozharno-spatel'noy sluzhby Belarusi v 20-30-e gody XX v. [Historiography of the problem of training personnel for the fire-rescue service of Belarus in the 20-30s of the XX century]. *Vysheyshaya shkola: navukova-metadychny i publitsychny chasopis*. 2017. No. 3. Pp. 57–60.
4. Yakovchuk V.I. Osnovnye etapy istoricheskikh issledovaniy razvitiya pozharnoy sluzhby Belarusi [The main stages of historical research of the development of the fire service of Belarus]. *Proc. Intern. Scientific Conf. «Problemy metodologii issledovaniy istorii Belarusi» Minsk, October 26–27, 2006*. Ed.: A.A. Kovalenya et al. Minsk: Belorusskaya nauka, 2008. Pp. 220–222.
5. Yakovchuk V.I. Istoriografiya formirovaniya sistemy pozharnoy bezopasnosti Belorusskoy SSR [Historiography of the formation of the fire safety system of the Byelorussian SSR]. *Gistaryyagرافيya gistoryi Belarusi, novay i naveyshay gistoryi krain Europy i ZShA*. Ed.: V.A. Piletski et al. Part 2: *Gistaryyagرافيya novay i naveyshay gistoryi krain Europy i ZShA: dasledavanni, prablemy, poshuki*. Minsk: BGPU, 2008. Pp. 54–55.
6. Yakovchuk V.I. *Pozharnaya sluzhba Belarusi: istoriya razvitiya* [Fire service of Belarus: history of development]: monograph. Sci. ed. N.M. Zabavskiy. Minsk: BGPU, 2005. 419 p.
7. Yakovchuk, V.I. Vosstanovlenie pozharnoy okhrany Belorusskoy SSR (1944–1946 gg.) [Restoration of the fire protection of the Byelorussian SSR (1944–1946)]. *Proc. Intern. Scientific-practical Conf. «Velikaya Otechestvennaya voyna v istoricheskoy sud'be belorusskogo naroda, posvyashchennoy 65-letiyu Pobedy v Velikoy Otechestvennoy voyne»*, Grodno, May 4–5, 2010. Ed.: A.A. Kovalenya et al. Minsk: Belorusskaya nauka, 2012. Pp. 361–365.
8. Yakovchuk V.I. Deyatel'nost' upravleniya pozharnoy okhrany MVD BSSR po preduprezhdeniyu pozharov v sel'skoy mestnosti (1955-1977 gg.) [Activity of the fire department of the Ministry of Internal Affairs of the BSSR for the prevention of fires in rural areas (1955-1977)]. *Proc. Intern. Scientific-practical Conf. «Militzii Belarusi 90 let: istoriya i sovremennost'»*, Minsk, February 27, 2007. Ed.: K.I. Barvinok, A.F. Vishnevskiy, V.A. Kuchinskiy. Minsk: Akademiya MVD Respubliki Belarus', 2007. Pp. 165–171.

9. Yakovchuk V.I. *Istoriya razvitiya sistemy preduprezhdeniya i likvidatsii chrezvychaynykh situatsiy v Respublike Belarus'* [History of the development of the system of prevention and elimination of emergency situations in the Republic of Belarus]: monograph. Minsk: Akademiya upravleniya pri Prezidente Respubliki Belarus', 2015. 259 p.
10. Polevoda I.I. et al. *Komandno-inzhenernyy institut. Stranitsy istorii* [Command-Engineering Institute. Pages of history]. Minsk: KII, 2013. 152 p.
11. Drobysch N. *Vekhi istorii: ot kursov do instituta* [Milestones of history: from courses to the institute]. *Sluzhba spaseeniya 01*. 2013. No. 1. Pp. 10–18.
12. Sadoval'skiy I. *Pozharnaya okhrana Minska: ot stroitel'stva chastey do sozdaniya KII* [Fire protection of Minsk: from the construction of parts to the creation of the ICE]. *Sluzhba spaseeniya 01*. 2013. No. 1. Pp. 52–53.
13. The National Archives of the Republic of Belarus (NARB). F. 7. Op. 1. Storage unit 772.
14. The National Archives of the Republic of Belarus (NARB). F. 1139. Op. 1. Storage unit 49.
15. The National Archives of the Republic of Belarus (NARB). F. 1109. Op. 1. Storage unit 1–5.
16. The National Archives of the Republic of Belarus (NARB). F. 1109. Op. 2. Storage unit 3.
17. The National Archives of the Republic of Belarus (NARB). F. 1139. Op. 2. Storage unit 31.
18. The National Archives of the Republic of Belarus (NARB). F. 1109. Op. 2. Storage unit 1.
19. The National Archives of the Republic of Belarus (NARB). F. 1109. Op. 2. Storage unit 4.

УДК 614.841

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗНАЧЕНИЙ ПАРАМЕТРОВ МОДЕЛИРОВАНИЯ И ИНТЕРПРЕТАЦИЯ ВЫХОДНЫХ ДАННЫХ В ПРОГРАММНОМ КОМПЛЕКСЕ FDS ПРИ РАСЧЕТЕ ВИДИМОСТИ В УСЛОВИЯХ ЗАДЫМЛЕНИЯ

Суриков А.В., Лешенюк Н.С.

Проведен анализ методики определения значений расчетных параметров, применяемых при моделировании пожаров в программном комплексе FDS для расчета динамики задымления в помещении. Показано, что существующие подходы к определению значений расчетных параметров дымообразования справедливы только при полном сгорании материалов в условиях стандартных испытаний на дымообразующую способность. Для учета неполноты сгорания материалов проведен анализ экспериментальных данных по остатку массы материалов, для которых определен коэффициент дымообразования. В результате в расчетные формулы введены соответствующие коэффициенты, значительно повышающие точность проводимых расчетов динамики задымления в помещении.

Ключевые слова: моделирование, видимость, дымообразующая способность, удельный выход дыма, фактор видимости, удельный показатель экстинкции.

(Поступила в редакцию 27 мая 2018 г.)

Введение. В настоящее время наиболее универсальным методом моделирования развития пожара служит полевой метод, не накладывающий ограничений на геометрические характеристики объекта и позволяющий проводить наиболее детальный анализ развития пожара [1].

Одной из самых востребованных компьютерных программ, реализующих полевую модель, – расчетный программный комплекс FDS (NIST, США).

При моделировании задымления в условиях пожара в FDS основными параметрами, влияющими на дымообразование и видимость, являются удельный выход дыма Y_s (soot yield), удельный массовый коэффициент (показатель) экстинкции σ_s (mass extinction coefficient) и фактор видимости (visibility factor) C [2, с. 234].

Удельный выход дыма Y_s определяется как доля горючего материала, идущего на образование дыма [2, с. 150]. Значение удельного выхода дыма Y_s , равное 0,01, означает, что массовая скорость выделения дыма составляет 0,01 от скорости выгорания топлива [2, с. 201]. Таким образом, Y_s определяет значение массовой концентрации дыма в заданный момент времени.

В теории распространения света через аэрозоли удельный массовый показатель (коэффициент) экстинкции σ_s характеризуется как показатель ослабления света на заданной длине волны на единицу массы аэрозоля. Значение удельного массового показателя экстинкции σ_s в FDS стандартно принимается равным $8700 \text{ м}^2/\text{кг}$ вне зависимости от горючего материала [2, с. 235]. Значения σ_s для различных твердых горючих материалов и горючих жидкостей приведены в работе [8]. В работе [9] показано, что при расчетах наступления критического значения опасного фактора пожара по потере видимости в FDS применение значений σ_s , определенных согласно [8], позволяет получить значения, более приближенные к экспериментальным по сравнению со значением, равным $8700 \text{ м}^2/\text{кг}$.

Следует также отметить, что значение удельного массового показателя экстинкции σ_s играет роль при определении удельного выхода дыма Y_s . Это обусловлено тем, что в отечественной практике моделирования пожаров параметром, характеризующим дымообразующую способность материалов, служит коэффициент дымообразования D_m – показатель, определяемый специальными испытаниями согласно методике [10] и характеризующий оптическую плотность дыма, образующегося при пламенном горении или термоокислительной деструкции (тлении) определенного количества твердого вещества (материала).

Так, согласно ряду публикаций [11–13] определено, что коэффициент дымообразования D_m прямо пропорционален произведению удельного массового показателя экстинкции σ_s и удельного выхода дыма Y_s .

Фактор видимости C зависит от освещенности объекта наблюдения, коэффициента отражения его поверхности и яркостного порога зрения человека в условиях задымления [14]. Анализ немногочисленных литературных источников, в которых приведены примеры

расчетов опасных факторов пожара с использованием полевой модели развития пожара [15, 16], позволяет сделать вывод о том, что при практических расчетах не учитываются параметры, влияющие на фактор видимости C , – освещенность объекта наблюдения E , яркостный порог зрения человека в условиях задымления $B_{кр}$ и коэффициент отражения объекта α .

Целью данной работы была разработка методических подходов к повышению точности расчетов видимости при задымлении в помещении с применением полевой модели развития пожара.

Основная часть. Известно, что при моделировании задымления в условиях пожара предельная видимость в дыму определяется по формуле

$$l_{np} = \frac{C}{k} = \frac{C}{\sigma_s C_m}, \quad (1)$$

где C – безразмерная характеристика типа объекта, рассматриваемого в дыму, или фактор видимости ($C = 5 \div 10$ для объекта, излучающего свет; $C = 2 \div 4$ для светоотражающего объекта; согласно ГОСТ 12.1.004-91 [4] при обычных условиях $C = 2,38$); k – коэффициент ослабления оптического излучения, m^{-1} ; σ_s – удельный массовый показатель (коэффициент) экстинкции, m^2/kg ; C_m – массовая концентрация дыма, kg/m^3 [2, 4–6].

Процесс переноса дымовых частиц и изменение концентрации дыма в FDS описывается следующим уравнением:

$$\frac{\partial}{\partial t} (\rho Y_\alpha) + \nabla (\rho Y_\alpha (u + u_p)) = \nabla (\rho D_\alpha \nabla Y_\alpha) + m_\alpha, \quad (2)$$

где ρ – плотность газа, kg/m^3 ; Y_α – массовая доля частиц дыма, равная отношению C_m/ρ ; u – скорость движения газовой среды, m/c ; u_p – скорость движения дымовых частиц, m/c ; D_α – коэффициент диффузии, m^2/c ; m_α – массовая скорость образования частиц дыма в заданной химической реакции, $kg/(m^3 \cdot c)$ [7].

В FDS принято, что дым от пожара (массовая скорость образования частиц дыма в заданной химической реакции m_α) образуется пропорционально скорости тепловыделения, определяемой как произведение низшей теплоты сгорания материала и массовой скорости его выгорания [2, с. 201]. При этом в качестве коэффициента пропорциональности между массой сгоревшего материала и массой образовавшегося дыма выступает удельный выход дыма Y_s [18, с. 3–255].

При моделировании динамики развития пожара в FDS удельный выход дыма Y_s является величиной, которую задает пользователь. Существует ряд методов определения Y_s . Например, метод контроля воздушного потока заключается в измерении массы фильтра, через который проходит дым, возникающий при горении исследуемого материала. При этом контролируется изменение массы образца [23].

Значение удельного выхода дыма Y_s составляет до 20 % от массы горючего материала [17]. Наиболее значительный массив данных по Y_s приведен в [18, с. 3–142]. В российской и отечественной практике принято определять Y_s из соотношения

$$D_m = Y_s \sigma_s, \quad (3)$$

где D_m – коэффициент дымообразования; σ_s – удельный массовый показатель (коэффициент) экстинкции, m^2/kg .

При этом следует учитывать, что согласно ГОСТ 12.1.044-90 [10] коэффициент дымообразования D_m определяется на основании данных, полученных при испытаниях по стандартизированной методике, по формуле

$$D_m = \frac{V}{mL} \ln \left(\frac{I_0}{I} \right), \quad (4)$$

где V – объем испытательной камеры, m^3 ; m – начальная масса образца, kg ; L – длина пути оптического луча, m ; I_0 – интенсивность падающего света; I – интенсивность передаваемого света.

Уточнение определения значения Y_s . Следует отметить, что соотношение (3) будет справедливо лишь при полном сгорании испытуемого образца, так как при определении Y_s учитывается доля всего сгоревшего материала, идущего на образование дыма.

В большинстве случаев в условиях испытаний по определению D_m наблюдается неполное сгорание исследуемых образцов при достижении максимального ослабления свето-

вого потока, принимаемого для расчета D_m согласно формуле (4). Таким образом, значения D_m при неполном сгорании материалов, применяемые для определения Y_s , будут занижены, что, несомненно, будет влиять на определение времени наступления критического значения опасного фактора пожара по потере видимости при его моделировании.

Сведений по остатку материалов, подвергнутых испытаниям на определение D_m , в доступных литературных источниках имеется достаточно ограниченное количество [19, 20].

В проведенных авторами данной работы исследованиях [12] экспериментальное определение D_m по ГОСТ 12.1.044-90 [10] с последующим моделированием данного процесса в FDS проводилось именно с учетом массы сгоревших образцов для определения корректности применения выражения (3). При этом были получены следующие результаты относительной погрешности при моделировании по сравнению с экспериментальными данными: древесностружечная плита – 6 %, поливинилхлорид – 24 %, пенополистирол – 20 %. Полученные данные вполне сопоставимы по точности с погрешностями, приведенными в работе [21] (для измерения концентрации дыма – 33 %).

В ходе экспериментального определения D_m средняя масса остатка образцов составила: древесностружечная плита – 21 % (начальная масса – 19,1 грамма, конечная – 4,0 грамма), поливинилхлорид – 25 % (начальная масса – 2,72 грамма, конечная – 0,67 грамма), пенополистирол – 0 % (начальная масса – 0,43 грамма, конечная – 0 граммов).

Это означает, что при определении D_m по формуле (4) согласно ГОСТ 12.1.044-90 [10] с учетом начальной массы образца, его значение будет меньше коэффициента, определенного для значения массы сгоревшего образца в условиях стандартных испытаний. Соответственно меньшим будет и значение Y_s , что будет сказываться на результатах моделирования динамики задымления в помещениях в условиях пожара в сторону увеличения времени наступления критического значения оптической плотности дыма.

Значения доли сгоревшей массы ряда материалов, полученные при исследовании их коэффициента дымообразования, приведены в таблице 1 [12, 19, 20].

Таблица 1. – Значение доли сгоревшей массы образцов материалов при определении их коэффициента дымообразования по ГОСТ 12.1.044-90

Материал	Значение доли сгоревшей массы образца
Древесностружечная плита	0,79±0,05
Поливинилхлорид	0,75±0,03
Древесноволокнистая плита	0,81±0,04
Картон	0,96±0,03

Таким образом, для более корректного перевода коэффициента дымообразования D_m в удельный выход дыма Y_s необходимо в аналитическое выражение (3) ввести коэффициент A , учитывающий неполное сгорание материалов при определении D_m по стандартизированной методике [10]:

$$D_m = AY_s\sigma_s, \quad (5)$$

где A – коэффициент, учитывающий неполное сгорание материалов при определении коэффициента дымообразования, т. е. значение доли сгоревшей массы образца.

В дополнение к изложенному необходимо отметить, что согласно действующей методике за коэффициент дымообразования D_m исследуемого материала принимают большее значение, вычисленное для двух режимов испытания – тления и горения [10, п. 4.18.4.2]. Как показано в работе [22], для большинства материалов значение коэффициента дымообразования D_m в режиме тления выше, чем в режиме пламенного горения. По этой причине данные значения указываются в справочной литературе и нормативных документах. При переводе D_m в Y_s согласно (5) значение удельного массового коэффициента экстинкции σ_s , принимаемое по умолчанию в FDS равным 8700 м²/кг, соответствует режиму пламенного горения, что и указано в работе [8]. Для дыма, выделяемого в режиме тления, коэффициент σ_s равен 4000–5000 м²/кг [8].

Из приведенного выше следует, что при моделировании пожаров в FDS целесообразно применять значения коэффициента дымообразования с учетом протоколов испытаний конкретных материалов на дымообразующую способность именно для режима горения.

Уточнение выбора значения σ_s . Массовая концентрация дыма C_m не определяет его оптические свойства, а является коэффициентом пропорциональности между предельной видимостью в дыму и удельным коэффициентом экстинкции σ_s (см. (1)), который

сложным образом зависит от дисперсности дыма, длины волны оптического излучения и химического состава вещества. Дым, образованный при горении различных материалов, имеет различные значения размера частиц, отличается и их химический состав, и, соответственно, разные величины σ_s . Таким образом, при одинаковом значении C_m , но при горении различных материалов предельная видимость l_{np} в дыму будет отличаться.

В дополнение, как было указано выше, в отечественной практике σ_s оказывает влияние на определение массовой скорости образования частиц дыма в заданной химической реакции m_a (3).

Из вышеперечисленного следует: корректность применения значений σ_s является крайне важной при определении значений исходных данных для проведения расчетов задымления в FDS.

На основании данных по значениям удельного выхода дыма Y_s [18], данных по коэффициентам дымообразования D_m [22] и формулы (3) нами были рассчитаны значения удельного коэффициента экстинкции $\sigma_{s(pacч)}$ для ряда материалов и проведено сравнение полученных результатов с экспериментальными значениями σ_s , приведенными в ТКР 45-2.04-153-2009 [3]. Полученные результаты сведены в таблице 2.

Таблица 2. – Результаты расчетов удельного коэффициента экстинкции σ_s

Материал	Коэффициент дымообразования D_m , м ² /кг	Удельный выход дыма Y_s	Удельный коэффициент экстинкции $\sigma_{s(pacч)}$, м ² /кг	Удельный коэффициент экстинкции σ_s , м ² /кг
Древесина (включая материалы на ее основе)	23–108	0,015	1533–7200	8100
Поливинилхлорид	138–887	0,076–0,098	1816–9051	9500
Полистирол	471–1144	0,164	2872–6976	9800
Резина	667–850	0,097	6876–8763	10300
Полиуретан	164	0,104–0,130	1262–1577	8100±1100
Полиэтилен	450	0,06	7500	8800±2500

Полученные данные свидетельствуют о том, что при определении удельного коэффициента экстинкции $\sigma_{s(pacч)}$ по формуле (3) на основании массива данных по коэффициенту дымообразования D_m и значениям удельного выхода дыма Y_s , значения $\sigma_{s(pacч)}$ практически для всех материалов значительно меньше по сравнению с экспериментальными данными [8].

Таким образом, при расчете предельной видимости при пожаре в дыму l_{np} (1) будет получено завышенное значение, что соответственно приведет к увеличению времени наступления критического значения опасного фактора пожара по потере видимости. В то же время при определении удельного выхода дыма Y_s с учетом экспериментальных данных [8] (3) его значение будет занижено, что соответственно скажется на уменьшении массовой скорости образования частиц дыма m_a в заданной химической реакции.

Исходя из принципов проведения расчетов по оценке пожарной опасности объектов, заключающихся в определении наиболее неблагоприятного в отношении пожара варианта [23], и приведенных выше результатов следует:

1. При определении удельного выхода дыма Y_s в случае наличия экспериментальных данных для конкретного материала (например, согласно [18]) целесообразно применять в расчетах указанные значения, так как они будут выше, чем определенные по формуле (3). Это в свою очередь не уменьшит массовую скорость образования частиц дыма в заданной химической реакции m_a .

2. При определении удельного коэффициента экстинкции σ_s необходимо принимать значения согласно работе [8]. Данный подход позволит более адекватно определить предельную видимость в дыму l_{np} .

Уточнение безразмерной характеристики типа объекта, рассматриваемого в дыму, или фактора видимости C . Безразмерная характеристика типа объекта, рассматриваемого в дыму, или фактор видимости C , зависит от освещенности объекта наблюдения E , яркостного порога зрения человека в условиях задымления $B_{кр}$, коэффициента отражения объекта α [14] и с учетом результатов работы [14] определяется по формуле

$$C = \ln\left(\frac{\alpha E_0}{\pi B_{кр}}\right) = \ln(1,05\alpha E_0). \quad (6)$$

В обычных условиях критическое значение C принимается равным 2,38 [4, 5, 15, 16, 24]. Время блокирования путей эвакуации по опасному фактору пожара по потере видимости определяется в момент времени, при котором коэффициент ослабления оптического излучения k принимается равным $0,119 \text{ м}^{-1}$, что соответствует предельной видимости $l_{пр}$ в 20 метров. При этом при расчете времени наступления критического значения оптической плотности дыма освещенность объекта наблюдения E принимается равной 50 лк, а значение коэффициента отражения объекта $\alpha - 0,3$.

При проектировании освещения в зданиях принимаются следующие значения средневзвешенного коэффициента отражения внутренних поверхностей проектируемого помещения: 0,5 – в жилых и общественных помещениях и 0,4 – в производственных помещениях и помещениях объектов коммунального назначения [3]. Указанные значения могут применяться при моделировании пожаров с использованием интегральной модели развития пожара.

Значение α , равное 0,3, соответствует коэффициенту отражения силикатного кирпича и бетона [25]. Значения α для образцов цвета наиболее распространенных красок, пигментов и материалов приведены в строительных нормах [25].

Нормативные значения освещенности E помещений, зависящие от их назначения, определяются согласно [3] и составляют, как правило, от 50 до 500 лк. В таблице 3 приведены результаты расчета значений фактора видимости C для различных поверхностей (материалов и поверхностей, окрашенных наиболее распространенными красками при различном весовом содержании чистого пигмента в красочном составе (насыщенность краски M)) в зависимости от освещенности в помещении E . В таблице выделены подчеркиванием цвета красок, для которых при определенной освещенности значение фактора видимости C , меньше стандартного значения, равного 2,38.

Таблица 3. – Значения фактора видимости C для различных поверхностей в зависимости от освещенности в помещении E

Наименование пигмента (поверхности)	Насыщенность краски M , %	Коэффициент отражения α	Значение фактора видимости C при освещенности в помещении E , лк							
			50	75	100	150	200	300	400	500
А. Краски и пигменты										
Свинцовые белила	100	0,9	3,86	4,26	4,55	4,95	5,24	5,65	5,93	6,16
Кость жженая	10	0,2	2,26	2,66	2,95	3,36	3,64	4,05	4,34	4,56
	5	0,3	2,73	3,14	3,43	3,83	4,12	4,52	4,81	5,04
	2	0,4	2,97	3,37	3,66	4,07	4,35	4,76	5,05	5,27
	1	0,5	3,30	3,71	3,99	4,40	4,69	5,09	5,38	5,60
	0,5	0,6	3,40	3,80	4,09	4,49	4,78	5,19	5,47	5,70
	0,25	0,6	3,50	3,91	4,20	4,60	4,89	5,29	5,58	5,80
Краплек красный	20	0,2	2,25	2,65	2,94	3,34	3,63	4,04	4,33	4,55
	6	0,2	2,45	2,85	3,14	3,55	3,83	4,24	4,53	4,75
	2,5	0,3	2,76	3,16	3,45	3,86	4,14	4,55	4,84	5,06
	1	0,4	2,97	3,37	3,66	4,07	4,35	4,76	5,05	5,27
	0,5	0,4	3,14	3,55	3,83	4,24	4,53	4,93	5,22	5,44
	0,25	0,5	3,31	3,71	4,00	4,41	4,69	5,10	5,39	5,61
Кадмий пурпурный	30	0,1	1,99	2,40	2,69	3,09	3,38	3,79	4,07	4,30
	20	0,2	2,25	2,65	2,94	3,34	3,63	4,04	4,33	4,55
	6	0,3	2,91	3,31	3,60	4,01	4,29	4,70	4,99	5,21
	2,5	0,5	3,27	3,68	3,96	4,37	4,66	5,06	5,35	5,57
	1	0,6	3,45	3,86	4,15	4,55	4,84	5,25	5,53	5,76
	0,5	0,7	3,55	3,96	4,24	4,65	4,94	5,34	5,63	5,85

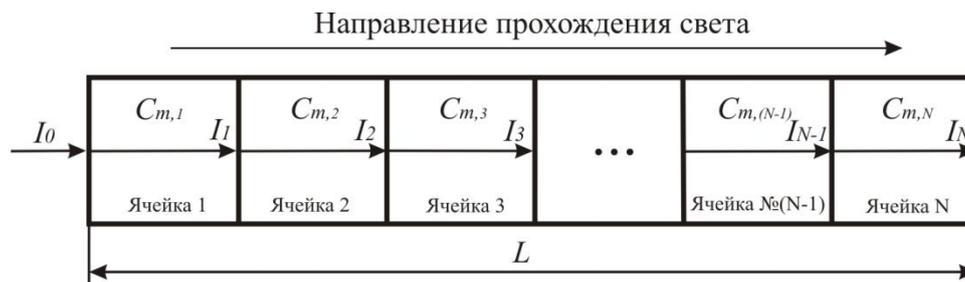
Продолжение таблицы 3

Наименование пигмента (поверхности)	Насыщенность краски M , %	Коэффициент отражения a	Значение фактора видимости C при освещенности в помещении E , лк							
			50	75	100	150	200	300	400	500
Охра красная	40	0,2	2,26	2,67	2,96	3,36	3,65	4,05	4,34	4,57
	16	0,3	2,70	3,11	3,40	3,80	4,09	4,49	4,78	5,00
	2	0,5	3,33	3,73	4,02	4,43	4,71	5,12	5,41	5,63
	1	0,7	3,58	3,99	4,27	4,68	4,97	5,37	5,66	5,88
	0,5	0,7	3,59	4,00	4,28	4,69	4,98	5,38	5,67	5,89
	0,25	0,7	3,67	4,08	4,36	4,77	5,06	5,46	5,75	5,97
Б. Материалы										
Алюминий матовый		0,55	3,36	3,77	4,06	4,46	4,75	5,15	5,44	5,67
Жесть:										
белая		0,6	3,45	3,86	4,14	4,55	4,84	5,24	5,53	5,75
оцинкованная		0,2	2,35	2,76	3,04	3,45	3,74	4,14	4,43	4,65
Лагунь матовая		0,55	3,36	3,77	4,06	4,46	4,75	5,15	5,44	5,67
Штукатурка (без побелки):										
новая		0,42	3,09	3,50	3,79	4,19	4,48	4,89	5,17	5,40
хорошо сохранившаяся		0,2	2,35	2,76	3,04	3,45	3,74	4,14	4,43	4,65
запущенная (в помещениях с темной пылью)		0,15	2,06	2,47	2,76	3,16	3,45	3,86	4,14	4,37
Силикатный кирпич и бетон:										
новые		0,32	2,82	3,23	3,51	3,92	4,21	4,61	4,90	5,12
хорошо сохранившиеся		0,2	2,35	2,76	3,04	3,45	3,74	4,14	4,43	4,65
запущенные в (помещениях с темной пылью)		0,1	1,66	2,06	2,35	2,76	3,04	3,45	3,74	3,96
Плитка белая керамическая глазурованная		0,75	3,67	4,08	4,37	4,77	5,06	5,46	5,75	5,98
Красный кирпич		0,1	1,66	2,06	2,35	2,76	3,04	3,45	3,74	3,96
Дерево:										
сосна светлая		0,5	3,27	3,67	3,96	4,37	4,65	5,06	5,35	5,57
фанера		0,38	2,99	3,40	3,69	4,09	4,38	4,78	5,07	5,30
Известковая побелка:										
новая		0,8	3,74	4,14	4,43	4,84	5,12	5,53	5,82	6,04
хорошо сохранившаяся		0,65	3,53	3,94	4,22	4,63	4,92	5,32	5,61	5,83
запущенная (в помещениях с темной пылью)		0,15	2,06	2,47	2,76	3,16	3,45	3,86	4,14	4,37
Белая клеевая краска		0,7	3,60	4,01	4,30	4,70	4,99	5,40	5,68	5,91
Алюминиевая краска		0,5	3,27	3,67	3,96	4,37	4,65	5,06	5,35	5,57

Фактор видимости для светоотражающих объектов изменяется в диапазоне от 2 до 4 [6]. Анализ полученных результатов показывает, что в основном расчетные значения C соответствуют экспериментальным, полученным в работе [6], и находятся в указанном диапазоне при стандартной освещенности в 50 лк.

Однако для ряда материалов, а также определенных цветов поверхностей конструкций помещения расчетное значение C ниже 2,38, т. е. минимального значения при стандартной освещенности. На расчетное значение оказывают влияние и условия эксплуатации объекта. Так, при наличии отложений темной пыли на строительных конструкциях фактор видимости уменьшается на 30–40%. Полученные данные позволяют при расчете времени наступления критических значений опасного фактора пожара по потере видимости целенаправленно формировать компенсирующие мероприятия, направленные на увеличение указанного времени, путем выбора материалов отделочных материалов, увеличения освещенности помещений и выдачи рекомендаций по окраске конструкций.

Интерпретация выходных данных по коэффициенту ослабления k при расчете видимости при пожаре. В основе расчета прохождения света в полевой модели развития пожара лежит закон Бугера–Ламберта–Бера. Схематично распространение света приведено на рисунке 1.



$C_{m,1}-C_{m,N}$ – массовая концентрация дыма i -той ячейке, $\text{кг}/\text{м}^3$; I_0 – интенсивность падающего света;
 I_1-I_N – интенсивность света, прошедшего через i -тую ячейку;
 N – количество ячеек на заданной длине пути прохождения света L

Рисунок 1. – Модель распространения света

При этом

$$I_N = I_0 \exp \left[- \left(\sigma_s C_{m,1} \Delta L_1 + \sigma_s C_{m,2} \Delta L_2 + \sigma_s C_{m,3} \Delta L_3 + \dots + \sigma_s C_{m,N-1} \Delta L_{N-1} + \sigma_s C_{m,N} \Delta L_N \right) \right], \quad (7)$$

где ΔL_i – размер ячейки в горизонтальной плоскости, м. Учитывая, что ячейки расчетной сетки в помещении имеют одинаковую длину ΔL , имеем:

$$I_N = I_0 \exp \left(- \sigma_s \Delta L \sum_{i=1}^N C_{m,i} \right) = I_0 \exp \left(- \Delta L \sum_{i=1}^N k_i \right), \quad (8)$$

где k_i – коэффициент ослабления оптического излучения в i -той ячейке, м^{-1} .

Таким образом, при расчете времени наступления критического значения оптической плотности дыма необходимо учитывать интегральный коэффициент ослабления оптического излучения. В случае стандартных значений фактора видимости $C = 2,38$ и предельной видимости $l_{\text{пр}} = 20$ м среднее значение интегрального коэффициента ослабления равно $0,119 \text{ м}^{-1}$. Данный подход адекватен при применении интегральной модели развития пожара. В случае расчета с применением полевой модели следует учитывать, что распределение расчетной массовой концентрации дыма неоднородно и имеет различные значения в различных точках помещения. Аналогичным образом распределяются значения коэффициента ослабления k . Это приводит к тому, что в помещении могут быть участки, на которых k больше критического значения ($0,119 \text{ м}^{-1}$), и участки, на которых k гораздо меньше указанного значения. Данные положения наглядно продемонстрированы в работе [9].

Следовательно, принятие локальных значений коэффициента ослабления (например, в месте размещения эвакуационного выхода), соответствующих среднему значению (по умолчанию $0,119 \text{ м}^{-1}$), является некорректным. Соответственно, при расчете видимости в полевой модели необходимо учитывать значение интегрального коэффициента ослабления оптического излучения на всей протяженности пути наблюдения (в общем случае 20 м).

Выводы. При определении удельного выхода дыма Y_s в случае наличия экспериментальных данных для конкретного материала целесообразно применять в расчетах указанные значения, т. к. они, как правило, выше, чем определенные согласно аналитическому выражению (3). Это в свою очередь не приведет к уменьшению массовой скорости образования частиц дыма m_a в заданной химической реакции.

В случае отсутствия экспериментальных данных удельного выхода дыма Y_s допускается использование аналитического выражения (3) путем перевода значения коэффициента дымообразования D_m , определенного согласно стандартизированной методике [10]. При этом следует учитывать, что применение аналитического соотношения (3) корректно при полном сгорании испытуемого образца. Для более точного определения Y_s целесообразно использовать коэффициент A (5) для конкретных материалов, учитывающие неполное сгорание материалов при определении коэффициентов дымообразования. Ряд значений коэффициентов приведен в настоящей работе.

При моделировании пожаров в FDS для перевода коэффициента дымообразования D_m в удельный выход дыма Y_s целесообразно применять значения D_m с учетом протоколов испытаний конкретных материалов на дымообразующую способность для режима горения. Это обусловлено тем, что параметры моделирования в FDS приняты для пламенного горения, а в справочной литературе и нормативных документах, как правило, указываются значения D_m , соответствующие дыму, выделяемому в режиме тления материала.

При моделировании пожаров с применением полевой модели развития пожара значения удельного коэффициента экстинкции σ_s необходимо принимать согласно [8]. Данный подход позволит более адекватно определить предельную видимость в дыму $l_{пр}$.

Результаты расчета значения фактора видимости C для различных материалов и поверхностей, окрашенных наиболее распространенными красками, при различном весовом содержании чистого пигмента в красочном составе показывают, что для ряда материалов, а также для определенных цветов поверхностей конструкций помещения расчетное значение C ниже минимального нормируемого значения при стандартной освещенности. Также на значение фактора видимости оказывают влияние условия эксплуатации. В частности, накопление темной пыли на поверхности строительных конструкций значительно снижает значение C . Вышеуказанные факторы свидетельствуют о том, что при расчете видимости в условиях задымления необходимо учитывать освещенность, цветовую гамму окраски строительных конструкций и отделочных материалов и условия эксплуатации. Полученный массив данных может быть использован при разработке компенсирующих мероприятий, направленных на увеличение наступления критических значений оптической плотности дыма во времени при расчете необходимого времени эвакуации.

При интерпретации выходных данных расчета предельной видимости в условиях пожара с использованием полевой модели необходимо учитывать значение интегрального коэффициента ослабления оптического излучения по всей расчетной длине прохождения оптического излучения. Принятие локальных значений коэффициента ослабления (например, в месте размещения эвакуационного выхода), соответствующих среднему значению (по умолчанию $0,119 \text{ м}^{-1}$), является менее корректным.

ЛИТЕРАТУРА

1. Литвинцев, К.Ю. Разработка программы для моделирования пожаров в зданиях согласно методике определения расчетных величин пожарного риска [Электронный ресурс] / К.Ю. Литвинцев [и др.] // Горение топлива: теория, эксперимент, приложения: материалы IX Всеросс. конф. с межд. уч., Новосибирск, 16–18 ноября 2015 г. / Ин-т теплофизики им. С.С. Кутателадзе СО РАН. – Режим доступа: http://www.itp.nsc.ru/conferences/gt-2015/Files/D1_S1-5.pdf. – Дата доступа: 20.05.2018.
2. Fire Dynamics Simulator. User's Guide / К. McGrattan et al. – 6th ed. – NIST, 2017. – 339 p.
3. Естественное и искусственное освещение. Строительные нормы проектирования = Натуральнае і штучнае асвятленне будаўнічыя нормы праектавання: ТКП 45-2.04-153-2009 (02250). – Введ. 14.10.09 (с отменой на территории Респ. Беларусь СНБ 2.04.05-98). – Минск: Стройтехнорм, 2010. – 104 с.
4. Пожарная безопасность. Общие требования: ГОСТ 12.1.004-91. – Введ. 14.06.1991. – М.: Гос. комитет СССР по управлению качеством продукции и стандартам: Изд-во стандартов, 1991. – 88 с. – (Система стандартов безопасности труда).
5. Кошмаров, Ю.А. Прогнозирование опасных факторов пожара в помещении: учеб. пособие / Ю.А. Кошмаров. – М.: Академия ГПС МВД России, 2000. – 118 с.
6. Jin, T. Visibility and Human Behavior in Fire Smoke / T. Jin // SFPE Handbook of Fire Protection Engineering / ed.: P.J. DiNenno et al. – 4th ed. – Quincy, Mass.: National Fire Protection Association, 2008. – Ch. 2–4. – P. 37–54.
7. Overholt, K.J. Computational Modeling and Validation of Aerosol Deposition in Ventilation Ducts / K.J. Overholt, J.E. Floyd, O.A. Ezekoye // Fire Technology. – 2016. – Vol. 52. – P. 149–166.
8. Mulholland, G.W. Specific extinction coefficient of flame generated smoke / G.W. Mulholland, C. Croarkin // Fire and Materials. – 2000. – Vol. 24, № 5. – P. 227–230.
9. Суриков, А.В. Расчет видимости в помещениях в условиях пожара с применением программного комплекса FDS/A.В. Суриков, Н.С. Лешенюк // Вестник Университета гражданской защиты МЧС Беларуси. – 2018. – Т. 2, № 2. – С.147–160.
10. Пожаровзрывобезопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения: ГОСТ 12.1.044-90. – Введ. 12.12.89. – М.: Гос. комитет СССР по управлению качеством продукции и стандартам: Изд-во стандартов, 1990. – С. 74–76. – (Система стандартов безопасности труда).
11. Карькин, И.Н. Работа в программном комплексе FireCat. Библиотека реакций и поверхностей горения в PyroSim [Электронный ресурс] / И.Н. Карькин // Официальный сайт ИП Карькин И.Н. – Режим доступа: https://www.pyrosim.ru/download/Firecat_FDS_fireload_lib.pdf. – Дата доступа: 30.11.2017.

12. Суриков, А.В. Исследование процесса дымообразования с применением CFD-модели / А.В. Суриков // Чрезвычайные ситуации: образование и наука. – 2014. – № 1 (9). – С. 34–40.
13. Карькин, И.Н. Методика расчета ОФП полевым методом / И.Н. Карькин, Г.В. Левинтовская // Екатеринбург: Ситис, 2007. – 11 с.
14. Зотов, Ю.С. Процесс задымления помещений при пожаре и разработка метода расчета необходимого времени эвакуации людей: дис. ... канд. техн. наук: 05.26.01 / Ю.С. Зотов. – М., 1989. – 273 л.
15. Цвиркун, С.В. Расчет времени эвакуации людей с учебной аудитории при пожаре / С.В. Цвиркун, А.И. Березовский, Ю.В. Березовская // Науковий Вісник будівництва. – 2015. – № 1 (79). – С. 214–219.
16. Пособие по применению «Методики определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности» / А.А. Абашкин [и др.]. – 2-е изд., испр. и доп. – М.: ВНИИПО, 2014. – 226 с.
17. Kathryn, M.V. Generation and Transport of Smoke Components / M.V. Kathryn, G.W. Mulholland // Fire Technology. – 2004. – Vol. 40. – P. 149–176.
18. Mowrer, F.W. Enclosure Smoke Filling and Fire-Generated Environmental Conditions / F.W. Mowrer // SFPE Handbook of Fire Protection Engineering / ed.: P.J. DiNenno et al. – 4th ed. – Quincy, Mass.: National Fire Protection Association. 2008. – Ch. 3–9. – P. 247–271.
19. Трушкин, Д.В. Совершенствование методологии определения пожарной опасности строительных материалов: дис. ... канд. техн. наук: 05.26.03 / Д.В. Трушкин. – М., 2004. – 226 л.
20. Кочкин, А.Ю. Прогнозирование и контроль экологической опасности дымов: дис. ... канд. техн. наук: 03.00.16 / А.Ю. Кочкин. – Братск, 2006. – 160 л.
21. Карькин, И.Н. Рекомендации по использованию программы FDS с применением программ PyroSim 2012, SmokeView и «СИТИС: Фламмер 3.00» / И.Н. Карькин, Н.А. Контарь, В.Ю. Грачев. – Екатеринбург: Ситис, 2009. – 65 с.
22. Суриков, А.В. Количественные характеристики оптического излучения, проходящего через задымленную среду / А.В. Суриков, Н.С. Лешенок, В.О. Петухов // Вестник Командно-инженерного института МЧС Республики Беларусь. – 2011. – № 2 (14). – С. 14–18.
23. Категорирование помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности = Катэгарыраванне памяшканняў, будынкаў і вонкавых устаноў па ўзрывапажарнай і пажарнай небяспекі: ТКП 474-2013 (02300). – Введ. 29.01.13 (с отменой на территории РБ НПБ 5-2005). – Минск: МЧС Респ. Беларусь, 2013. – 57 с.
24. Об утверждении методики определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности [Электронный ресурс]: приказ МЧС РФ, 30 июня. 2009 г., № 382 // Официальный сайт компании «КонсультантПлюс». – Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_90833. – Дата доступа: 10.03.2018.
25. Указания по проектированию цветовой отделки интерьеров производственных зданий промышленных предприятий: СН 181-70. – Введ. 01.10.70. – М.: Стройиздат, 1972. – 76 с.

DETERMINATION OF SIMULATION PARAMETERS VALUES AND OUTPUT DATA INTERPRETATION IN FDS DURING CALCULATING VISIBILITY IN SMOKE CONDITIONS

Andrey Surikov

Nikolay Leshenyuk, Grand PhD in Physics and Mathematics Sciences, Professor

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

Purpose. The article is devoted to the development of methodological approaches to increasing the accuracy of visibility calculations for smoke in a room with the use of computational fluid dynamics model.

Methods. Experimental and analytical justification of the values of smoke modeling parameters.

Findings. The analysis of the method for determining the values of the calculated parameters used in the modeling of fires in the FDS software for calculating the dynamics of smoke in the room is analyzed. It is shown that the existing approaches to the determination of the values of the calculated parameters of smoke formation are valid only with complete combustion of materials under the conditions of standard tests for the smoke-forming ability. To take into account the incompleteness of combustion of materials, an analysis of the experimental data on the residue of the mass of materials, for which the smoke production coefficient was determined, was carried out.

Application field of research. The results can be applied in modeling of fires.

Conclusions. When determining the specific soot yield in the case of experimental data for a particular material, it is advisable to use the indicated values in the calculations, since they are usually higher than those determined according to the analytical method.

The application of the analytical method is correct with complete combustion of the test sample. For a more correct determination of the soot yield, it is advisable to use coefficients that take into account the incomplete combustion of materials in determining the smoke production coefficients. Some values of the coefficients are given in this article.

When simulating fires in FDS for the conversion of the smoke factor to the soot yield, it is advisable to apply the values of the smoke generation factor taking into account the test protocols for specific materials for the combustion regime.

The data array obtained on the basis of the calculations of the value of the factor of visibility C for various materials and painted surfaces can be used to develop compensatory measures aimed at increasing the onset of critical values of the optical density of smoke in time when calculating the necessary evacuation time.

When interpreting the output data for calculating the ultimate visibility under fire conditions using a computational fluid dynamics model, it is necessary to take into account the value of the integrated light extinction coefficient over the entire calculated optical transmission length. The adoption of local values of the coefficient is less correct.

Keywords: modeling, visibility, smoke-forming ability, soot yield, visibility factor, specific extinction coefficient.

(The date of submitting: May 27, 2018)

REFERENCES

1. Litvintsev K.Yu., Dekterev A.A., Gavrilov A.A., Kharlamov E.B. Razrabotka programmy dlya modelirovaniya pozharov v zdaniyakh soglasno metodike opredeleniya raschetnykh velichin pozhnogo riska [Development of a program for modeling fires in buildings in accordance with the method for determining the calculated values of fire risk]. *Proc. 9th All-Russian Conf. with international participation «Fuel burning: theory, experiment, applications»*, Novosibirsk, November 16–18, 2015. Kutateladze Institute of Thermophysics, Siberian Branch of the RAS, available at: http://www.itp.nsc.ru/conferences/gt-2015/Files/D1_S1-5.pdf (accessed: May 20, 2018). (rus)
2. McGrattan K., Hostikka S., McDermott R., Floyd J., Vanella M., Weinschenk C., Overholt K. *Fire Dynamics Simulator. User's Guide*. 6th ed. NIST, 2017. 339 p.
3. *Estestvennoe i iskusstvennoe osveshchenie. Stroitel'nye normy proektirovaniya: TKP 45-2.04-153-2009 (02250)* [Natural and artificial lighting. Building Design Standards]. Affirmed 14.10.2009 (with cancellation in the territory of the Republic of Belarus SNB 2.04.05-98). Minsk: Stroytekhnorm, 2010. 104 p. (rus)
4. *Pozhnaraya bezopasnost'. Obshchie trebovaniya: GOST 12.1.004 – 91* [Fire safety. General requirement]. Affirmed 14.06.1991. Moscow: Gosudarstvennyy komitet SSSR po upravleniyu kachestvom

- produktzii i standartam: Izdatel'stvo standartov, 1991. 88 p. (Sistema standartov bezopasnosti truda). (rus)
5. Koshmarov Yu.A. *Prognozirovaniye opasnykh faktorov pozhara v pomeshchenii*: tutorial. Moscow: Akademiya GPS MVD Rossii, 2000. 118 p. (rus)
 6. Jin T. Visibility and Human Behavior in Fire Smoke. *SFPE Handbook of Fire Protection Engineering* ed.: P.J. DiNenno et al. – 4th ed. – Quincy, Mass.: National Fire Protection Association. 2008. Ch. 2–4. Pp. 37–54.
 7. Overholt K.J., Floyd J.E., Ezekoye O.A. Computational Modeling and Validation of Aerosol Deposition in Ventilation Ducts. *Fire Technology*. 2016. Vol. 52. Pp. 149–166.
 8. Mulholland G.W., Croarkin C. Specific extinction coefficient of flame generated smoke. *Fire and Materials*. 2000. Vol. 24, No.5. Pp. 227–230.
 9. Surikov A.V., Leshenyuk N.S. Modeling of visibility in a room under fire conditions with application of the FDS software complex. *Vestnik Universiteta grazhdanskoy zashchity MChS Belarusi*. 2018. Vol. 2, No. 2. Pp. 147–160. (rus)
 10. *Pozharovzryvobezopasnost' veshchestv i materialov. Nomenklatura pokazateley i metody ikh opredeleniya: GOST 12.1.044 – 90* [Fire and explosion safety of substances and materials. Nomenclature of indicators and methods for their determination]. Affirmed 12.12.89. Moscow: Gosudarstvennyy komitet SSSR po upravleniyu kachestvom produktzii i standartam: Izdatel'stvo standartov, 1990. Pp. 74–76. (Sistema standartov bezopasnosti truda). (rus)
 11. Kar'kin I.N. *Rabota v programnom komplekse FireCat. Biblioteka reaktsiy i poverkhnostey goreniya v PyroSim* [Work in the FireCat software package. Reaction and combustion surfaces library in PyroSim], available at: https://www.pyrosim.ru/download/Firecat_FDS_fireload_lib.pdf. (accessed: November, 30, 2017). (rus)
 12. Surikov A.V. Issledovanie protsessa dymoobrazovaniya s primeneniem CFD-modeli [Research of smoke generation with CFD-models]. *Chrezvychaynie situacii: obrazovanie i nauka*. 2014. No. 1 (9). Pp. 34–40. (rus)
 13. Kar'kin I.N., Levintovskaya G.V. *Metodika rascheta OFP polevym metodom* [Method for calculating the DFF field method]. Ekaterinburg: Sitis, 2007. – 11 p. (rus)
 14. Zotov Yu.S. *Protsess zadymleniya pomeshcheniy pri pozhare i razrabotka metoda rascheta neobkhodimogo vremeni evakuatsii lyudey* [The process of smoke pollution in a fire and the development of a method for calculating the necessary time for evacuation of people]. PhD tech. sci. diss: 05.26.01. Moscow, 1989. 273 p. (rus)
 15. Tsvirkun S.V., Berezovskiy A.I., Berezovskaya Yu.V. Raschet vremeni evakuatsii lyudey s uchebnoy auditorii pri pozhare [Calculation of the time of evacuation of people from the classroom in case of fire] *Naukoviy Visnik budivnitstva*. 2015. No. 1 (79). Pp. 214–219. (rus)
 16. Abashkin A.A., Karpov A.V., Ushakov D.V., Fomin M.V., Giletich A.N., Komkov P.M. *Posobie po primeneniyu «Metodiki opredeleniya raschetnykh velichin pozharnogo riska v zdaniyakh, sooruzheniyakh i stroeniyakh razlichnykh klassov funktsional'noy pozharnoy opasnosti»* [Manual on the application of «Methods for determining the calculated values of fire risk in buildings, structures and structures of various classes of functional fire danger»]. Moscow: VNIPO, 2014. – 226 p. (rus)
 17. Kathryn M.B., Mulholland G.W. Generation and Transport of Smoke Components. *Fire Technology*. 2004. Vol. 40. Pp. 149–176.
 18. Mowrer F.W. Enclosure Smoke Filling and Fire-Generated Environmental Conditions. *SFPE Handbook of Fire Protection Engineering*. Ed.: P.J. DiNenno et al. 4th ed. Quincy, Mass. National Fire Protection Association. 2008. Ch. 3–9. Pp. 247–271.
 19. Trushkin D.V. *Sovershenstvovanie metodologii opredeleniya pozharnoy opasnosti stroitel'nykh materialov* [Perfection of the methodology for determining the fire hazard of building materials]. Phd. tech. sci. diss: 05.26.03. Moscow, 2004. 226 p. (rus)
 20. Kochkin A.Yu. *Prognozirovaniye i kontrol' ekologicheskoy opasnosti dymov* [Forecasting and controlling the environmental hazards of fumes]. PhD. tech. sci. diss. Synopsis. Bratck., 2006. 160 p. (rus)
 21. Kar'kin I.N., Kontar' N.A., Grachev V.Yu. *Rekomendatsii po ispol'zovaniyu programmy FDS s primeneniem programm PyroSim2012, SmokeView i «SITIS: Flammer 3.00»* [Recommendations for using the FDS program using the PyroSim2012, SmokeView and CITIS: Flammer 3.00 software]. Ekaterinburg: Sitis, 2009. 65 p. (rus)
 22. Surikov A.V., Leshenyuk N.S., Petukhov V.O. Kolichestvennyye kharakteristiki opticheskogo izlucheniya, prokhodyashchego cherez zadymlennuyu sredu [Quantitative characteristics of optical radiation, passing through the environment]. *Vestnik Komandno-inzhenerenogo instituta MChS Respubliki Belarus'*. 2011. No. 2 (14). Pp. 14–18. (rus)

23. *Kategorirovanie pomeshcheniy, zdaniy i naruzhnykh ustanovok po vzryvopozharnoy i pozharnoy opasnosti: TKP 474-2013 (02300)* [The categorization of premises, buildings and external installations for explosion and fire hazard]. Affirmed 29.01.2013 (with cancellation in the territory of the Republic of Belarus NPB 5-2005). Minsk: MChS Respubliki Belarus', 2013. 57 p.
24. *Ob utverzhdenii metodiki opredeleniya raschetnykh velichin pozharnogo riska v zdaniyakh, sooruzheniyakh i stroeniyakh razlichnykh klassov funktsional'noy pozharnoy opasnosti* [On the approval of the methodology for determining the calculated values of fire risk in buildings, structures and structures of various classes of functional fire danger], available at: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_90833 (accessed: March 10, 2018). (rus)
25. *Ukazaniya po proektirovaniyu tsvetovoy otdelki inter'erov proizvodstvennykh zdaniy promyshlennykh predpriyatiy: SN 181-70* [Instructions on the design of the color finishing of the interiors of industrial buildings of industrial enterprises: Building codes 181-70]. Affirmed 01.10.1970. Moscow: Stroyizdat, 1972. 76 p. (rus)

УДК 614.84

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ТОЛЩИНЫ СЛОЯ ГРАНУЛИРОВАННОГО ПЕНОСТЕКЛА НА ГОРЕНИЕ ЖИДКОСТЕЙ РЯДА АЛКАНОВ

Дадашов И.Ф.

Показана возможность прекращения горения жидких углеводородов ряда алканов за счет последовательного нанесения на поверхность жидкости легкого носителя (пеностекла) и гелеобразующего состава. Экспериментально определено влияние толщины слоя пеностекла на массовую скорость выгорания жидких гомологов ряда алканов: пентана, гептана, октана, декана и додекана. Установлено, что массовая скорость выгорания алканов уменьшается с ростом толщины слоя пеностекла. Отмечен эффект прекращения горения высококипящих алканов (декан, додекан) при достижении толщины слоя пеностекла 8 и 6 см; для октана необходим слой пеностекла 10 см. Низкокипящие алканы (пентан, гептан) не гаснут при толщине слоя пеностекла 12 см. Нанесение на пеностекло геля в указанных условиях ускоряет тушение и гарантирует невозможность повторного воспламенения.

Ключевые слова: массовая скорость выгорания, алканы, пентан, гептан, октан, декан, додекан, пожары в резервуарах, гранулированное пеностекло, гель, повторное воспламенение.

(Поступила в редакцию 5 июля 2018 г.)

Введение. Данные всемирной статистики пожаров показывают широкую распространенность пожаров класса В [1–2]. При этом важно отметить, что прекращение горения горючих жидкостей является одной из сложнейших проблем пожаротушения. Особенно большие трудности возникают при тушении резервуаров большой емкости. Такие пожары характеризуются большой длительностью, значительным материальным ущербом и нередко человеческими жертвами [3].

Обширные исследования легковоспламеняющихся и горючих жидкостей показывают эффективность использования большинства разработанных на данный момент методов их тушения: воздушно-механических пен, распыленной воды и водных растворов, эмульсий, порошковых средств, аэрозолей, твердой углекислоты, газов-разбавителей, газообразных ингибиторов, откачиванием горючей жидкости из резервуара. Как отмечено [3–5], из них для тушения пожаров класса В большая часть представляет теоретический интерес из-за сложности обеспечения условий затухания одновременно над всей поверхностью жидкости.

Реальная эффективность пожаротушения достигается в тех случаях, когда реализуется изолирующий механизм прекращения горения. Самым мобильным изолирующим средством пожаротушения для больших площадей горения являются воздушно-механические пены. Огнетушащие пены позволяют достичь условий, необходимых для тушения паровоздушной смеси над всей поверхностью жидкости одновременно, и сохранить эти условия в течении времени, достаточного для охлаждения конструкций, нагретых пожаром до температур ниже температуры самовоспламенения. Одновременное выполнение указанных условий необходимо для успешного тушения пожаров класса В.

В нормативных документах большинства государств постсоветского пространства пены указаны как основное средство тушения жидкостей, и только в некоторых случаях рекомендуют применение огнетушащих порошков общего назначения или распыленной воды [6]. Опыт использования пен для пожаротушения горючих жидкостей на данный момент составляет более ста лет. Для получения огнетушащих пен используют водные растворы пенообразователей (ПО), главным компонентом которых являются поверхностно-активные вещества (ПАВ). Первоначально основой ПО были ПАВ растительного происхождения, далее их заменили белковые и синтетические ПАВ. Однако все пенообразователи, разработанные на сегодняшний день на указанных принципах, во многих случаях не обеспечивают требуемой эффективности пожаротушения даже при точном выполнении требований нормативных документов [3].

В последнее время практика тушения пожаров в резервуарах характеризуется интенсивным внедрением пленкообразующих пенообразователей с использованием перфторированных соединений. При этом действительно повышена эффективность пожаротушения нефтепродуктов. В подавляющем большинстве случаев новые ПО обеспечивают эффек-

тивное тушение пожаров с участием горючих жидкостей. На данный момент общепризнаны преимущества пленкообразующих ПО перед ПО общего назначения [3, 6].

Тем не менее для всех пенообразователей можно отметить общие недостатки: низкая стойкость пен под воздействием интенсивных тепловых потоков от пламени горячей жидкости, быстрое разрушение пен при контакте с полярными жидкостями и нагретыми твердыми поверхностями, трудности с подачей на большие расстояния, высокая стоимость эффективных ПО, наличие в их составе экологически опасных веществ, необходимость варьирования подачи низко- и среднекратной пены на разных этапах тушения, загрязнение пенообразователем горючих жидкостей. Для пленкообразующих ПО дополнительным недостатком является высокая стоимость систем подслоной подачи [7]. При этом массовое использование пленкообразующих ПО все же оказалось ограниченным по экологическим соображениям [8]. Исследователями показано, что перфторированные ПАВ в 150 раз токсичнее «биологически жесткого» ПО-6К и в 2500 раз стабильнее к естественной биодеградации. Такое положение, с учетом современных тенденций к ужесточению экологических требований, привело к декларации Агентством по охране окружающей среды США программы добровольного прекращения использования данных веществ и отказу компании 3М («Три Эм») от их выпуска [9].

Попытки создания новых экологически безопасных ПО пока не дали существенных результатов [10–11]. На основании вышесказанного можно заключить, что решение проблемы низкой эффективности существующих методов тушения горючих жидкостей в резервуарах требует разработки новых, более эффективных огнетушащих средств.

Основная часть. Альтернативным вариантом пожаротушения горючих жидкостей с целью замены воздушно-механических пен в процессах тушения некоторых классов соединений является использование гелеобразующих огнетушащих составов (ГОС) [12]. ГОС представляют собой двухкомпонентную систему со смешиванием реагентов в целевой области во время подачи. Реагенты подобраны так, чтобы при смешивании образовывался стойкий нетекущий гелеобразный слой. Непосредственно для подачи на поверхность жидкости ГОС не применим из-за высокой плотности образующегося геля. Для обеспечения плавучести гелеобразного слоя на жидкостях предложено использовать легкий негорючий неорганический носитель – гранулированное пеностекло, которое имеет кажущуюся плотность меньше, чем плотность жидких углеводородов [13–14].

Процесс пожаротушения жидкостей в соответствии с предложенным механизмом состоит из двух последовательных этапов подачи. На подготовительном этапе осуществляется подача плавучего легкого носителя на поверхность жидкости требуемым слоем. При этом гранулированное пеностекло (ПС) из-за диффузионных затруднений ограничивает выход паров в зону горения, а также уменьшает температуру поверхности в соответствии с массой и теплоемкостью поданного гранулированного пеностекла. На основном этапе происходит распыление на слой плавающего пеностекла компонентов ГОС. На поверхности легкого носителя происходит смесеобразование и реакция между поданными реагентами с образованием слабопроницаемого огнетушащего геля. Таким образом формируется бинарный огнетушащий слой, состоящий из легкого носителя (пеностекла) и изолирующего гелеобразного слоя, что уменьшает концентрацию паров жидкости над его поверхностью. При концентрации паров меньше, чем нижний концентрационный предел распространения пламени, горение прекращается [15].

Изолирующие свойства гелеобразного слоя экспериментально установлены в работе [16]: при толщине цельного слоя геля 1,4 мм наблюдается замедление испарения паров жидких углеводородов ряда алканов в 30 раз. В процессе подачи распыленных компонентов геля сквозь пламя возникают сложности, связанные с испарением воды из растворов реагентов и наличием интенсивных восходящих конвективных потоков газовой смеси продуктов горения, паров и воздуха. Снижение скорости конвективных потоков достигается предварительным нанесением слоя легкого носителя на поверхность жидкости. Легкий носитель кроме этого замедляет и сам процесс испарения за счет создания диффузионных затруднений и уменьшения эффективной площади испарения. Установлено, что при температуре $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$ слой гранулированного пеностекла 4,5 см замедляет скорость испарения бензина в 1,4 раза, а с наращиванием слоя до 13,5 см – в 5,6 раза. В работе [16] влияние толщины слоя ПС на скорость испарения жидкостей во время горения не исследовано. Поскольку лимитирующей стадией процесса горения жидкости является ее испарение, то скорость этого процесса определяется скоростью испарения, а следовательно, именно толщина слоя легкого носителя будет определять интенсивность горения в момент подачи геля.

Поэтому целью исследований является экспериментальное определение массовой скорости выгорания жидких алканов в условиях наличия нанесенного на их поверхность плавучего слоя гранулированного ПС, при котором достигается гарантированное тушение гелем с невозможностью повторного воспламенения. В качестве горючих жидкостей выбраны представители ряда алканов: пентан, гептан, октан, декан и додекан. Параметры их пожарной опасности и испарения приведены в таблице 1. Первые две жидкости являются низкокипящими ($T_{\text{кип.}} < 100\text{ }^{\circ}\text{C}$), октан, декан и додекан относятся к высококипящим. Все рассмотренные алканы, кроме додекана, относятся к классу легковоспламеняющихся жидкостей ($T_{\text{всп.}} < 61\text{ }^{\circ}\text{C}$). Все приведенные жидкости являются компонентами различных моторных топлив. Так, гептан и октан содержатся в больших количествах в бензине. Декан присутствует в значительных количествах в керосине.

Таблица 1. – Параметры пожарной опасности и испарения жидкостей ряда алканов

Алкан	Температура, $^{\circ}\text{C}$			
	кипения, $t_{\text{кип}}$	вспышки, $t_{\text{всп.}}$	воспламенения, $t_{\text{воспл}}$	самовоспламенения, $t_{\text{св}}$
Пентан	36	-44	-34	286
Гептан	98	-4	-4	223
Октан	126	14	19	215
Декан	174	47	66	230
Додекан	216	77	103	202

Результаты. В эксперименте были определены скорости выгорания жидких алканов со свободных поверхностей и при разных толщинах нанесенного легкого носителя – пеностекла. Эксперимент проводили по следующей методике: 250 мл жидкости заливали в металлическую емкость цилиндрической формы с внутренним диаметром 11,2 см (поверхность испарения $S = 98,5\text{ см}^2$). Это позволяло создать слой жидкости толщиной $\sim 2,5\text{ см}$. После поджигания паров жидкости устанавливалось диффузионное горение на поверхности испарения емкости, далее гравиметрическим методом определялась потеря массы жидкости в процессе выгорания. Взвешивание осуществлялось с помощью электронных весов непрерывного взвешивания ТНВ-600. Точность взвешивания составляла 0,01 г. Измерения проводились при температуре окружающего воздуха (18 ± 1) $^{\circ}\text{C}$. В опытах с пеностеклом слой легкого носителя равномерно насыпался на горящую поверхность после двух минут свободного горения жидкости. Значения убыли массы фиксировались после двух минут от момента окончания засыпки ПС. Измерения убыли массы проводились в течение трех минут. Затем насыпалась новая порция ПС, и процедура повторялась. Максимальная высота слоя ПС в эксперименте составила 12 см.

Количественно массовая скорость выгорания жидкости (V_m) по результатам эксперимента определяется из соотношения:

$$V_m = \frac{\Delta m}{\tau S}, \quad \text{г}/(\text{с} \cdot \text{м}^2), \quad (1)$$

где Δm – изменение массы жидкости в результате ее горения, г; τ – время горения, с; S – площадь поверхности жидкости, м^2 .

По результатам эксперимента исходя из соотношения (1) рассчитали массовые скорости выгорания жидких алканов, которые приведены в таблице 2.

Таблица 2. – Массовые скорости выгорания углеводородных жидкостей (V_m) для разных толщин слоя пеностекла (h)

Алкан	Массовая скорость выгорания, V_m , $\text{г}/(\text{с} \cdot \text{м}^2)$, при толщине слоя пеностекла h , см						
	0 см	2 см	4 см	6 см	8 см	10 см	12 см
Пентан	17,8	15,2	13,9	10,9	8,1	5,4	4,1
Гептан	9,8	10	9,5	5,5	4,1	1,7	0,3
Октан	9,1	8,6	8,5	2,0	1,0	0	0
Декан	7,4	6,5	4,1	1,4	0	0	0
Додекан	6,2	5,4	2,2	0	0	0	0

Обсуждение. Анализ приведенных данных позволяет установить закономерности процесса выгорания жидких углеводородов ряда алканов и сделать вывод об эффективно-

сти применения пеностекла для комплексного использования виде бинарного слоя для целей тушения пожаров класса В.

Данные таблицы 2 показывают, что с увеличением высоты слоя ПС массовая скорость выгорания жидкостей ряда алканов снижается, что говорит об охлаждающей и изолирующей роли легкого носителя в процессе тушения.

Изолирующая роль пеностекла определяется тем, что слой пеностекла создает диффузионные затруднения для поступления паров жидкостей в зону горения. Одновременно наличие пеностекла на поверхности уменьшает эффективную площадь испарения. Охлаждающая роль пеностекла проявляется в момент подачи и связана с тем, что около половины поданной массы гранулированного пеностекла погружается в горячий поверхностный слой жидкого углеводорода, прогретого излучением пламени. С последним эффектом связан следующий охлаждающий фактор, действие которого определяется наличием слоя пеностекла, не погрузившегося в углеводород. Этот слой экранирует дальнейший прогрев излучением жидкости. Пропорционально снижению температуры поверхности жидкого углеводорода уменьшается интенсивность испарения, а соответственно, и интенсивность горения. Для высококипящих углеводородов (жидкости второго рода) снижается скорость нарастания гомотермического слоя, который при наличии отстоянного слоя воды может вызвать выброс [15].

При наращивании слоя пеностекла согласно данным эксперимента горение декана и додекана прекращается при достижении толщины слоя 8 см, а горение октана – при 10 см; горение пентана и гептана не прекращается при толщине слоя ПС 12 см.

Анализируя влияние толщины слоя ПС на испарение жидкостей в условиях отсутствия и наличия горения можно прийти к выводу, что в условиях горения слой пеностекла замедляет испарение многократно больше, чем при отсутствии горения. Так, слой ПС толщиной 10 см замедляет испарение пентана в процессе горения в шесть раз интенсивнее, чем в случае без горения. Это подтверждает двухфакторность действия пеностекла на скорость испарения алканов: если на процесс испарения влияют только диффузионные затруднения (изолирующее действие), то при горении возникает эффект экранирования прогрева поверхности от излучения пламени (теплоизолирующее действие).

Визуальные наблюдения процесса горения жидких алканов с наличием слоя ПС показывают, что при толщине слоя ПС более 7 см высота пламени и скорость конвективных потоков над поверхностью слоя ПС незначительны. В случае пентана и гептана при толщине слоя ПС 12 см наблюдаются лишь очаги локального горения с периодическим проскакиванием пламени вглубь слоя ПС. В этом случае оказалось легко достигнуть прекращения горения паров пентана. Например, установлено, что гашения можно достичь подачей распыленной воды в течение 1 с. Аналогичный результат имеет место при импульсной подаче ГОС или действию воздушного потока со срывом пламени. После прекращения горения бензина любым из описанных способов, оно вновь возникает при воздействии источника зажигания. При таком слое пеностекла для октана горение прекращается. При последующем действии источника зажигания происходит однократная вспышка без продолжения горения. Для более тяжелых жидких алканов после прекращения горения в результате нанесения слоя ПС воздействие открытого огня не приводит ни к вспышке, ни к горению.

Заключение. Слой гранулированного пеностекла 7–10 см на порядок уменьшает массовую скорость выгорания жидких углеводородов ряда алканов. Это дает возможность снизить скорость конвективных потоков над поверхностью горячей жидкости до уровня, позволяющего успешно подавать компоненты гелеобразующей системы в виде распыленных струй.

Нанесение слоя пеностекла 4–6 см позволяет достигнуть прекращения горения высококипящих жидкостей. Для пентана и гептана слой пеностекла 12 см позволяет снизить интенсивность горения до уровня, при котором его можно ликвидировать импульсной подачей ГОС, распыленной воды или воздуха (срыв пламени).

ЛИТЕРАТУРА

1. Campbell, R. Fires at Outside Storage Tanks [Electronic resource] / R. Campbell // Report National fire protection association: August. – 2014. – Mode of access: <https://www.nfpa.org/News-and-Research/Fire-statistics-and-reports>. – Date of access: 28.06.2018.
2. Hylton, J.G. U.S. Fire Department Profile [Electronic resource] / J.G. Hylton // Report National fire protection association: April 2017. – 39 p. – Mode of access: <https://www.nfpa.org/-/media/Files/News-and-Research/Fire-statistics/Fire-service/osfdprofile.pdf>. – Date of access: 28.06.2018.

3. Боровиков, В. Гасіння пожеж у резервуарах для зберігання нафти і нафтопродуктів / В. Боровиков // Пожежна та техногенна безпека. – 2015. – № 11 (26). – С. 28–29.
4. General Foam Information [Electronic resource] // U.S. Chemguard association. August 2017. – 6 p. – Mode of access: <http://www.chemguard.com/about-us/documents-library/foam-info/general.htm>. – Date of access: 28.06.2018.
5. Fire Fighting Foam Principles and Ethanol-Blended Fuel. 2016. – 20 p. [Electronic resource]. – Mode of access: http://www.ncdoi.com/OSFM/RPD/PT/Documents/Coursework/Ethanol/Module5_ParticipantManuals.pdf. – Date of access: 28.06.2018.
6. Статут дій у надзвичайних ситуаціях органів управління та підрозділів Оперативно-рятувальної служби. – Київ: МНС України, 2012. – 42 с.
7. Волков, Р.С. Особенности тушения жидких топлив и органических жидкостей распыленной водой / Р.С. Волков, И.С. Войтков, О.И. Высокоморная // Пожаровзрывобезопасность. – 2016. – Т. 25, № 4. – С. 68–75.
8. Бочаров, В.В. Использование перфторированных ПАВ в пенообразователях – «второе пришествие». Галогенорганика с наилучшим сценарием развития для обитателей земли / В.В. Бочаров // Пожаровзрывобезопасность. – 2013. – Т. 22, № 10. – С. 75–82.
9. Seam, J. Fire fighting foams with perfluorechemicals – Environmental review [Electronic resource] / J. Seam. – 2013. – 75 p. – Mode of access: http://www.hemmingfire.com/news/get_file.php3/id/287/file/Seow_WA-DEC_PFCs_Firefighting_Foam_final_version_7June2013.pdf. – Date of access: 28.06.2018.
10. Amankeldi, F. Composite Foaming Agents on the Basis of High-Molecular Natural Surfactants / F. Amankeldi, Z. Ospanova, K. Musabekov // Colloids Interfaces. – 2018. – Vol. 2. – № 4. – P. 2–8. DOI: <https://doi.org/10.3390/colloids2010002>
11. Patino, J.M. Implications of interfacial characteristics of food foaming agents in foam formulations / J.M. Patino, C.C. Sanchez, M.R. Nico // Adv. Colloid Interface Sci. – 2008. – Vol. 140. – № 2. – P. 95–113.
12. Способ тушения пожара и состав для его осуществления: пат. РФ 2264242 / П.Ф. Борисов, В.Е. Росоха, Ю.А. Абрамов, А.А. Киреев, А.В. Бабенко. – Оpubл. 20.11.2005.
13. Popov, M. Performance of Lightweight Concrete based on Granulated Foamglass / M. Popov, M.L. Zakrevskaya, V. Vaganov // Sci. Eng. – 2017. – Vol. 96, № 1. – P. 1–7.
14. Limbachiya, M. Performance of granulated foam glass concrete / M. Limbachiya, M.S. Meddah, M.S. Fotiadou // Construction and Building Materials. – 2011. – Vol. 28, № 1. – P. 759–768. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2011.10.052>
15. Тарахно, О.В. Теорія розвитку та припинення горіння. Практикум: у 2 ч. [Електронний ресурс] / О.В. Тарахно, Д.Г. Трегубов, К.В. Жернокльов [та ін.]. – Харків: НУЦЗУ, 2010. – 822 с. – Режим доступу: <http://repositsc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/3231>. – Дата доступу: 28.06.2018.
16. Дадашов, И.Ф. Экспериментальное исследование изолирующих свойств гелеобразных слоев по отношению к парам органических токсичных жидкостей / И.Ф. Дадашов // Проблемы гражданского захисту. – 2017. – Вып. 25. – С. 22–27.
17. Дадашов, И.Ф. Экспериментальное исследование влияния толщины слоя гранулированного пеностекла на горение органических жидкостей / И.Ф. Дадашов // Проблемы пожарной безопасности. – 2018. – Вып. 43. – С. 38–44.

INVESTIGATION OF THE INFLUENCE OF THE LAYER THICKNESS OF A GRANULATED FOAM GLASS ON THE LIQUIDS COMBUSTION OF THE SERIES OF ALKANES

Ilgar Dadashov, PhD in Technical Sciences

Academy of the Ministry of Emergency Situations of the Republic of Azerbaijan, Baku, Azerbaijan

Purpose. The change in the intensity of burning of liquid alkanes is studied upon accumulation of granulated non-combustible material on their surface, which has a density less than that of liquid. The purpose of the study is to determine the value of the thickness of the foam glass layer, which guarantees gel quenching with the impossibility of re-ignition.

Methods. Combustion of liquid alkanes with the presence and absence of a floating incombustible layer under conditions of a laboratory model focal point, which is made in the form of a reservoir with an evaporation surface of 98.5 cm², is studied. The mass burnup rate of hydrocarbons is determined by the results of the mass change during the burnout process.

Findings. It is established that the mass burning rate of alkanes decreases with increasing thickness of the foam glass layer. The effect of the cessation of combustion of high-boiling alkanes (decane, dodecane) was noted when the thickness of the foamed glass layer reached 8 and 6 cm; for octane, a layer of foam glass of 10 cm is required. Low-boiling alkanes (pentane, heptane) do not extinguish at a thickness of the foamed glass layer of 12 cm. The application of foamed glass under the specified conditions accelerates quenching and guarantees the impossibility of re-ignition.

Application field of research. This study forms a new direction in the firefighting of flammable liquids and shows the possibility of effective quenching of liquid hydrocarbons without the use of foams. As a result, the environmental performance of the extinguishing process is improved.

Conclusions. The application of a foam glass layer of 4-6 cm allows achieving the cessation of combustion of high-boiling liquids. For pentane and heptane, a layer of foam glass 12 cm allows to reduce the intensity of combustion to a level at which combustion can be eliminated by impulsive feeding of the gelling system with the impossibility of re-ignition.

Keywords: mass burning rate, alkanes, pentane, heptane, octane, decane, dodecane, fires in tanks, granulated foam glass, gel, re-ignition.

(The date of submitting: July 5, 2018)

REFERENCES

1. Campbell R. Fires at Outside Storage Tanks. *Report National fire protection association*: August 2014, available at: <https://www.nfpa.org/News-and-Research/Fire-statistics-and-reports> (accessed: June 28, 2018).
2. Hylton J.G. U.S. Fire Department Profile. *Report National fire protection association*: April 2017. 39 p, available at: <https://www.nfpa.org/-/media/Files/News-and-Research/Fire-statistics/Fire-service/osfdprofile.pdf> (accessed: June 28, 2018).
3. Borovikov V. Gasinnja pozhezh u rezervuarah dlja zberigannja nafty i naftoproduktiv [Extinguishing fires in tanks with oil and oil products]. *Pozhezhnna ta tehnogenna bezpeka*. 2015. No. 11 (26). Pp. 28–29. (ua)
4. *General Foam Information*. U.S. Chemguard association. August 2017. 6 p, available at: <http://www.chemguard.com/about-us/documents-library/foam-info/general.htm> (accessed: June 28, 2018).
5. *Fire Fighting Foam Principles and Ethanol-Blended Fuel*. 2016. 20 p., available at: http://www.ncdoi.com/OSFM/RPD/PT/Documents/Coursework/Ethanol/Module5_ParticipantManuals.pdf (accessed: June 28, 2018).
6. *Statut dij u nadzvyhajnyh sytuacijah organiv upravlinnja ta pidrozdiliv Operatyvno-rjatuval'noi' sluzhby* [Statute of actions in emergencies of the authorities and units of the Rescue Service]. Kyi'v: MNS Ukrainy. 2012. 42 p. (ua)
7. Volkov R.S., Voytkov I.S., Vysokomornaya O.I. Osobennosti tusheniya zhidkikh topliv i organicheskikh zhidkostey raspylennoy vodoy [Features of fire extinguishing of liquid fuels and organic liquids by sprayed water]. *Pozharovzryvobezopasnost'*. 2016. Vol. 25, No. 4. Pp. 68–75. (rus)
8. Bocharov V.V. Ispol'zovanie perftorirovannykh PAV v penoobrazovatelyakh – «vtoroe prishestvie». Galogenorganika s naikhudshim stsenariem razvitiya dlya obitateley zemli [The use of perfluorinated surfactants in blowing agents is the second coming. Halogenorganika with the worst development scenario for the inhabitants of the earth]. *Pozharovzryvobezopasnost'*. 2013. Vol. 22, No. 10. Pp. 75–82. (rus)

9. Seam J. *Fire fighting foams with perfluorechemicals - Environmental revive*. 2013. 75 p, available at: http://www.hemmingfire.com/news/get_file.php3/id/287/file/Seow_WA-DEC_PFCs_Firefighting_Foam_final_version_7June2013.pdf (accessed: June 28, 2018).
10. Amankeldi F., Ospanova Z., Musabekov K. Composite Foaming Agents on the Basis of High-Molecular Natural Surfactants. *Colloids Interfaces*. 2018. Vol. 2, No. 4. Pp. 2–8. DOI: <https://doi.org/10.3390/colloids2010002>
11. Patino J.M., Sanchez C.C., Nico M.R. Implications of interfacial characteristics of food foaming agents in foam formulations. *Adv. Colloid Interface Sci*. 2008. Vol. 140, No. 2. Pp. 95–113.
12. Borisov P.F., Rosokha V.E., Abramov Yu.A., Kireev A.A., Babenko A.V. *Sposob tusheniya pozhara i sostav dlya ego osushchestvleniya* [Fire extinguishing method and composition for its implementation]: patent RU No. 2264242, IPC A 62 C 5/033. Owner: Academy of Fire Safety of Ukraine. Publ. November 20, 2005. (rus)
13. Popov M., Zakrevskaya M.L., Vaganov V. Performance of Lightweight Concrete based on Granulated Foamglass. *Sci. Eng*. 2017. Vol. 96, No. 1. Pp. 1–7.
14. Limbachiya M., Meddah M.S., Fotiadou M.S. Performance of granulated foam glass concrete. *Construction and Building Materials*. 2011. Vol. 28, No. 1. Pp. 759–768. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2011.10.052>
15. Tarakhno O.V., Tregubov D.G., Zhernokl'ov K.V. et al. *Teoriya rozvitku ta pripinennya gorinnya. Praktikum* [Theory of Development and Extinguishing of Combustion]: workshop in 2 parts. Harkiv: NUCZU, 2010. 822 p., available at: <http://repositsc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/3231> (accessed: June 28, 2018). (ua)
16. Dadashov I.F. Eksperimental'noe issledovanie izoliruyushchikh svoystv geleobraznykh sloev po otnosheniyu k param organicheskikh toksichnykh zhidkostey [Experimental study of the insulating properties of gel-like layers in relation to vapors of organic toxic fluids]. *Problemy cyvil'nogo zahystu*. 2017. Iss. 25. Pp. 22–27. (rus)
17. Dadashov I.F. Eksperimental'noe issledovanie vliyaniya tolshchiny sloya granulirovannogo penostekla na gorenje organicheskikh zhidkostey [Experimental research the influence of thickness of the layer of a granulated film glow on the burning of organic liquids]. *Problemy pozharnoy bezopasnosti*. 2018. Iss. 43. Pp. 38–44. (rus)

УДК 536.4:666.946

**ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ
ЦЕМЕНТНЫХ АРМИРОВАННЫХ ПЛИТ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ
НЕСТАЦИОНАРНОГО ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОГО НАГРЕВА****Кудряшов В.А., Ботян С.С., Данилова-Третьяк С.М., Николаева К.В.**

Выполнены термогравиметрический и дифференциальный термический анализ цементных армированных плит на установке синхронного термического анализа STA 449 F Jupiter в диапазоне от +25 до +1000 °С с последующим определением областей фазовых переходов и изменения массы. Определен температурный коэффициент линейного расширения в результате выполнения дилатометрических измерений на установке DIL 402 Expedis Select в диапазоне температур от +25 до +900 °С. Получены зависимости изменения теплофизических характеристик цементных армированных плит в диапазоне температур от +25 до +1000 °С на приборе LFA 457 MicroFlash.

Ключевые слова: огнестойкость; теплофизические характеристики; коэффициент теплопроводности; коэффициент температуропроводности; удельная теплоемкость; цементная армированная плита; температурный коэффициент линейного расширения.

(Поступила в редакцию 13 июля 2018 г.)

Введение. Цементные армированные плиты используются для обшивки несущих и ненесущих стен (перегородок) на металлическом и деревянном каркасе, перекрытий, подвесных потолков, для конструктивной огнезащитной облицовки несущих стальных конструкций. В зависимости от вида конструкций и мест их применения (здания различной степени огнестойкости) к ним предъявляются требования по пределам огнестойкости в интервале от 15 до 120 минут в условиях стандартного огневого воздействия.

Теплопроводность, теплоемкость и температуропроводность являются важнейшими теплофизическими характеристиками тел, которые входят в качестве коэффициентов во все уравнения аналитической теории теплопроводности и определяют динамику прогрева конструкций при пожаре и, как следствие, величину их предела огнестойкости. Т. к. предел огнестойкости конструкций определяется их прогревом до критических температур, является актуальной оценка теплофизических характеристик цементных армированных плит для решения задач нестационарного высокотемпературного нагрева.

Основная часть. Оценка теплофизических характеристик материалов в большинстве случаев производится путем решения обратной задачи теплопроводности на основе экспериментальных данных. При этом коэффициент теплопроводности, как правило, получают на основе испытаний, выполненных в стационарных условиях. Коэффициент теплоемкости в свою очередь, определяют в нестационарных условиях нагрева при невысоком диапазоне температур.

Большинство существующих методик, рассмотренных в статье [1], предполагает определение теплофизических характеристик в условиях нормальных температур, как правило, не выше 100–200 °С. Характеристики, полученные на основе таких методов, не могут в полной мере быть использованы для задач огнестойкости, характеризующихся резким изменением нагрева от 20 до 1200 °С. В данном диапазоне температур в большинстве строительных материалов происходят процессы фазового перехода, которые в прямом или косвенном виде должны быть учтены в теплофизических характеристиках.

В настоящей статье представлены результаты экспериментальных исследований на основе метода лазерной вспышки. Указанный метод относится к нестационарным, не требующим длительного времени для установления теплового равновесия. Сущность метода состоит в том, что короткий импульс лучистой энергии поглощается в тонком слое фронтальной поверхности плоского образца – «таблетки». Вызванное этим возмущение температуры регистрируется на тыльной поверхности образца инфракрасной камерой. В отличие от большинства других методов метод лазерной вспышки позволяет одновременно определить удельную теплоемкость исследуемого материала относительно эталонного образца и коэффициенты температуропроводности и теплопроводности в диапазоне температур от 25 до 1000 °С исходя из мощности воздействующего на образец импульса. Метод реализован в установке LFA 457 MicroFlash.

Однако оценка коэффициента теплопроводности и удельной теплоемкости методом лазерной вспышки невозможна без сведений об изменении плотности материала в ходе

нагрева, в том числе с учетом фазовых переходов. Оценку изменения плотности в рамках настоящих исследований определяли на основании дилатометрических измерений (изменения температурного коэффициента линейного расширения), термогравиметрического и дифференциально-термического анализа (изменения массы образца и фазовых переходов в ходе нагрева).

Исследования проводились на базе лаборатории теплофизических измерений Института тепло- и массообмена имени А.В. Лыкова НАН Беларуси. Для оценки теплофизических характеристик использовалось следующее оборудование:

- установка синхронного термического анализа STA 449 F Jupiter (NETZSCH, Германия) – для термогравиметрического и дифференциального термического анализа;
- установка DIL 402 Expedit Select (NETZSCH, Германия) – для определения изменения размеров образцов и температурного коэффициента линейного расширения (дилатометрические измерения);
- приборе LFA 457 MicroFlash (NETZSCH, Германия) – для измерения удельной теплоемкости и коэффициента тепло- и температуропроводности в диапазоне температур от +25 до +1000 °С.

Методика и результаты лабораторных исследований. В основу работы установки анализа STA 449 F Jupiter (NETZSCH, Германия) положен метод синхронного термического анализа, позволяющий регистрировать изменение массы образца, тепловые эффекты и фазовые превращения в образце в процессе его нагрева при определенных скоростях нагрева, атмосфере, интенсивности газового потока. Сущность метода состоит в измерении изменения теплового потока, поглощаемого образцом при фазовых и структурных переходах. Для регистрации изменения массы образца в процессе его нагрева используются высокочувствительные термовесы, обеспечивающие измерение массы с погрешностью 0,025 мкг. Метод синхронного термического анализа соответствует стандартам ISO 11358, ISO/DIS 9924, ASTM E1131, ASTM D3850, DIN 51006.

Основные технические характеристики установки представлены в таблице 1.

Таблица 1. – Технические характеристики установки синхронного термического анализа STA 449

Технические характеристики	Диапазон
Температурный диапазон измерения, °С	-150...+1550
Предел допускаемой погрешности, %	2
Скорость нагрева и охлаждения, °С/мин	0,001...50
Диапазон взвешиваний: начальный вес (образец+тигель+крышка)	до 35 г
Образцы: порошок, измельченная крошка, таблетка	d = 5,2 мм, h – любая
Атмосфера	инертная, окислительная, вакуум

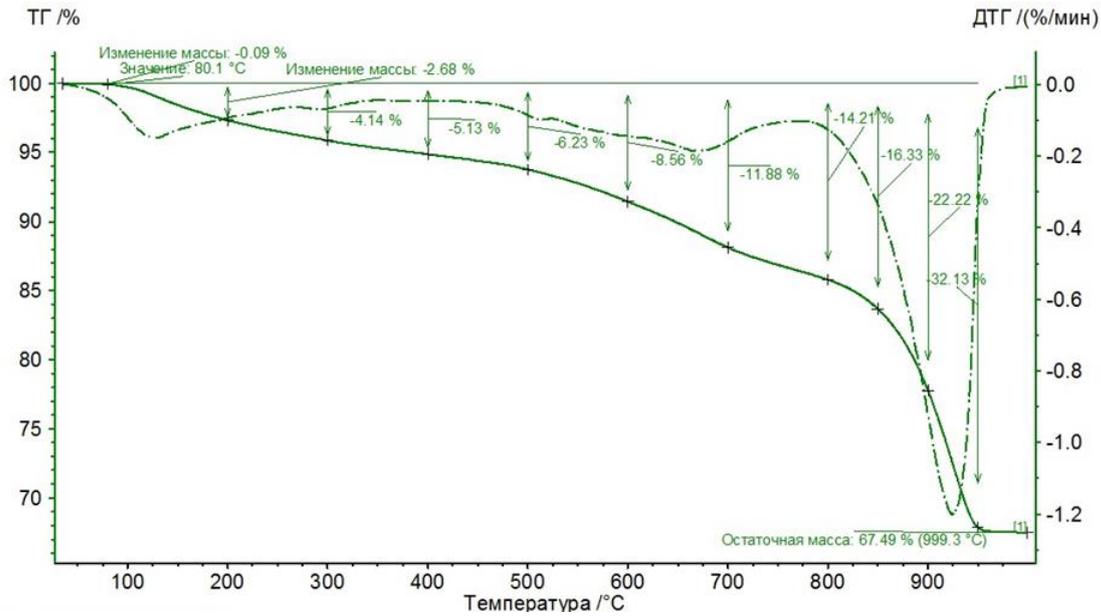
Для термического анализа цементных армированных плит были подготовлены образцы в форме таблеток, с параметрами, приведенными в таблице 2. Образцы необходимых размеров вырезались как из средней части, так и из поверхностных частей цементных армированных плит, включающих элементы стеклосетки, после чего проходили финишную обработку (полировку с нанесением слоя графита) для обеспечения плоскопараллельности оснований. Перед измерениями образцы проходили визуальный отбор. В случае обнаружения на поверхности каверн, размеры которых сопоставимы с толщиной образца, образцы отбраковывались.

Таблица 2. – Параметры образцов цементных армированных плит в виде таблеток

Наименование образца	Диаметр образца, мм	Высота образца, мм	Плотность образца, г/см ³
ЦП 1	12,50	1,91	1,12
ЦП 2	12,47	2,03	1,06
ЦП 3	12,56	1,51	1,29
ЦП 4	12,49	2,15	1,19
ЦП 5*	12,25	3,90	0,84
ЦП 6	12,57	1,78	1,28
ЦП 7	12,21	2,06	1,11

Примечание. *Образец ЦП 5 вырезан из средней части плиты, в остальных образцах присутствовала ограничительная сетка, существенно увеличивающая их плотность.

Исследования проводились в воздушной атмосфере в температурном диапазоне от 25 °С до 1000 °С со скоростью нагрева 5 °С/мин. На рисунке 1 представлены результаты термогравиметрического анализа образца плиты.



ТГ – сплошная кривая термогравиметрического анализа (изменение массы в процентах относительно начальной массы); *ДТГ* – штрихпунктирная кривая дифференциально-термогравиметрического анализа (скорость изменения массы в процентах (%) в минуту относительно начальной массы)

Рисунок 1. – Термогравиметрический анализ цементной армированной плиты

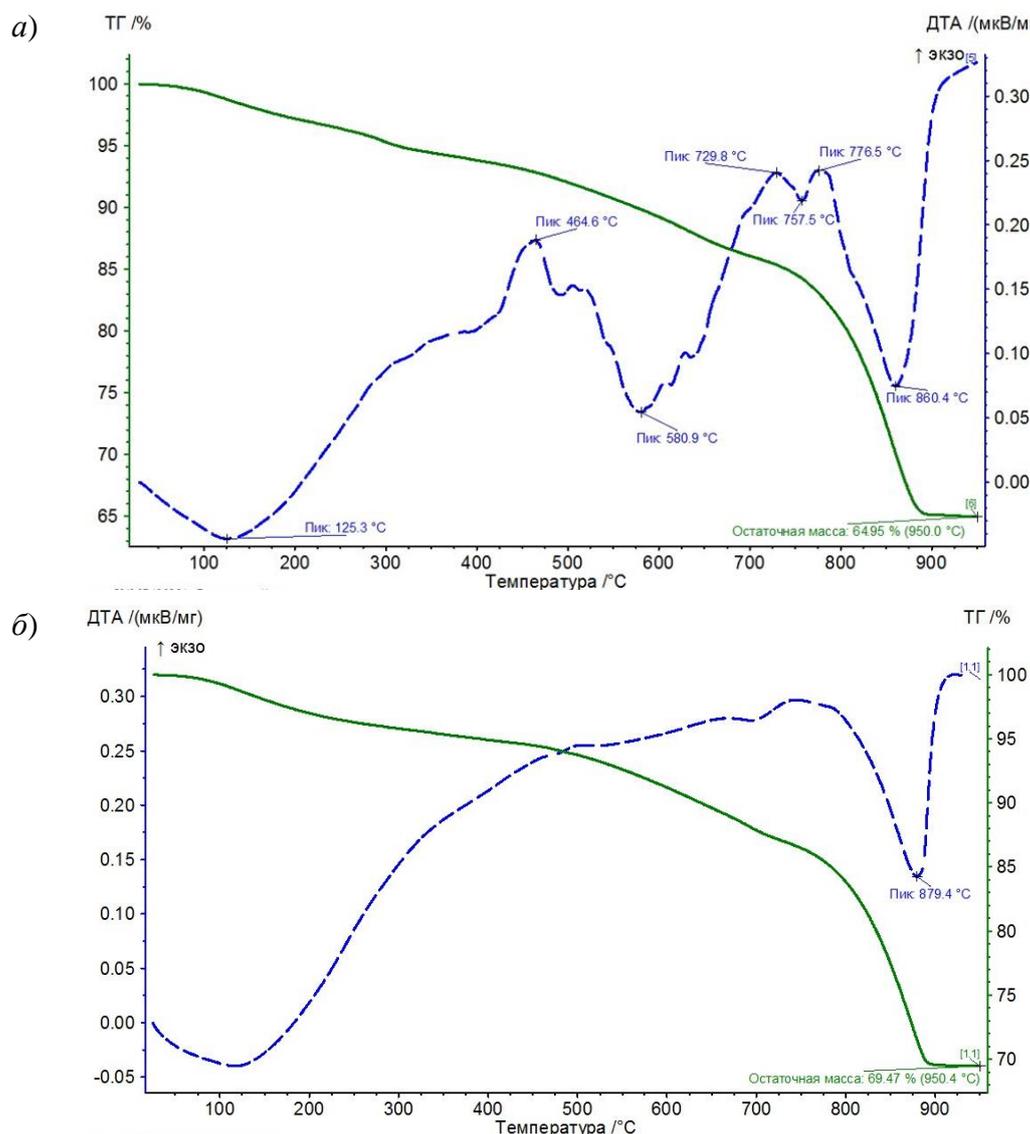
Из рисунка 1 видно, что исследуемый образец характеризуется потерей массы на протяжении всего эксперимента, вплоть до 1000 °C. Снижение массы образца происходит преимущественно за счет испарения структурно-связанной воды, выделяемой при разложении химических соединений известняка и портландцемента. Потеря массы до 750 °C происходит с линейной скоростью в среднем 1,5–2,5 % относительно начальной массы каждые 100 °C нагрева. После 800 °C потеря массы резко ускоряется до значений 8–9,5 % относительно начальной массы. Остаточная масса образца при температуре 1000 °C составляет 67,5 % от начальной массы навески. Удаление структурно-связанной воды из образца приводит к возникновению внутренних напряжений и усадке образцов с последующей потерей целостности.

Дифференциальный термический анализ осуществлялся для двух видов образцов: на образце с армирующей стекловолоконной сеткой (рис. 2а), и без армирующей сетки (рис. 2б). Результаты дифференциально-термического анализа в температурном диапазоне от 20 до 1000 °C со скоростью нагрева 10 °C/мин представлены на рисунке 2.

Дифференциальный термический анализ образца без армирующей стекловолоконной сетки (рис. 2б) характеризуется двумя эндотермическими эффектами с пиками при температурах 125 °C и 880 °C. Первый эффект связан с испарением структурно-связанной воды, удерживаемой за счет капиллярных сил. Второй эффект, вероятнее всего, связан с процессами диссоциации углекислого кальция (CaO) в известняке (CaO₃), занимающем свыше 40 % состава исследуемого образца. Термические эффекты образца с армирующей стекловолоконной сеткой в интервале температур от 450 до 750 °C (рис. 2а) связаны с физико-химическими превращениями в армирующей сетке и веществах, обеспечивающих поверхностную твердость плит.

Определение температурного коэффициента линейного расширения α (K⁻¹) образца цементной армированной плиты проводили на dilatометре DIL 402 Expedis Select (NETZSCH), позволяющем исследовать тепловое расширение или сжатие материала, происходящие в образце в условиях программируемого нагрева.

Методика измерения температурного коэффициента линейного расширения соответствует ASTM 831 [4]. Исследования проводились в диапазоне температур от 25 до 900 °C при атмосферном давлении в нейтральной газовой среде (азот), при постоянной скорости нагрева 3 °C/мин, прижимающем усилии толкателя 0,2 Н. Технические характеристики dilatометра DIL 402 Expedis Select представлены в таблице 3.



ТГ – сплошная кривая термогравиметрического анализа (изменение массы в процентах относительно начальной массы); ДТА – штриховая кривая дифференциально-термического анализа (изменение теплового эффекта в мкВ/мг)

а – результаты термогравиметрического и дифференциального термического анализа образца с армирующей стекловолоконистой сеткой; б – результаты термогравиметрического и дифференциального термического анализа образца без армирующей стекловолоконистой сетки

Рисунок 2. – Термогравиметрический и дифференциальный термический анализ цементной армированной плиты

Таблица 3. – Технические характеристики дилатометра DIL 402 Expedis Select

Технические характеристики	Диапазон
Температурный диапазон измерения, °С	-150...+1550
Предел допускаемой погрешности, %	+ 0,5
Скорость нагрева и охлаждения, °С/мин	-0,01...+50
Измеряемый диапазон удлинений, мкм	500
Разрешение Δl , нм	0,125
Длина образца, мм	-2...+50
Диаметр образца, мм	макс. 10
Диапазон прижимающих усилий, Н	0,01...3
Держатели образца	кварцевое стекло, Al_2O_3
Атмосфера	инертная, окислительная, вакуум

Для проведения измерений на дилатометре использовали образцы в виде прямоугольных параллелепипедов. Образцы вырезали по всей толщине плиты (12 мм), включая

армирующую стекловолоконистую сетку. Параметры исследуемых образцов приведены в таблице 4.

Таблица 4. – Параметры образцов цементных армированных плит в виде прямоугольных параллелепипедов

Наименование образца	Длина образца, мм	Размеры образца (высота×ширина), мм
Образец 1	13,43	6×6
Образец 2	13,41	
Образец 3	18,22	

Результаты измерений температурного коэффициента линейного расширения представлены на рисунке 3.

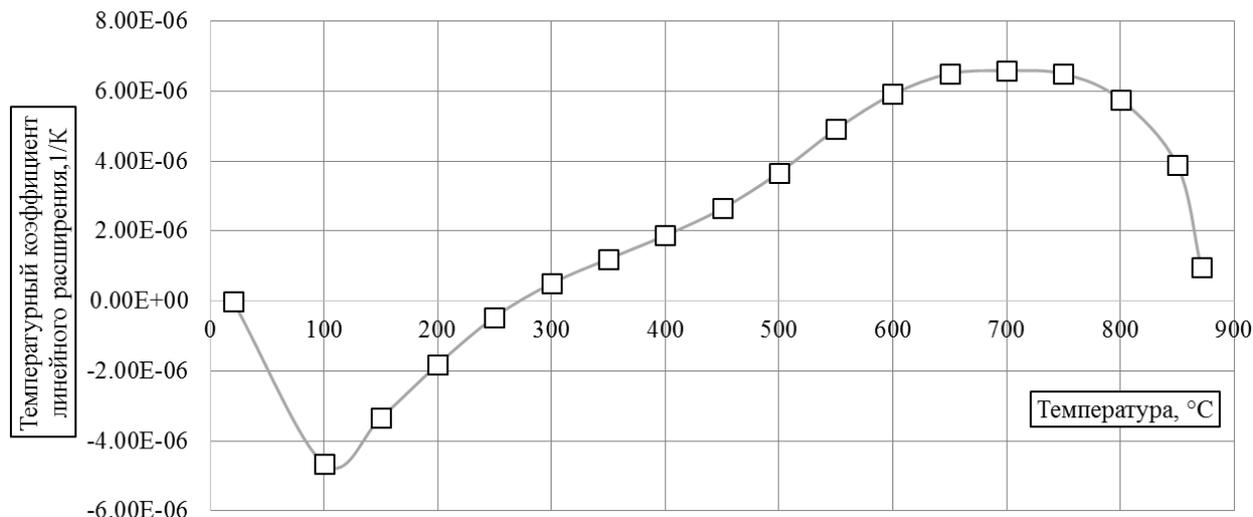


Рисунок 3. – Зависимость температурного коэффициента линейного расширения цементной армированной плиты от температуры

Из рисунка 3 видно, что на начальном участке нагрева от комнатной температуры до 120 °С происходит усадка образцов огнестойкой цементной армированной плиты. Это, вероятно, связано с удалением абсорбированной влаги, а также релаксацией порового пространства в объеме массива плиты. Дальнейшее нагревание образца до 750 °С приводит к его расширению, которое обусловлено особенностями кристаллических фаз материалов, входящих в состав образцов, в том числе плавлением стекловолокна. Нагрев выше 750 °С вызывает необратимую потерю целостности образца, о чем свидетельствует характерная «падающая» кривая температурного коэффициента линейного расширения.

На основе термогравиметрического анализа и дилатометрических измерений вычисляли изменение плотности материала в процессе нагрева, что использовалось при определении коэффициента теплопроводности.

Для определения коэффициента теплопроводности необходимо знание плотности, удельной теплоемкости и коэффициента температуропроводности материала. Они связаны между собой формулой:

$$a = \frac{\lambda}{c_p \rho}, \quad (1)$$

где ρ – плотность образца, г/см³; a – коэффициент температуропроводности, мм²/с; c_p – удельная теплоемкость образца, Дж/(г·К); λ – коэффициент теплопроводности, Вт/(м·К).

Для обеспечения максимального поглощения падающего излучения поверхность образца покрывается графитом. Использование эталонного образца позволяет расчетным методом определить удельную теплоемкость исследуемого материала. В качестве эталона для определения удельной теплоемкости использовался образец пирокерамики (NETZSCH, Германия).

Основной измерительной частью установки является прибор LFA 457 MicroFlash. Прибор может быть использован для исследования малых образцов диаметром до 12,7 мм;

имеется встроенный держатель для одновременного измерения нескольких образцов. Герметичная конструкция прибора позволяет проводить испытания в атмосфере заданного состава. Основные технические характеристики установки представлены в таблице 5.

Таблица 5. – Технические характеристики установки синхронного термического анализа LFA 457 MicroFlash

Технические характеристики	Диапазон
Температурный диапазон измерения, °С	+20 ...+1100
Предел допускаемой погрешности, %	±2 по теплопроводности, ±8 по теплоемкости
Скорость нагрева и охлаждения, К/мин	0,01...50;
Диапазон измеряемых величин теплопроводности, мм ² /с	0.01...1000
Диапазон измеряемых величин теплоемкости, Вт/м·К	0.1...2000
Толщина образца, мм	0,1...6
Диаметр образца, мм	12,7
Атмосфера	инертная, окислительная, вакуум (10 ⁻² мбар)

Измерение коэффициента теплопроводности проводилось в направлении, перпендикулярном плоскости слоев образца. Исследования выполнялись в интервале температур от 25 до 1000 °С в инертной атмосфере (аргон). На рисунке 4 представлены результаты исследований температурных зависимостей теплофизических характеристик образцов, указанных в таблице 2.

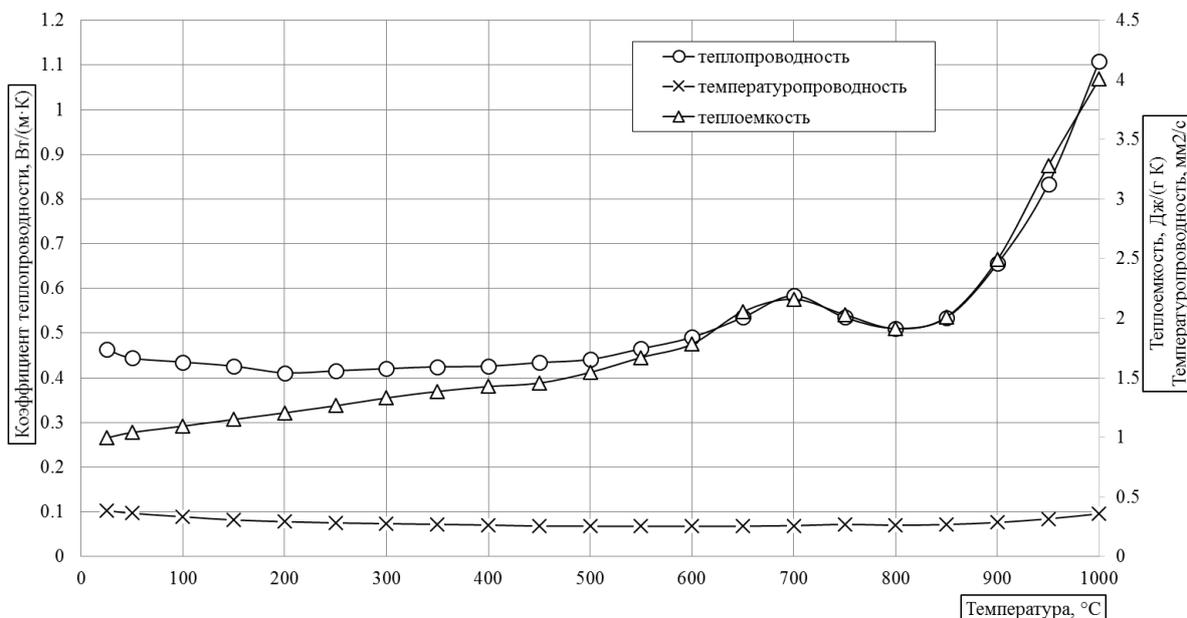


Рисунок 4. – Температурные зависимости теплофизических характеристик образцов цементных армированных плит

Коэффициент теплопроводности цементных армированных плит практически не изменяется в диапазоне температур от комнатных до 500 °С, далее характеризуется несущественным ростом при температурах до 850 °С. Удельная теплоемкость образца также характеризуется ростом на 50 % в интервале от 20 до 850 °С, что связано с испарением химически связанной воды в материале. Увеличение удельной теплоемкости положительно сказывается на огнезащитных свойствах исследуемого материала.

Рост с последующим снижением кривых теплофизических характеристик в интервале от 600 до 850 °С объясняется физико-химическими превращениями (плавление сетки, диссоциация углекислого кальция в известняке) в соответствии с дифференциально-термическим анализом материала. Резкий рост кривых теплопроводности и теплоемкости свыше 850 °С связан с образованием каверн и потерей целостности образца (о чем свидетельствуют дилатометрические исследования), а также испарением графита с поверхности образца (отсутствие графита после испытаний определено визуально). Испарение графита с поверхности повлекло изменение степени черноты образца, и, как следствие, исказило коэффициенты теплопроводности и теплоемкости. Полученные теплофизические характери-

стики при температуре свыше 850 °С не следует принимать во внимание по причине их недостоверности. Для более детального изучения потери целостности и возможного разрушения образцов указанных размеров (толщиной 1,7–2,2 мм) необходимо проведение дополнительных исследований с визуальной оценкой их повреждений и целостности в ходе термического воздействия.

Заключение. Проведен комплекс термических исследований цементных армированных плит для решения задач нестационарного высокотемпературного нагрева, а именно:

1. Термогравиметрический анализ (получены данные по изменению массы образца при нагреве) и дифференциальный термический анализ (получены данные о фазовых переходах и тепловых эффектах при нагреве) на установке синхронного термического анализа STA 449 F Jupiter в диапазоне от +25 до +1000 °С. Установлено, что снижение массы образца происходит во всем диапазоне температур от +25 до +1000 °С. Остаточная масса образца при температуре 1000 °С составляет 68 % от начальной массы. Дифференциальный термический анализ образца характеризуется эндотермическими эффектами, связанными с испарением структурно-связанной воды, удерживаемой за счет капиллярных сил, с процессами диссоциации углекислого кальция (CaO) в известняке (CaO₃) и плавлением стекловолокнистой сетки.

2. Дилатометрические измерения на установке DIL 402 Expedis Select в диапазоне температур от +25 до +900 °С, в результате которых определен температурный коэффициент линейного расширения. Установлено, что при нагреве от комнатной температуры до 120 °С происходит усадка образцов, дальнейшее нагревание образца до 650 °С приводит к его расширению.

3. Определены теплофизические характеристики (удельная теплоемкость и коэффициент тепло- и температуропроводности) цементных армированных плит в диапазоне температур от +25 до +1000 °С на приборе LFA 457 MicroFlash. Полученные зависимости характеризуются некоторыми скачками, которые связаны с физико-химическими превращениями (плавление сетки, диссоциации углекислого кальция в известняке). При температуре свыше 850 °С отмечен существенный рост значений теплопроводности и теплоемкости, что связано с образованием каверн и потерей целостности образца, а также изменением степени черноты поверхности образца. Полученные теплофизические характеристики при температуре свыше 850 °С не следует принимать во внимание по причине их недостоверности.

Авторы выражают благодарность сотрудникам лаборатории теплофизических измерений Института тепло- и массообмена имени А.В. Лыкова НАН Беларуси С.А. Танаевой, А.А. Хорту, Л.Е. Евсеевой, В.Г. Лещенко, Т.Е. Щелак за участие в теплофизических исследованиях образцов цементной армированной плиты и обсуждении результатов.

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 Университета гражданской защиты МЧС Беларуси. – 2017. – Т. 1, № 2. – С. 139–152.
2. Конструкции строительные. Методы испытаний на огнестойкость. Общие требования: ГОСТ 30247.0-94 // Полнотекстовая информационно-поисковая система «СтройДОКУМЕНТ» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.normy.by/doc2.php?type=-1&id=365>. – Дата доступа: 13.07.2018.
3. Лыков, А.В. Теория теплопроводности / А.В. Лыков. – М.: Высш. школа, 1967. – 600 с.
4. American Society for Testing and Materials 831. Test Method for Linear Thermal Expansion of Solid Materials by Thermomechanical Analysis. – Enter 2000. – West Conshohocken: ASTM International, 2000. – 5 p.

CEMENT BOARDS THERMOPHYSICAL CHARACTERISTICS FOR SOLVING THE TASKS OF NONSTATIONARY HIGH-TEMPERATURE HEATING

Vadim Kudryashov, PhD in Technical Sciences, Associate Professor

Siarhei Batyan

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

Svetlana Danilova-Tretyak, PhD in Technical Sciences, Associate Professor

Kristina Nikolaeva

A.V. Luikov heat and mass transfer institute of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Belarus

Purpose. The paper is devoted to cement boards thermophysical characteristics based on experimental research in relation to nonstationary high-temperature heating.

Methods. Thermophysical characteristics were evaluated by experimental studies on special equipment.

Findings. Experimental thermophysical characteristics of flat cement boards samples in relation to nonstationary heat flows were found.

Application field of research. The obtained thermal properties can be used in thermal problem evaluating during fire resistance assessment procedures.

Conclusions. As a result, thermophysical characteristics were obtained for samples of flat cement boards on the basis of experimental studies of special equipment for nonstationary heat flows. The resulting thermal properties give satisfactory convergence only in certain temperature ranges.

Keywords: fire resistance; thermophysical characteristics; thermal conductivity coefficient; thermal diffusivity; specific heat; cement boards; temperature coefficient of linear expansion.

(The date of submitting: July 13, 2018)

REFERENCES

1. Kudryashov V.A., Batyan S.S. Cement boards thermal conductivity based on experimental research and numerical simulation data in relation to nonstationary heat flows. *Vestnik Universiteta grazhdanskoy zashchity MChS Belarusi*. 2017. Vol. 1, No. 2. Pp. 139–152. (rus)
2. *Construction constructions. Test methods for fire resistance. General requirements: Interstate Standard 30247.0-94*. Full-text information retrieval system «Stroydokument», available at: <http://www.normy.by/doc2.php?type=-1&id=365> (accessed: July 13, 2018). (rus)
3. Lykov A.V. *Theory of heat conduction*. Moscow: Vysshaya shkola, 1967. 600 p. (rus)
4. *American Society for Testing and Materials 831. Test Method for Linear Thermal Expansion of Solid Materials by Thermomechanical Analysis*. Enter 2000. West Conshohocken: ASTM International, 2000. 5 p.

УДК 614.843.4

ПЕНОГЕНЕРАТОР ПОЖАРНОГО СТВОЛА СПРУК 50/0,7 «ВИКИНГ»**Камлюк А.Н., Пармон В.В., Стриганова М.Ю., Морозов А.А., Курочкин А.С.**

Приведены результаты экспериментальных исследований пеногенератора СПРУК 50/0,7 «Викинг» с различным размером ячеек сетки. Представлена испытательная установка, ее характеристики, условия проведения экспериментов. По результатам получены зависимости кратности пены от расхода огнетушащего вещества и характеристик сетки, дано заключение и подготовлены изменения в конструкторскую документацию.

Ключевые слова: пеногенератор, пена низкой кратности, сетка, стенд, дальность пенной струи, кратность пены.

(Поступила в редакцию 20 апреля 2018 г.)

Введение. Опасность пожара, особенно в современной промышленности, чрезвычайно велика. Это обусловлено появлением большого количества новых веществ и материалов, созданных искусственно с помощью достижений химии и физики, широким использованием большого количества нефти, нефтепродуктов и других горючих жидкостей, горючих газов, внедрением в производство энергоемких и сложных технологических процессов, нередко протекающих под большим давлением и с высокими температурами. Для тушения подобных веществ зачастую применение воды не дает положительного результата. В этом случае необходимо применять воздушно-механические пены.

Одним из перспективных направлений повышения эффективности ручных пожарных стволов является использование в них твердофазных источников поверхностно-активных веществ и водопенных насадков или пеногенераторов, применяемых для подачи воды и пены низкой и средней кратности. Так, в Республике Беларусь для получения воздушно-механической пены широко применяют пожарные стволы воздушно-пенные и стволы воздушно-пенные эжекционные, а также генераторы пены средней кратности. Данные устройства подачи огнетушащих веществ не обладают универсальностью, т. е. неприменимы для подачи воды. Поэтому при необходимости смены вида огнетушащего вещества затрачивается время на смену прибора подачи, что зачастую приводит к увеличению площади пожара.

В 2018 г. на вооружение белорусских спасателей поступил ствол пожарный ручной универсальный комбинированный СПРУК 50/0,7 «Викинг» [1]. Согласно паспортным данным он обладает следующими гидродинамическими параметрами: дальность сплошной струи – 38 м; дальность распыленной струи – 20 м; возможность создания защитного экрана диаметром 4 м; регулируемый расход – до 5,7 л/с; рабочее давление – 0,7 МПа. Кроме того, его конструкция предусматривает возможность использования пеногенератора для получения воздушно-механической пены низкой кратности.

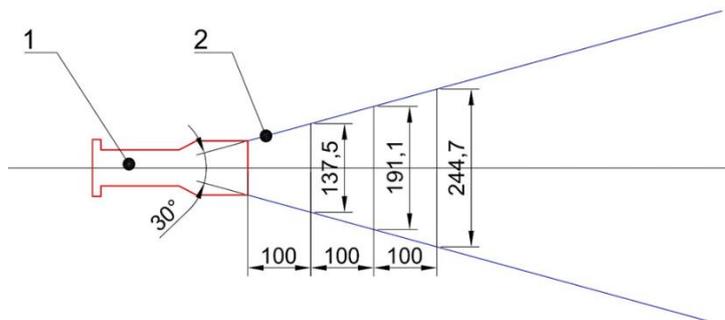
В настоящее время пеногенератор не входит в комплектацию пожарного ствола из-за того, что не были изучены его основные характеристики.

В данной работе будут впервые представлены результаты по разработке и исследованию пеногенератора на пожарный ствол СПРУК 50/0,7 «Викинг».

Описание опытного образца пеногенератора. Основными геометрическими параметрами пеногенератора является его длина и диаметр выходного раструба. При этом ствол с установленным пеногенератором должен иметь определенные тактико-технические характеристики: дальность пенной струи и кратность пены.

Согласно СТБ 11.13.14-2009 [2] дальность пенной струи из стволов с диаметром условного прохода соединительной головки 50 мм составляет не менее 18 м. Исходя из этого необходимо выбирать такой угол факела распыленной струи раствора пенообразователя, при котором ее дальность будет составлять не менее 18 м. Согласно руководству по эксплуатации [1] максимальная дальность распыленной струи СПРУК 50/0,7 «Викинг» достигается при максимальном расходе и угле распыла 30° и составляет 20 м. На рисунке 1 представлены возможные диаметры пеногенератора в зависимости от его длины.

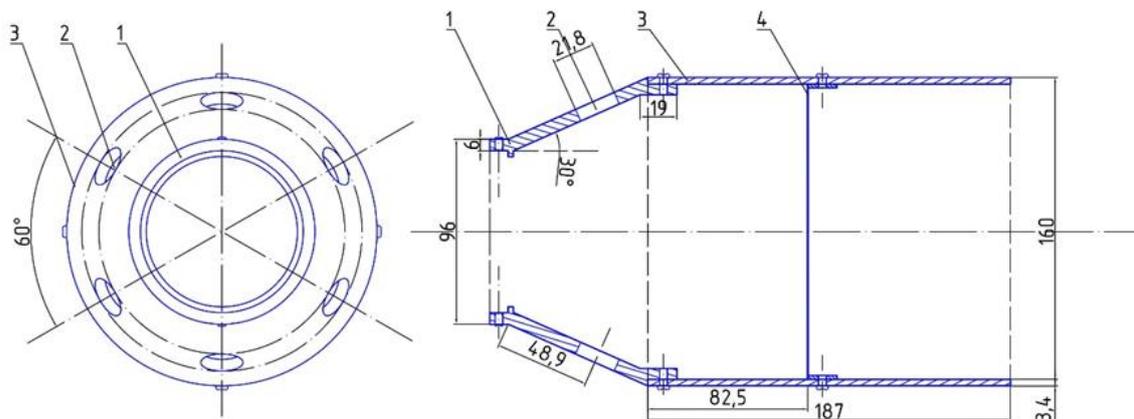
Для удобства работы спасателя-пожарного длину пеногенератора необходимо принимать не более 200 мм. Исходя из параметров распыла струи диаметр пеногенератора принят равным 160 мм, при этом его длина составила 187 мм.



1 – ствол СПРУК 50/0,7 «Викинг»; 2 – раствор пенообразователя

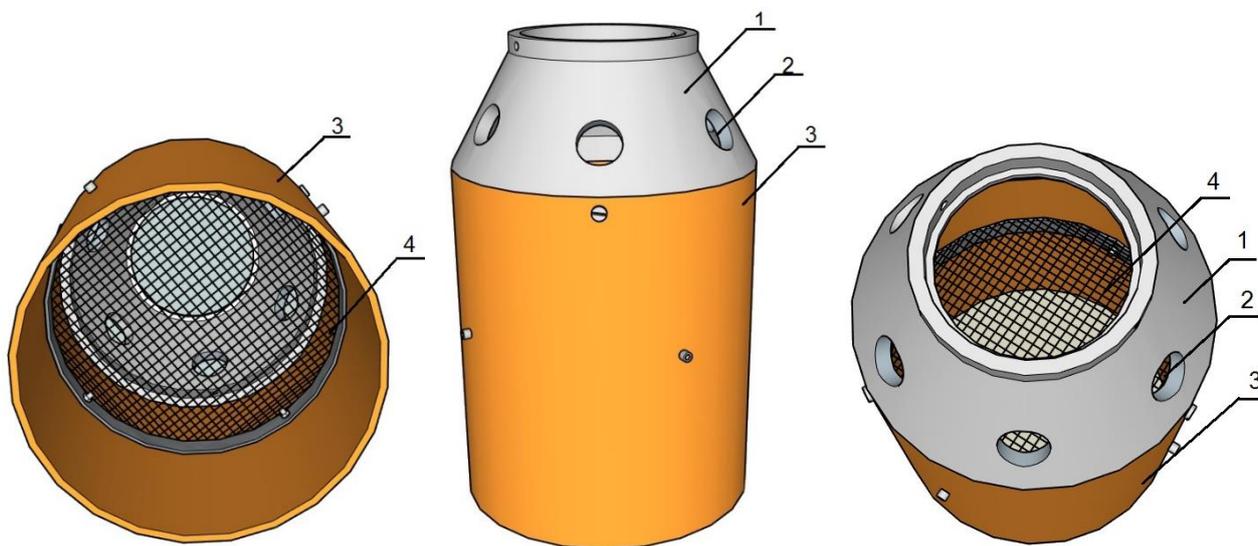
Рисунок 1. – Определение диаметра пеногенератора в зависимости от его длины

Схема и трехмерная модель полученного пеногенератора представлены на рисунках 2 и 3.



1 – крепежная система; 2 – аэрационное отверстие; 3 – раструб; 4 – пеногенирующая сетка

Рисунок 2. – Схема пеногенератора

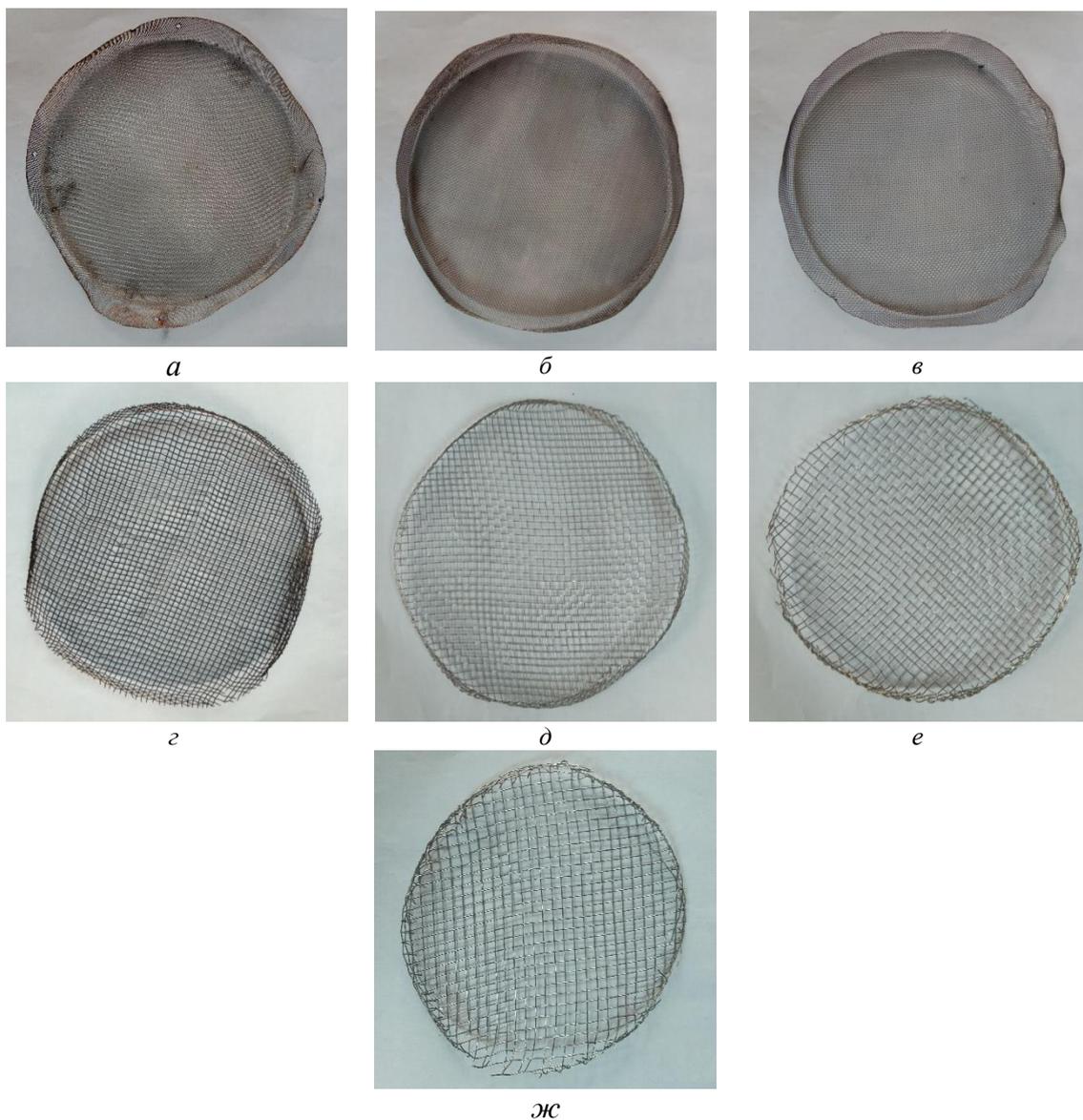


1 – крепежная система; 2 – аэрационное отверстие; 3 – раструб; 4 – пеногенирующая сетка

Рисунок 3. – Трехмерная модель пеногенератора

При разработке конструкции пеногенератора учтены результаты исследований влияния предварительного газонасыщения пенообразующего раствора [3] и металлической сетки, установленной в раструбе [4], на кратность получаемой воздушно-механической пены.

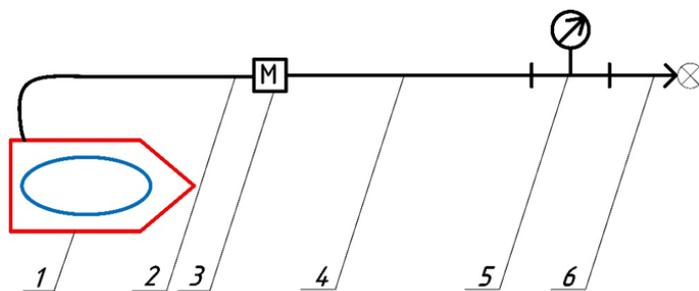
Методика проведения экспериментальных исследований. Экспериментальные исследования были проведены на базе Университета гражданской защиты МЧС Беларуси. В ходе их проведения были рассмотрены 7 опытных образцов пеногенератора, отличающиеся друг от друга размером ячейки пеногенирующей сетки (рис. 4).



a – размер ячейки 0,5x0,5 мм; *б* – размер ячейки 0,7x0,7 мм; *в* – размер ячейки 1,0x1,0 мм;
г – размер ячейки 2,0x2,0 мм; *д* – размер ячейки 3,2x3,2 мм; *е* – размер ячейки 4,0x4,0 мм;
ж – размер ячейки 5,0x5,0 мм

Рисунок 4. – Пеногенерирующие сетки

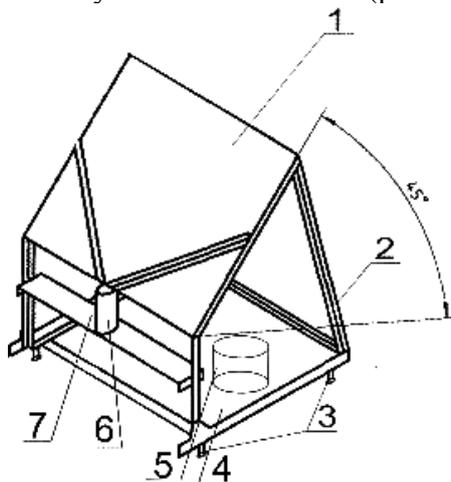
Для проведения исследований ручной пожарной ствол СПРУК 50/0,7 «Викинг» с надетым пеногенератором присоединяли к рукавной линии и пожарной автоцистерне АЦ 5,0-40/4 по схеме, представленной на рисунке 5.



1 – пожарная автоцистерна; 2 – напорный пожарный рукав ($d = 51$ мм, $l = 4$ м);
 3 – расходомер электромагнитный РЭМ-02; 4 – напорный пожарный рукав ($d = 51$ мм, $l = 20$ м);
 5 – вставка с манометром МП 160 МЧ–1.0 МПа; 6 – СПРУК 50/0,7 «Викинг» с пеногенератором

Рисунок 5. – Схема подключения ствола к пожарной автоцистерне

Исследования по определению кратности пены проводили для каждого из опытных образцов пеногенератора при значении давления 700 ± 20 кПа. Для этого использовали стенд для определения кратности и устойчивости пены (рис. 6) [5].



1 – приемник пены; 2 – каркас; 3 – ножки регулировки высоты; 4 – основание;
5 – груз; 6 – приемный бак; 7 – подставка

Рисунок 6. – Стенд для определения кратности и устойчивости пены низкой кратности

Исследования проводили на открытой площадке при скорости ветра не более 3 м/с. Положение стенда для определения кратности и устойчивости пены низкой кратности по высоте выставили с помощью ножек регулировки высоты (3). Устойчивость стенду придавали с помощью груза (5), который укладывали на основание (4). Далее определяли массу m_1 пустого приемного бака (6) и закрепляли его между приемником пены (1) и подставкой (7). К ручному пожарному стволу СПРУК 50/0,7 «Викинг» присоединяли опытный образец пеногенератора. Ручной пожарный ствол удерживали в горизонтальном положении на высоте $1 \pm 0,2$ м от земли и на расстоянии 15 ± 1 м от стенда. Автоцистерной АЦ 5,0-40/4 в рукавную линию подавали 6%-й водный раствор пенообразователя Синтек-6НС. Давление перед ручным пожарным стволом повышали до контрольного значения (700 ± 20 кПа). Выжидали переход течения водного раствора пенообразователя в рукавах в установившийся режим. После фиксации установившихся показаний манометра и расходомера струю пены направляли на стенд так, чтобы пена попадала в центр приемника пены. С его поверхности пена стекала в приемный бак. Как только приемный бак наполнялся, струю пены направляли в сторону от стенда. Приемный бак убирали из-под приемника пены. С поверхности приемного бака убирали излишек пены так, чтобы уровень пены соответствовал краям приемного бака. Определяли массу m_2 заполненного пеной приемного бака.

Далее пену из приемного бака выливали, а бак споласкивали водой от остатков пены и снова закрепляли его на стенде между приемником пены (1) и подставкой (7). Выполняли серию из пяти измерений. Далее меняли положения регулятора расхода на ручном пожарном стволе. Зафиксировав установившиеся показания манометра и расходомера, выполнили еще одну серию из пяти измерений кратности пены в соответствии с таким же алгоритмом действий. Аналогично исследовали кратность пены, генерируемой опытными образцами пеногенератора, с остальными пеногенерирующими сетками (рис. 7) при разных расходах раствора пенообразователя.

Кратность пены K определяли как отношение ее объема к объему раствора пенообразователя, содержащегося в пене, по формуле [4]:

$$K = \frac{V_{\Pi}}{V_p} = \frac{V_{\Pi} \rho_p}{m_2 - m_1}, \quad (1)$$

где V_{Π} – объем мерной емкости, дм^3 ; V_p – объем раствора пенообразователя, дм^3 ; ρ_p – плотность раствора пенообразователя, кг/дм^3 ; m_1 – масса мерной емкости, кг ; m_2 – масса мерной емкости, заполненной пеной, кг .

Дальность пенной струи измеряли по крайним каплям генерируемой воздушно-механической пены.



Рисунок 7. – Исследование кратности пены пеногенератора

Результаты экспериментальных исследований. При обработке экспериментальных данных применяли методики, приведенные в [6]. При этом полагали, что случайная ошибка измерений подчиняется нормальному закону распределения Гаусса. Оценка точности проводилась по методике оценки погрешности косвенных измерений.

При исследовании кратности пены для всех опытных образцов пеногенератора проводили по 5 серий измерений для каждого положения регулятора расхода раствора пенообразователя при заданном давлении.

Согласно методике, описанной выше, установлены $V_{II} = 2 \text{ дм}^3$ и $m_I = 0,16 \text{ кг}$.

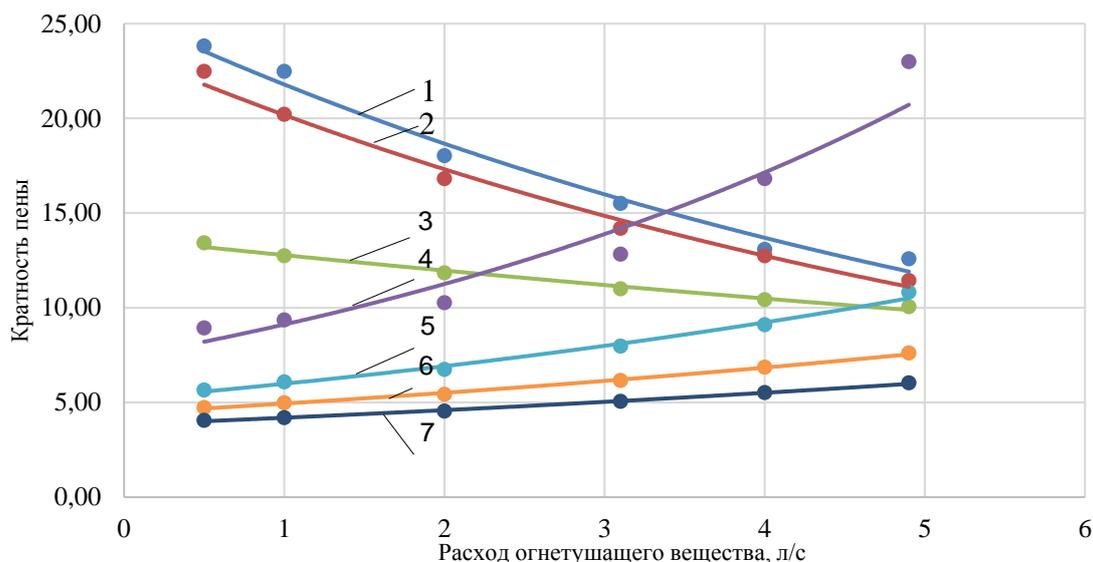
Результаты проведения исследований по определению кратности пены, генерируемой опытными образцами водопенного насадка, представлены в таблице 1.

Таблица 1. – Результаты определения кратности пены

Сетка		Расход пожарного ствола											
Размер ячейки, мм	Площадь ячейки, мм ²	1-е положение регулятора, 0,5 л/с		2-е положение регулятора, 1 л/с		3-е положение регулятора, 2 л/с		4-е положение регулятора, 3,1 л/с		5-е положение регулятора, 4 л/с		6-е положение регулятора, 4,9 л/с	
		m_2 , г	K	m_2 , г	K	m_2 , г	K	m_2 , г	K	m_2 , г	K	m_2 , г	K
0,5x0,5	0,25	84	23,81	89	22,47	111	18,02	129	15,50	153	13,07	159	12,58
0,7x0,7	0,49	89	22,47	99	20,20	119	16,81	141	14,18	157	12,74	175	11,43
1,0x1,0	1	149	13,42	157	12,74	169	11,83	182	10,99	192	10,42	199	10,05
2,0x2,0	4	224	8,93	214	9,35	195	10,26	156	12,82	119	16,81	87	22,99
3,2x3,2	10,24	354	5,65	329	6,08	297	6,73	251	7,97	220	9,09	185	10,81
4,0x4,0	16	424	4,72	402	4,98	369	5,42	325	6,15	292	6,85	263	7,60
5,0x5,0	25	494	4,05	477	4,19	441	4,54	396	5,05	363	5,51	332	6,02

Анализируя результаты исследований, представленных в таблице 1, можно сделать вывод, что пеногенератор способен подавать не только пену низкой кратности ($K \leq 20$), но и средней кратности ($K = 25$). Однако пена средней кратности генерируется при малых расходах (0,5 и 1 л/с) раствора пенообразователя при использовании сеток с площадью ячейки 0,5 мм². Кроме того, дальность пенной струи в этих случаях не превышает 5 м, что недопустимо мало для тушения пожара.

Установлено, что на кратность пены существенное влияние оказывает расход раствора пенообразователя (рис. 8).



1 – размер ячейки 0,5x0,5 мм; 2 – размер ячейки 0,7x0,7 мм; 3 – размер ячейки 1,0x1,0 мм; 4 – размер ячейки 2,0x2,0 мм; 5 – размер ячейки 3,2x3,2 мм; 6 – размер ячейки 4,0x4,0 мм; 7 – размер ячейки 5,0x5,0 мм

Рисунок 8. – Кратность пены для пеногенерирующих сеток с различным размером ячейки при изменении расхода раствора пенообразователя

При повышении расхода раствора пенообразователя кратность пены для сеток с площадью ячейки $S \leq 1 \text{ мм}^2$ падает, а для $S \geq 4 \text{ мм}^2$, наоборот, возрастает. Это может быть связано с уменьшением времени для газонасыщения раствора пенообразователя при его прохождении через сетки с малой площадью ячейки ($S \leq 1 \text{ мм}^2$). На сетках с большей площадью ячейки ($S \geq 4 \text{ мм}^2$) времени для газонасыщения и выдувания пузырей достаточно. При этом увеличение расхода раствора пенообразователя влечет за собой рост объема воздуха для газонасыщения, что в свою очередь влияет на рост кратности пены. Т. к. все зависимости на рисунке 8 имеют близкий к линейному вид, можно аппроксимировать их в виде простых к использованию на практике зависимостей:

$$K = b - aQ \text{ для } S \leq 1 \text{ мм}^2; \quad (2)$$

$$K = b + aQ \text{ для } S \geq 4 \text{ мм}^2, \quad (3)$$

где Q – расход раствора пенообразователя, л/с; a , b – коэффициенты, зависящие от площади ячейки (табл. 2).

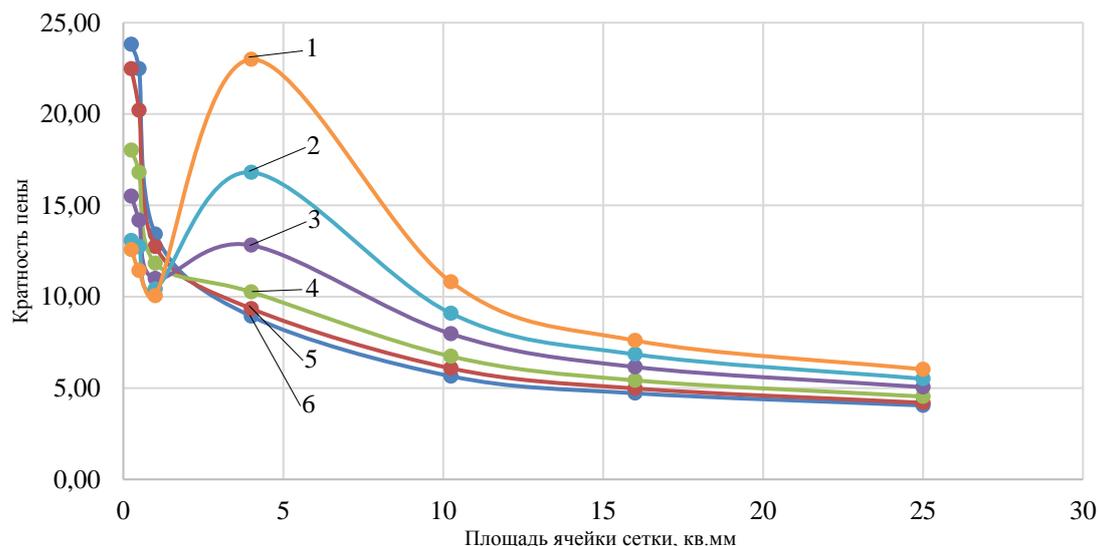
Таблица 2. – Коэффициенты для расчета кратности пены в зависимости от площади ячейки

Сетка		Коэффициенты	
Размер ячейки, мм	Площадь ячейки, мм ²	a	b
0,5x0,5	0,25	2,6992	24,549
0,7x0,7	0,49	2,4787	22,709
1,0x1,0	1	0,7634	13,547
2,0x2,0	4	2,9881	5,8052
3,2x3,2	10,24	1,1274	4,8097
4,0x4,0	16	0,6497	4,2749
5,0x5,0	25	0,4486	3,7346

Очевидно, что площадь ячейки сетки оказывает влияние на кратность пены, поэтому для определения оптимальных параметров сетки необходимо было изучить эти зависимости отдельно (рис. 9).

Из рисунка 9 видно, что при использовании опытного образца пеногенератора с сеткой с площадью ячейки 4 мм^2 наблюдается эффект скачкообразного увеличения кратности генерируемой пены. Такая сетка принята за основную. Поэтому все эксперименты по дальности пенной струи проводились с сеткой $2 \times 2 \text{ мм}$.

В таблице 3 приведены результаты исследования дальности пенной струи.



1 – расход 4,9 л/с; 2 – расход 4 л/с; 3 – расход 3,1 л/с; 4 – расход 2 л/с; 5 – расход 1 л/с; 6 – расход 0,5 л/с
Рисунок 9. – Кратность пены для различных расходов раствора пенообразователя при изменении площади ячейки пеногенирующей сетки

Таблица 3. – Дальность пенной струи

Расход, л/с		Дальность пенной струи, м
Первое положение регулятора расхода пожарного ствола	0,5	3
Второе положение регулятора расхода пожарного ствола	1	8
Третье положение регулятора расхода пожарного ствола	2	14
Четвертое положение регулятора расхода пожарного ствола	3,1	18
Пятое положение регулятора расхода пожарного ствола	4	18,5
Шестое положение регулятора расхода пожарного ствола	4,9	19

Закключение. В ходе проведения экспериментальных исследований опытных образцов пеногенератора установлено, что наиболее оптимальным является опытный образец пеногенератора с сеткой с площадью ячейки $S = 4 \text{ мм}^2$. Получены уравнения для определения кратности пены в зависимости от расхода раствора пенообразователя для различных по площади ячейки сеток. При этом установлено, что если площадь ячейки пеногенирующей сетки $S \leq 1 \text{ мм}^2$, то с ростом расхода раствора пенообразователя кратность генерируемой пены падает, но если $S \geq 4 \text{ мм}^2$ – то, наоборот, увеличивается. Опытный образец пеногенератора с пеногенирующей сеткой с площадью ячейки $S = 4 \text{ мм}^2$ позволяет подавать пену с наиболее широким диапазоном кратностей. Таким образом, в результате проведенных исследований получены исходные данные для оптимизации устройства и размеров пеногенератора.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ствол пожарный ручной универсальный СПРУК-50/0,7 «Викинг». Паспорт. Руководство по эксплуатации. ЭФЮП 306142.001 РЭ. – М.: РУП «Приборостроительный завод «ОПТРОН». – 9 с.
2. Система стандартов пожарной безопасности. Стволы пожарные ручные. Общие технические условия: СТБ 11.13.14-2009. – Введ. 21.08.09. – Минск: Госстандарт Республики Беларусь: Минское областное управление МЧС Республики Беларусь, 2009. – 12 с.
3. Качанов, И.В. О влиянии предварительного газонасыщения пенообразующего раствора на характеристики пены, генерируемой в автоматических установках пожаротушения / И.В. Качанов, В.В. Кулебякин, С.Ю. Павлюков // Вестник Командно-инженерного института МЧС Республики Беларусь. – 2015. – № 2 (22). – С. 53–60.
4. Камлюк, А.Н. Методика расчета основных геометрических параметров водопенного насадка на ствол пожарный ручной СРК-50 / А.Н. Камлюк, А.С. Грачулин, Чан Дык Хоан // Чрезвычайные ситуации: образование и наука. – 2016. – № 1 (11). – С. 41–49.
5. Стенд для определения кратности и устойчивости пены низкой кратности: полез. модель ВУ 7605 / С.М. Малашенко, О.Д. Навроцкий. – Оpubл. 2011.10.30.
6. Учебно-методическое пособие по обработке экспериментальных данных / Н.И. Бохан [и др.] – Светлая Роща: ИППК МЧС Республики Беларусь, 2008. – 34 с.

FOAM GENERATOR OF THE FIRE NOZZLE SPRUK 50/0,7 «VIKING»

Andrei Kamluk, PhD in Physics and Mathematics Sciences, Associate Professor

Valerij Parmon, PhD in Technical Sciences, Associate Professor

Marina Striganova, PhD in Technical Sciences, Associate Professor

Artsiom Marozau

Aleksandr Kurochkin

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

Purpose. The study of the dependence of the multiplicity of the generated air-mechanical foam on the cell area of the foam generating grid of the foam generator SPRUK 50/0,7 «Viking».

Methods. Experimental studies were carried out on the basis of the University of Civil protection of the Ministry of Emergency Situations of the Republic of Belarus in accordance with the requirements of STB 11.13.14-2009 Manual fire nozzle. General specifications.

Findings. It is established that the foam generator can supply not only foam of low multiplicity ($K \leq 20$), but also foam of average multiplicity ($K = 25$). However, the foam of medium multiplicity is generated at low flow rates (0,5 and 1 l/s) of the foamer solution when using grids with a cell area of 0,5 mm². In addition, the foam rate has a significant influence on the foam multiplicity. When the consumption of foaming agent solution increases, the foam multiplicity for grids with a cell area of $S \leq 1$ mm² decreases, and of $S \geq 4$ mm², on the contrary, increases.

Application field of research. Extinguishing fires with air-mechanical foam using a fire nozzle FMUCN 50 / 0,7 «Viking».

Conclusions. In the course of experimental studies of prototypes of the foam generator it was established that the most optimal sample is a foam generator with a grid having a cell area of $S = 4$ mm². Equations are obtained for determining the multiplicity of the foam as a function of the consumption of the foaming agent solution for various grids. It has been established that if the area of the cell of the foam generating grid is $S \leq 1$ mm², then with increasing consumption of the foamer solution, the multiplicity of the generated foam falls, but by $S \geq 4$ mm², on the contrary, it increases.

Keywords: foam generator, foam of low multiplicity, grid, stand, range of foam jet, foam multiplicity.

(The date of submitting: April 20, 2018)

REFERENCES

1. *Pasport. Rukovodstvo po ekspluatatsii. Stvol pozharnyy ruchnoy universal'nyy SPRUK-50/0,7 «Viking»* [Fire barrel manual universal SPRUK-50/0,7 «Viking». Passport. Manual]. EfyuP 306142.001 RE. Minsk. RUP «Priborostroitel'nyy zavod «OPTRON». 9 p. (rus)
2. *Sistema standartov pozharnoy bezopasnosti. Stvolyy pozharnyye ruchnyye. Obshchie tekhnicheskie usloviya: STB 11.13.14-2009* [Fire fighting trunks manual. General specifications]. Affirmed 21.08.2009. Minsk. Gosstandart Respubliki Belarus', 2009. 12 p. (rus)
3. Kachanov I.V., Kulebyakin V.V., Pavlyukov S.Yu. O vliyaniy predvaritel'nogo gazonasyscheniya penoobrazuyushchego rastvora na kharakteristiki peny, generiruemyy v avtomaticheskikh ustanovkakh pozharotusheniya [On the effect of the preliminary gas saturation of a foaming solution on the characteristics of a foam generated in automatic fire extinguishing installations]. *Vestnik Komandno-inzhener'nogo instituta MChS Respubliki Belarus'*. 2015. No. 2 (22). Pp. 53–60. (rus)
4. Kamlyuk A.N., Grachulin A.S., Chan D.Kh. Metodika rascheta osnovnykh geometricheskikh parametrov vodopennogo nasadka na stvol pozharnyy ruchnoy SRK-50 [Method for calculating the basic geometric parameters of the waterfall nozzle on the fire barrel manual SRK-50]. *Chrezvychaynye situatsii: obrazovanie i nauka*. 2016. No. 1 (11). Pp. 41–49. (rus)
5. Malashenko M.S., Navrotskiy O.D. *Stend dlya opredeleniya kratnosti i ustoychivosti peny nizkoy kratnosti* [Stand for determining the multiplicity and stability of foam of low multiplicity]. Patent BY 7605, IPC A 62 C 99/00, G 01F 3/00. Owner: Scientific Research Institute of Fire Safety and Emergencies of the Ministry for Emergency Situations of the Republic of Belarus; publ. October 30, 2011. (rus)
6. Bokhan N.I. et al. *Uchebno-metodicheskoe posobie po obrabotke eksperimental'nykh dannykh* [Guide on experimental data processing]. Svetlaya Roshcha: IPPK MChS Respubliki Belarus', 2008. 34 p. (rus)

УДК 614.841

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ АТОМНЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ

Жаворонков И.С., Ильюшонок А.В.

Проанализированы основные причины возникновения пожаров на атомных электростанциях разных стран. Рассмотрена последовательность мероприятий по проведению анализа пожарной безопасности АЭС.

Ключевые слова: пожар, пожарная зона, АЭС, пожарная безопасность АЭС, анализ пожарной опасности.

(Поступила в редакцию 13 апреля 2018 г.)

Введение. Ядерная энергетика начала развиваться менее века назад (с 1954 г.). Несмотря на то, что безопасность и защита от угроз разного уровня тщательно прорабатывается еще на стадии проектирования АЭС отмечаются случаи пожаров на данных объектах.

Внутриплощадочный пожар – событие, заключающееся в возгорании и горении (вплоть до полного сгорания) находящихся или обращающихся в зданиях, сооружениях, отдельных их частях (помещениях) или на открытых частях площадки АЭС горючих веществ и материалов [1]. Внутриплощадочные пожары могут инициировать события каскадного отказа во всей системе безопасности станции, нарушать целостность существующих физических барьеров ядерной безопасности или работоспособность других систем.

Современный стандарт противопожарной защиты МАГАТЭ основан на: идентификации пожарных зон, которые разделяют основные и резервные элементы оборудования, связанного с безопасностью станции; сокращении (предпочтительно исключении) горючих материалов; обеспечении надлежащими системами обнаружения и тушения пожара и внедрении звуковой системы оповещения о пожаре [2].

На уже действующих станциях, где реконструкция не всегда оправдана с экономической точки зрения, в качестве дополнительных мер пожарной безопасности больше внимания уделяют системам обнаружения и тушения пожаров. Несмотря на большие усилия, сосредоточенные на пожарной безопасности, один значительный пожар происходит на АЭС в среднем каждые 7–10 лет. (Значительным пожаром является тот, который может угрожать работоспособности одной или нескольких систем безопасности. Пожар на АЭС представляет угрозу ядерной безопасности станции в том случае, если он влияет на безопасную работу реактора.)

Основная часть. Остановимся на некоторых наиболее известных пожарах в истории всемирной ядерной энергетике, изменивших подход к проектированию не только пожарной, но и в целом системы безопасности станции.

АЭС Browns Ferry (США), 20 марта 1975 г. [3]. Причиной пожара стал один из рабочих АЭС, который искал место возможной протечки воздуха через проходку кабеля в бетонной стене по отклонению пламени зажженной свечи. Обнаружив место утечки, он заделал его кусочками полиуретана и повторно использовал пламя свечи как индикатор течи. Оказалось, что течь сохранилась, а от пламени свечи полиуретан загорелся, и огонь с потоком воздуха стал настолько быстро распространяться по кабельному каналу, что его не удалось ликвидировать с помощью огнетушителей.

Огонь, возникший в кабельной проходке между распределительным щитом, который расположен под зданием реактора, распространился в горизонтальном и вертикальном направлениях по всем 10 кабельным тоннелям. В результате пожара, длившегося 7 ч, было повреждено около 2000 силовых, управляющих и контрольных кабелей.

Данный пожар выявил крупный недостаток проекта, связанный с принципами разводки и укладки кабелей: все кабели систем безопасности находились в одном канале и одинаково пострадали, выведя из строя все системы безопасности. После аварии были приняты меры по повышению защиты АЭС от пожара путем пространственного разделения кабелей, относящихся к разным системам, либо путем разделения их огнестойкими барьерами в одном кабельном канале.

Белоярская АЭС (СССР), 31 декабря 1978 г. [4]. Пожар на втором энергоблоке, возникший от падения плиты перекрытия машинного зала на маслобак турбогенератора. В результате выгорел весь контрольный кабель.

Запорожская АЭС (СССР), 27 января 1984 г. [4]. Пожар на первом энергоблоке в период подготовки его к пуску. После самовозгорания одного из блоков реле огонь в течение

18 ч метался по 50-метровой кабельной шахте. Причиной пожара стало использование на станции полихлорвиниловой изоляции, которая воспламенялась, плавилась и, обрываясь, поджигала пучки кабелей на нижних отметках. Выгорела вся кабельная шахта – 700 км различных кабелей. После этого случая на всех строящихся в СССР блоках АЭС стали пользоваться только кабелем с несгораемой изоляцией.

АЭС Vandellos Nuclear Power Plant (Испания), 19 октября 1989 г. Пожар на первом энергоблоке [4]. Из-за внезапной остановки одной из турбин произошел перегрев и разложение смазочного масла, что привело к образованию водорода и его последующему взрыву. На станции отсутствовала система пожаротушения, а вблизи не было пожарной части. В итоге прибывшие пожарные не знали расположения и функции объектов станции, не были ознакомлены с планом аварийных действий и вместо пены применили воду. Это привело к тому, что тушение пожара продолжалось 4 ч. В результате пожара пострадали только системы энергоснабжения турбин и охлаждения реактора.

Чернобыльская АЭС (СССР), 11 октября 1991 г. [4]. Пожар произошел в результате короткого замыкания в кабеле машинного зала второго энергоблока. Как и при аварии на четвертом блоке ЧАЭС в апреле 1986 г., развитие пожара стимулировало использование при ее строительстве горючих материалов: термопластобетона, рубероида и битума. Были разрушены девять пролетов крыши, выведено из строя турбинное оборудование.

АЭС Monju (Япония), декабрь 1995 г. [5]. На реакторе произошла утечка натрия. Около трех тонн натрия вытекли на пол энергоблока. В результате реакций образовался водород, температура в помещении повысилась до нескольких сотен градусов, произошел крупный пожар. Причиной аварии стала интенсивная вибрация внутри одной из труб перекачки натрия, вызванная дефектом сварки труб.

Несмотря на развитие атомной индустрии, совершенствование подходов к пожарной безопасности АЭС, пожары продолжают случаться и сегодня.

На Южно-Украинской АЭС в Украине 16 января 2015 г. загорелся автотрансформатор связи. Вероятнее всего, произошло это из-за разгерметизации бака с последующей течью масла и его возгорания от электрической дуги короткого замыкания [6].

На АЭС Indian Point Energy Center в США 9 мая 2015 г. произошел пожар, вызванный неисправностью изоляции в трансформаторе. В результате пожара смесь масла, воды и пены попала в реку Гудзон [7].

На АЭС Flamanville Nuclear Power Plant во Франции 9 февраля 2017 г. из-за механических проблем, начал перегреваться и загорелся вентилятор, а далее последовал взрыв скопившегося водорода [8].

На АЭС Bugey Nuclear Power Plant во Франции 19 июня 2017 г. пожар начался после операции технического обслуживания, из-за того, что персонал работал на крыше с паяльной лампой [9].

Влияние вышеперечисленных пожаров на состояние активной зоны реактора оценить сложно, но понятно, что в той или иной степени они затрагивают системы безопасности станции в нормальных и аварийных условиях. Поэтому противопожарная защита АЭС в конечном итоге должна обеспечивать функционирование систем, необходимых для того, чтобы осуществить:

- остановку реактора (прекращение цепной реакции деления);
- остаточное охлаждение активной зоны [10].

Это достигается на основе трех процедурных элементов философии противопожарной защиты «Оборона в глубине» (Defense in Depth) [11], которая была разработана еще в 1980-х годах прошлого века, а именно:

1) предотвращение возникновения пожаров; эксплуатация станции и все работы по ее модификации должны быть такими, чтобы свести к минимуму вероятность возникновения пожара;

2) в случае возникновения пожара его быстрое обнаружение и тушение: раннее обнаружение гарантирует, что сигнал «пожар» появится на пульте управления как можно раньше, что увеличивает вероятность его успешного тушения, а также минимизирует повреждение станции;

3) обеспечение защиты конструкций и систем, необходимых для безопасного отключения реактора в случае, когда не удастся быстро обнаружить и потушить пожар; это достигается наличием пассивных барьеров противопожарной защиты для ограничения распространения огня, а также наличием подготовленной пожарной команды вблизи АЭС.

Данная философия реализуется в современных документах, предъявляющих общие требования к пожарной безопасности АЭС. Согласно своду правил [12] АЭС удовлетворяет требованиям пожарной безопасности, если:

- радиационное воздействие на персонал, население и окружающую среду в случае пожара не приведет к превышению установленных доз облучения персонала и населения, нормативов по выбросам и сбросам, содержанию радиоактивных веществ в окружающей среде;

- реализована защита персонала от воздействия опасных факторов пожара.

Для обеспечения пожарной безопасности АЭС должен быть разработан комплекс организационных и технических мероприятий, предусматривающий:

- защиту систем, важных для безопасности АЭС, от воздействия опасных факторов пожара;

- управление системами безопасности, обеспечение перевода реактора в подкритическое состояние и удержание его в этом состоянии, отвод тепла от реактора в условиях пожара;

- резервирование систем (элементов) безопасности АЭС, позволяющее им в условиях пожара выполнять свои функции;

- разделение каналов систем безопасности АЭС противопожарными преградами с регламентированными пределами огнестойкости, безопасными расстояниями и противопожарными барьерами.

Противопожарная защита зданий, сооружений и помещений должна быть выполнена как единая система, включающая в себя комплекс технических решений по предотвращению и ограничению распространения пожара, его обнаружению и ликвидации, обеспечению безопасности персонала, предусматривающая:

- компоновку, исключающую размещение элементов разных каналов безопасности, а также систем (элементов) безопасности и нормальной эксплуатации в одной пожарной зоне;

- локализацию пожара в пределах пожарной зоны противопожарными преградами и противопожарными барьерами;

- ликвидацию пожара системой противопожарной защиты и подразделениями пожарной охраны;

- при размещении в пожарной зоне элементов разных каналов систем безопасности, противопожарную защиту систем (элементов) каждого канала;

- оповещение персонала АЭС о возникновении пожара, его эвакуацию или работу (действия) при пожаре в течение времени, необходимого для принятия мер по обеспечению безопасности АЭС.

Наиболее распространенными причинами пожаров на АЭС в порядке уменьшения частоты пожара являются [11,13]:

- утечки масла и разливы нефти (включая пожары дизельных генераторов, насосов, пожары, вызванные попаданием масла в горячие трубы);

- утечки и взрывы водорода (водород присутствует как часть реакторной химии);

- операции сварки и резки;

- электрические неисправности в распределительных устройствах, выключателях, измерительной аппаратуре, трансформаторные неисправности, кабель и кабельные соединения;

- ошибки персонала.

С точки зрения влияния пожара на безопасность АЭС наиболее уязвимыми являются здания и помещения, где находятся оборудование и установки, содержащие горючие масла (генератор, главный циркуляционный насос, турбина); помещения, в которых из-за нарушения условий эксплуатации может образоваться скопление водорода (здание реактора, машинный зал); а также помещения, где сосредоточено большое количество электрических кабелей (здание безопасности, здание управления). Особенно хотелось бы выделить помещение блочного пункта управления, откуда осуществляется управление системами безопасности.

Пожары на АЭС, которые являются значительными с общественной точки зрения, могут быть незначительными с точки зрения ядерной и радиационной безопасности. Процесс анализа пожарной опасности предполагает подход, при котором каждая пожарная зона и находящиеся в ней помещения и системы оцениваются поочередно. Различия в деталях, такие как маршрутизация ключевых электрических кабелей, разделение и ориентация кабельных лотков, схема противопожарной защиты, используемая для конкретного отсека, и процедуры, применяемые операторами в ответ на пожар, могут значительно влиять на условия распространения пожара.

Анализ пожарной опасности требует подробной информации об оборудовании, местонахождении противопожарных барьеров, маршрутизации кабелей, системах вентиляции, системе противопожарной защиты, а также процедурах по эксплуатации систем и элементов. Ниже приведена последовательность проведения надлежащего анализа пожарной опасности (АПО) [14].

Предварительным шагом для АПО является изучение чертежей компоновки установки, компоновки оборудования, маршрутизации кабельных лотков, размещения и квалификации огнестойких барьеров. В результате здания разбиваются на пожарные зоны и пожарные отсеки.

Далее следует инвентаризация горючих материалов. Составляется список как постоянных, так и временных горючих материалов в каждом пожарном отсеке. Наличие временных материалов может быть связано с текущим обслуживанием или другими видами деятельности. В список включаются:

- 1) воспламеняющиеся и горючие вещества, такие как: краска, растворители, гидравлические жидкости, масла и т. д.;
- 2) машины и оборудование для наполнения маслом;
- 3) полная и подробная информация о кабелях: тип изоляции, плотность в лотке, ориентация и т. д.;
- 4) угольные фильтры и высокоэффективные поглотители твердых частиц;
- 5) легковоспламеняющиеся газы и материалы;
- 6) ионообменные смолы и материалы, которые могут храниться с целью иммобилизации радиоактивных отходов;
- 7) пластмассы, защитная одежда, упаковочные материалы, временные сооружения, такие как строительные леса;
- 8) изоляционные материалы вентиляционных каналов;
- 9) мебель и отделочные материалы.

Собирается информация о физических и химических свойствах этих материалов.

Далее должны быть проанализированы потенциальные стационарные и возможные переносимые источники воспламенения в каждом пожарном отсеке. К стационарным источникам относятся: искры, горячие поверхности и открытое пламя. Необходимо учитывать, что нарушение нормальных условий эксплуатации оборудования может привести к чрезмерному трению, электрическим дугам, т. е. возникновению стационарного источника возгорания. Переносимые источники воспламенения могут быть вызваны работами, связанными с ремонтом и обслуживанием, такими как: сварка, резка, термическая обработка и т. д.

На основании вышеизложенного предполагается сценарий развития пожара. Составляется документация (инструкции) для действий персонала, оценки по распространению пожара и его тушению.

В сценарии развития пожара учитывается оснащение пожарных отсеков автоматическими системами пожаротушения. Рекомендуемые согласно нормам проектирования [15] огнетушащие составы и способы тушения приведены в таблице.

Таблица. – Рекомендуемые огнетушащие вещества и материалы

Защищаемый объект	Огнетушащие вещества, составы и способы тушения
Кабельные помещения, генераторы с воздушным охлаждением, силовые трансформаторы	Распыленная и тонкораспыленная вода
Помещения и оборудование, содержащие горючие жидкости	Распыленная и тонкораспыленная вода, воздушно-механическая пена
Помещения с электронным оборудованием, герметичные отсеки и помещения, содержащие твердые горючие вещества и горючие жидкости	Газовые огнетушащие составы, иные средства объемного пожаротушения
Помещения и оборудование, содержащие металлы: магний, натрий, литий и пр.	Порошковые составы специального назначения
Помещения и оборудование, содержащие горючие газы	Порошковые составы

Наиболее распространенными огнетушащими веществами в установках автоматического пожаротушения на АЭС являются вода и газовые огнетушащие составы. В связи с этим может возникнуть ряд сложностей:

при использовании воды могут быть повреждены установки или элементы в защищаемых помещениях;

при использовании газовых составов необходимо обеспечить отсутствие людей в защищаемом помещении.

Автоматические системы пожаротушения подвержены ложному срабатыванию. Чаще всего причинами ложных срабатываний являлись [16]:

- ошибки персонала (22,8 %);
- утечка огнетушащего вещества в системах пожаротушения на водной основе (22,1 %);
- неизвестные причины (13,2 %);
- непреднамеренное срабатывание (11 %);
- ошибки в алгоритмах процедур тестирования и обслуживания (8,8 %);
- пар, пыль, влажность, вызывающие срабатывание дымовых извещателей (8,1 %);
- скачки давления в системах на водной основе (5,1 %);
- дым от сварки и техобслуживания (2,9 %);
- электрические сбои в системах управления (2,2 %);
- намоченные (увлажненные) извещатели (2,2 %);
- тепловые приборы, вызывающие срабатывание извещателей (1,5 %).

Для уменьшения частоты ложного срабатывания установок пожаротушения предложены следующие мероприятия. Вводы кабелей в электрические шкафы должны быть герметизированы от проникновения воды. Чувствительные компоненты оборудования должны быть защищены от попадания огнетушащих веществ. Сопла установок газового пожаротушения не должны располагаться вблизи компонентов, чувствительных к охлаждению. Сигнал от одиночных дымовых извещателей не должен использоваться в качестве единственного критерия для запуска установки пожаротушения. При проведении работ по техническому обслуживанию необходимо выполнение административных процедур, исключающих непреднамеренный запуск системы пожаротушения (например, при сварке или резке дымовые извещатели должны быть отключены).

База данных USNRC [16, 17] об инцидентах с пожарами на АЭС в США, произошедших в 1965–1985 гг., дает интересную статистику об обнаружении и тушении пожаров. Число пожаров, обнаруженных персоналом, превышает число пожаров, обнаруженных системами пожарной сигнализации, примерно в 5 раз. Почти все обнаруженные пожары были потушены вручную. Данная статистика объясняется следующими причинами. Первая причина заключается в том, что системами пожарной сигнализации и пожаротушения оснащались не все помещения станции. Второй причиной является то, что многие пожары либо вызваны действиями персонала, либо происходили в процессе проверок и операций по техническому обслуживанию, в течение которых персонал присутствует в непосредственной близости к месту возгорания.

Выводы. Как показывает проведенный анализ, основными причинами пожаров на АЭС служат: утечки масла, скопление водорода, электрические неисправности, проводимые с огнем работы, ошибки персонала.

При проектировании системы пожарной безопасности АЭС (с учетом ограничения распространения пожара за счет разделения здания на пожарные отсеки), планируя размещение систем обнаружения, оповещения и тушения пожара, дымоудаления и вентиляции, следует учитывать: пожарную нагрузку – маслосистемы, кабельные изделия, временные вещества и материалы; источники зажигания – открытый огонь, трущиеся механизмы; возможные последствия нарушений условий эксплуатации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Основные рекомендации к разработке вероятностного анализа безопасности уровня 1 блока атомной станций для инициирующих событий, обусловленных внутриплощадочными пожарами и затоплениями: РБ-076-12. – Введ. 05.09.2012. – М.: Федер. служба по экологическому, технологическому и атомному надзору, 2012. – 81 с.
2. Fire safety in the operation of nuclear power plants No. NS-G-2.1, 2004. – 43 p.
3. Авария на АЭС Browns Ferry (США), связанная с повреждением кабелей собственных нужд [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://rb.mchs.gov.ru/mchs/radiation_accidents/m_other_accidents/1975_god/Avarija_na_AJES_Browns_ferry_SSHA_svjaza. – Дата доступа: 25.12.2017.
4. Аварии на атомных электростанциях [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.webkursovik.ru/kartgotrab.asp?id=-184602>. – Дата доступа: 25.12.2017.
5. Крупнейшие радиационные аварии и катастрофы современности [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.topnews.ru/photo_id_6663_13.html. – Дата доступа: 25.12.2017.

6. На Южно-Украинской АЭС загорелся трансформатор [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://kr.ua/incidents/486400-na-yuzhno-ukraynskoi-aes-zahorelsia-transformator>. – Дата доступа: 25.12.2017.
7. Entergy report: insulation failure sparked transformer fire at Indian Point [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://newyork.cbslocal.com/2015/06/30/entergy-insulation-failure-fire-indian-point/>. – Дата доступа: 25.12.2017.
8. Explosion à la centrale nucléaire de Flamanville [Electronic resource]. – Mode of access: <https://fr.sputniknews.com/france/201702091030009783-explosion-cantrale-nucleaire-france/>. – Date of access: 25.12.2017.
9. Incendie à la centrale nucléaire de Bugey [Electronic resource]. – Mode of access: http://www.liberation.fr/direct/element/incendie-a-la-centrale-nucleaire-de-bugey_66259/. – Date of access: 25.12.2017.
10. Mawby, F.D. The approach adopted in England and Wales in defining the level of fire safety at nuclear power stations / F.D. Mawby, A.P. Haighton // Fire Safety Journal. – 1994. – № 23. – P. 185–192.
11. Office of the Federal Register. U.S. Code of Federal Regulations, Title 10 (Energy), Appendix R to Part 50 (Fire Protection Program for Nuclear Power Facilities Operating Prior to January 1, 1979). – 1980.
12. Атомные станции. Требования пожарной безопасности: СП 13.13130.2009. – Введ. 07.09.2009. – М.: МЧС РФ, 2009. – 24 с.
13. Токмачев, Г. Вероятностный анализ безопасности для пожаров на АЭС Куданкулам в Индии / Г. Токмачев / Междунар. конф. по надежности, безопасности и риску 2005: материалы Междунар. науч.-практ. конф., Мумбай, 1–3 дек. 2005 г. – Мумбай, 2005. – С. 375–380.
14. Vinod, G. Insights from fire PSA for enhancing NPP safety / G. Vinod, R.K. Saraf, A.K. Ghosh, H.S. Kushwaha, P.K. Sharma // Nuclear Engineering and Design. – 2008. – № 238. – P. 2359–2368.
15. Противопожарная защита атомных станций. Нормы проектирования: НПБ 114-2002. – Введ. 23.12.2002. – М.: МЧС РФ, 2002. – 20 с.
16. Users Guide for a Personal-Computer-Based Nuclear Power Plant Fire Data Base, NUREG/CR-4586. Sandia National Laboratories, Albuquerque. – 1986.
17. Nowlen, P. Nuclear Power Plants: A Unique Challenge to Fire Safety Steven / P. Nowlen // Fire Safety Journal. – 1992. – № 19. – P. 3–18.

PROVIDING OF FIRE SAFETY AT NUCLEAR POWER PLANTS

Illia Zhavarankau

Aliaksandr Ilyushonak, PhD in Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor

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

Purpose. Investigation of the causes of fire at nuclear power plants. Analysis of fire hazard at nuclear power plants and ways of ensuring fire safety of nuclear power plants.

Methods. Analysis of the events and normative documents.

Findings. As shown by the analysis, the main causes of fires at nuclear power plants are: oil leaks, hydrogen accumulation, electrical malfunctions, work carried out with fire, personnel errors. The main factors determining the fire safety of nuclear power plants are (taking into account the restriction of the spread of fire due to splitting the building into fire compartments): fire load: oil systems, cable products, temporary substances and materials; ignition sources: open fire, rubbing mechanisms, violation of operating conditions; detection, warning and fire fighting, smoke removal and ventilation systems.

Application field of research. The findings can be used to analyze the fire safety of a particular nuclear power plant.

Conclusions. This analysis can be used to find vulnerabilities in the fire safety of nuclear power plants.

Keywords: fire, fire zone, nuclear power plant, fire safety of nuclear power plants, fire hazard analysis.

(The date of submitting: April 13, 2018)

REFERENCES

1. *Osnovnye rekomendatsii k razrabotke veroyatnostnogo analiza bezopasnosti urovnya 1 bloka atomnoy stantsiy dlya initsiiruyushchikh sobytiy, obuslovlennykh vnutriploshchadochnymi pozharemi i zatopeniyami: RB-076-12* [The main recommendations for the development of probabilistic safety analysis of level 1 of the nuclear power plant unit for initiating events caused by in-site fires and floods: RB-076-12]. Affirmed 05.09.2012. Moscow: Federal Service for Environmental, Technological and Nuclear Supervision, 2012. 81 p. (rus)
2. *Fire safety in the operation of nuclear power plants No. NS-G-2.1*, 2004. 43 p.
3. *Avariya na AES Browns ferry (SShA), svyazannaya s povrezhdeniem kabeley sobstvennykh nuzhd: MChS Rossii* [Accident at the Browns ferry NPP (United States), connected with damage to the cables of own needs: EMERCOM of the Russian Federation], available at: http://rb.mchs.gov.ru/mchs/radiation_accidents/m_other_accidents/1975_god/Avariya_na_AJES_Browns_ferry_SSHA_svjaza (accessed: December 25, 2017). (rus)
4. *Avarii na atomnykh elektrostantsiyakh: webkursovik.ru* [Accidents at nuclear power plants: webkursovik.ru]: webkursovik.ru – effektivnaya pomoshch' studentu, available at: <https://www.webkursovik.ru/kartgotrab.asp?id=-184602> (accessed: December 25, 2017). (rus)
5. *Krupneyshie radiatsionnye avarii i katastrofy sovremennosti* [The largest radiation accidents and disasters of our time], available at: http://www.topnews.ru/photo_id_6663_13.html (accessed: December 25, 2017). (rus)
6. *Na Yuzhno-Ukrainskoy AES zagorelsya transformator* [At the South-Ukrainian NPP the transformer caught fire], available at: <https://kp.ua/incidents/486400-na-yuzhno-ukraynskoi-aes-zahorelsia-transformator> (accessed: December 25, 2017). (rus)
7. *Entergy report: insulation failure sparked transformer fire at Indian Point*, available at: <http://newyork.cbslocal.com/2015/06/30/entergy-insulation-failure-fire-indian-point/> (accessed: December 25, 2017).
8. *Explosion à la centrale nucléaire de Flamanville* [Explosion at the Flamanville NPP], available at: <https://fr.sputniknews.com/france/201702091030009783-explosion-cantrale-nucleaire-france/> (accessed: December 25, 2017). (fr)
9. *Incendie à la centrale nucléaire de Bugey: Libération* [Fire at the Bugey nuclear power plant: Release], available at: http://www.liberation.fr/direct/element/incendie-a-la-centrale-nucleaire-de-bugey_66259/ (accessed: December 25, 2017). (fr)
10. Mawby F.D., Haighton A.P. The approach adopted in England and Wales in defining the level of fire safety at nuclear power stations. *Fire Safety Journal*. 1994. No. 23. Pp. 185–192.
11. Office of the Federal Register. *U.S. Code of Federal Regulations*, Title 10 (Energy), Appendix R to Part 50 (Fire Protection Program for Nuclear Power Facilities Operating Prior to January 1, 1979). 1980.

12. *Atomnye stantsii. Trebovaniya pozharnoy bezopasnosti: SP 13.13130.2009* [Atom stations. Fire safety requirements: Set of rules 13.13130.2009]. Affirmed 07.09.2009. Moscow: EMERCOM of the Russian Federation, 2009. 24 p.
13. Tokmachev G. Veroyatnostnyy analiz bezopasnosti dlya pozharov na AES Kudankulam v Indii [Probabilistic safety analysis for fires at Kudankulam NPP in India]. *Proc. Intern. Scientific-practical Conf. «Mezhdunarodnoy konferentsii po nadezhnosti, bezopasnosti i risku 2005»*, Mumbai, December 1–3, 2005. Mumbai: 2005. Pp. 375–380. (rus)
14. Gopika Vinod, Saraf R.K., Ghosh A.K., Kushwaha H.S., Sharma P.K. Insights from fire PSA for enhancing NPP safety. *Nuclear Engineering and Design*. 2008. No. 238. Pp. 2359–2368.
15. *Protivopozharnaya zashchita atomnykh stantsiy. Normy proektirovaniya: NPB 114-2002* [Fire protection of nuclear power plants. Design Standards: NPB114-2002]. Affirmed 23.12.2002. Moscow: EMERCOM of the Russian Federation, 2002. 20 p. (rus)
16. *Users Guide for a Personal-Computer-Based Nuclear Power Plant Fire Data Base: NUREG/CR-4586*. Sandia National Laboratories, Albuquerque, 1986.
17. Nowlen P. Nuclear Power Plants: A Unique Challenge to Fire Safety Steven. *Fire Safety Journal*. 1992. No. 19. Pp. 3–18.

УДК 614.841.315

ПУТИ И СПОСОБЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ГОСУДАРСТВЕННОГО ПОЖАРНОГО НАДЗОРА

Миканович А.С.

На основании проведенного анализа действующих нормативных правовых актов предложены основополагающие принципы и перспективные направления развития в области контрольной (надзорной) деятельности по обеспечению пожарной безопасности на период 2018–2040 гг. Предполагается, что их реализация позволит перейти от контроля и надзора к системе управления пожарной безопасностью на государственном уровне.

Ключевые слова: защита от чрезвычайных ситуаций, контрольная (надзорная) деятельность, лицензирование, надзорно-профилактическая деятельность, органы и подразделения по чрезвычайным ситуациям, риск, сертификация, страхование, чек-лист.

(Поступила в редакцию 13 августа 2018 г.)

Введение. Одним из выводов комиссии Организации Объединенных Наций по снижению рисков бедствий в Глобальном аналитическом докладе за 2015 год о мерах по уменьшению опасностей стала констатация факта необходимости перехода общества от парадигмы «предотвращение рисков» к парадигме «управление рисками». Это требует от каждого из государств адаптации механизмов надзорной деятельности к реалиям текущего момента с учетом характерных для региона политических, ментальных и экономических факторов. В связи с этим в течение последних двух лет наблюдаются существенные изменения в подходах к осуществлению надзорной деятельности органов и подразделений по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь.

Основная часть. Основополагающим документом в области надзорной деятельности на территории Республики Беларусь, в т. ч. и для органов и подразделений по чрезвычайным ситуациям (далее – ОПЧС) МЧС Беларуси является Указ Президента Республики Беларусь от 16 октября 2009 г. № 510 «О совершенствовании контрольной (надзорной) деятельности в Республике Беларусь» [1]. Одним из недостатков применения данного Указа явилось существенно возросшее количество проверок со стороны надзорных органов. Увеличение количества проверок привело к увеличению нагрузки на субъекты предпринимательской деятельности, результатом чего стало существенное снижение как предпринимательской активности, так и деловой инициативы внутри страны по ряду объективных причин.

Во-первых, большая часть проверяющих только констатировала факт наличия нарушения. Устранять выявленные нарушения предлагалось субъекту хозяйствования. При этом отсутствовала какая-либо вариантная проработка и возможная экономическая оценка принимаемых субъектом решений из-за отсутствия законодательной и методологической баз по данному направлению.

Во-вторых, в ряде технических нормативных правовых актов, в т. ч. и входящих в систему противопожарного нормирования и стандартизации, содержались порой как взаимоисключающие друг друга, так и завышенные требования по обеспечению безопасности (так называемый «консервативный подход»), которые рассчитывались на наихудший вариант ЧС, например, развития пожара и на проектируемом, и на эксплуатируемом объекте. При этом риск возникновения такого пожара никоим образом не оценивался, в т. ч. и по причине отсутствия методологической базы.

В-третьих, само понятие «риск» по состоянию на момент введения Указа Президента Республики Беларусь от 16 октября 2009 г. № 510 [1] не имеет жестко закрепленного в нормативных правовых актах определения и может рассматриваться как:

- величина ожидаемого ущерба, нанесенного той или иной техногенной или природной чрезвычайной ситуацией;
- вероятность возникновения ЧС или воздействия на людей опасных факторов пожара, установленных ГОСТ 12.1.004 [2];
- произведение вероятности возникновения ЧС или воздействия на людей опасных факторов пожара на величину ожидаемого ущерба.

На сегодняшний день в ГОСТ 12.1.004 [2] закреплена величина допустимого уровня пожарной опасности в расчете на каждого человека в год (индивидуальный риск), равная

10⁻⁶. Однако действующие технические нормативные правовые акты (СТБ 11.05.03 [3] и ТКП 474 [4]) позволяют определить указанную величину только для производственных зданий и наружных технологических установок в случае возникновения аварийных ситуаций, связанных с разгерметизацией и последующим горением или взрывом топливовоздушных смесей горючих газов, легковоспламеняющихся и горючих жидкостей. Нормативно закреплённые методы для других зданий и сооружений (например, объектов с массовым пребыванием людей) отсутствуют, поэтому для них приведенная в [3] методика расчета индивидуального риска может рассматриваться только в качестве общего подхода для проведения соответствующих оценок.

Кроме изложенного выше, специалисты в области пожарной безопасности Республики Беларусь и Российской Федерации отмечают, что кроме технической составляющей в деле предупреждения ЧС в последнее время на первый план начинает выходить психологическая составляющая, ибо очень часто причиной пожара является не внешний фактор (окурки, короткое замыкание электрической проводки и т. п.), а сам человек, который развел костер в запрещенном месте, бросил окурок в мусорный контейнер с легковоспламеняемыми отходами, подключил необходимое ему количество электрических приборов к электросети без учета максимально возможной нагрузки на нее [5].

Можно сказать, что перечисленные факторы являются частью тех предпосылок, на основании которых на сегодняшний день на территории Республики Беларусь проводится реформа в области осуществления надзорной деятельности работниками ОПЧС.

Проведение каких-либо реформ, в т. ч. и обеспечение перехода от парадигмы «предотвращение рисков» к парадигме «управление рисками», невозможно осуществить без разработки законодательной базы в данной области. Фундаментальными документами, на которых базируется процесс реформ в области пожарной безопасности, являются Указ Президента Республики Беларусь от 16 октября 2017 г. № 376 «О мерах по совершенствованию контрольной (надзорной) деятельности» [6] и проект Концепции развития в области защиты от чрезвычайных ситуаций на период 2018–2040 гг.

Основными положениями Указа Президента Республики Беларусь от 16 октября 2017 г. № 376 являются:

- оптимизация форм осуществления государственного надзора и контроля;
- применение мер ответственности к субъектам хозяйствования только в том случае, если выявленные нарушения не устранены, нарушения выявлены повторно либо устранение выявленных нарушений невозможно;
- установление срока моратория на проведение проверок в течение 2 лет;
- определение исчерпывающего перечня субъектов, которые могут назначить внеплановую проверку во время моратория, и причин ее назначения;
- включение в надзорную деятельность таких понятий, как «чек-лист» и «высокая степень риска нарушения законодательства»;
- закрепление положения, что если в течение года необходимо проведение нескольких выборочных проверок различными надзорными органами, они должны быть проведены в форме совместной проверки;
- закрепление положения, что проверка проверяемого субъекта осуществляется за период, не превышающий трех календарных лет, предшествующих году, в котором принято решение о назначении проверки.

Проект Концепции развития в области защиты от чрезвычайных ситуаций на период 2018–2040 гг. по направлению «надзорно-профилактическая деятельность» определяет в качестве базовых следующие направления:

1. Создание и реализация Национальной платформы действий по уменьшению опасности бедствий, формирование комплексной законодательной системы по управлению рисками.

1.1. Развитие стратегических направлений по снижению риска возникновения ЧС.

1.1.1. Реализация приоритетных направлений деятельности по снижению риска ЧС.

1.1.2. Разработка раздела по обеспечению безопасности жизнедеятельности в составе Государственной программы социально-экономического развития Республики Беларусь.

1.1.3. Реализация государственной программы (подпрограммы) в сфере обеспечения безопасности жизнедеятельности.

1.1.4. Развитие законодательства в области безопасности с учетом уровня социально-экономического развития общественных отношений и технологий.

1.1.5. Разработка и внедрение оптимальных форм и методов по предупреждению ЧС и минимизации последствий от них.

1.2. Реализация стратегии повышения роли руководителей в деятельности по обеспечению безопасности.

1.2.1. Реализация комплекса мер по разграничению ответственности (руководителей, должностных лиц, работников и т. д.) за выполнение требований безопасности.

1.2.2. Реализация дифференцированного подхода к определению ответственности за нарушения законодательства в сфере безопасности.

1.2.3. Усиление ответственности руководителя за обеспечение безопасных условий функционирования объектов.

1.3. Внедрение механизмов экономического стимулирования деятельности в области безопасности.

1.3.1. Внедрение механизмов обязательного страхования обеспечения безопасности субъектов хозяйствования.

1.3.2. Внедрение механизмов аудита в области обеспечения безопасности.

1.3.3. Внедрение механизмов государственного стимулирования деятельности по обеспечению безопасности.

1.3.4. Внедрение программных комплексов для формирования оптимальных вариантов по обеспечению безопасного функционирования объектов с учетом их специфики и использованием ВИМ-технологий.

1.4. Формирование комплексной законодательной системы по управлению рисками.

1.4.1. Разработка и внедрение механизмов оценки риска возникновения ЧС.

1.4.2. Внедрение национального механизма оценки ущерба от ЧС природного и техногенного характера.

1.4.3. Внедрение методики определения риска ЧС для зданий различного функционального назначения и конструктивного исполнения с целью выбора оптимальных систем (способов) и вариантов обеспечения их безопасности.

1.4.4. 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.

1.4.5. 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.

2. Формирование и развитие интеллектуального общества, соответствующего принципу перехода от информации о существующих угрозах (опасностях) к знанию о них, внедрение культуры безопасности во все сферы жизнедеятельности.

2.1. Создание развитой системы обучения основам безопасности жизнедеятельности в учреждениях образования.

2.1.1. Формирование у детей дошкольного возраста полноценной системы знаний о безопасности жизнедеятельности.

2.1.2. Формирование у обучающихся в учреждениях общего среднего образования и колледжах устойчивой модели безопасного поведения в различных ЧС.

2.1.3. Формирование у обучающихся в высших учебных заведениях в рамках концепции «Студент будущего» культуры безопасности жизнедеятельности с опорой на глобальное мышление в области защиты от ЧС.

2.1.4. Развитие системы дополнительного образования взрослых с целью повышения личной ответственности в системе «человек – чрезвычайная ситуация».

2.1.5. Создание в рамках концепции «Университет 3.0» на базе Университета гражданской защиты единого центра научно-методического обеспечения в области защиты от ЧС:

реализация практической ориентированности образования на всех уровнях;

создание сети отраслевых лабораторий для формирования научного задела корпоративной науки;

создание центра систематизации информации о безопасности и информирования населения.

2.2. 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.

2.2.1. Совершенствование методологических принципов обучения на основе научного понимания процесса формирования потребности в безопасности у общества.

2.2.2. Внедрение в образовательный процесс инновационных методик и обучающих технологий для формирования у населения моделей безопасного поведения, таких как: технологии дополненной и виртуальной реальности; обучающие комплексы, тренажеры, симуляторы и программное обеспечение; голографические технологии.

2.2.3. Повышение уровня подготовленности населения в области безопасности жизнедеятельности за счет опосредованного воздействия в процессе жизнедеятельности.

2.3. Создание комплексной системы информирования и оповещения населения об опасности и необходимых действиях в местах массового его пребывания.

2.3.1. Совершенствование программных комплексов в сфере безопасности жизнедеятельности (в т.ч. мобильных), внедрение специальной программы (интернет-бот), выполняющей автоматически через интерфейсы передачу человеку команды по реагированию в различных ЧС и принятию правильных решений.

2.3.2. Развитие интеллектуальных сетей по информированию населения о ЧС.

2.3.3. Сокращение сроков гарантированного оповещения о ЧС.

2.3.4. Техническая реализация глобального информационного воздействия с целью скорейшей реабилитации пострадавшего населения.

2.3.5. Техническая реализация глобального мониторинга обстановки в местах массового пребывания людей путем профилактического наблюдения.

В Республике Беларусь с учетом направлений, определенных в Указе Президента Республики Беларусь от 16 октября 2017 г. № 376 и проекте Концепции развития в области защиты от чрезвычайных ситуаций на период 2018–2040 гг. проходит постепенный процесс реорганизации надзорной деятельности, в котором можно выделить три базовых принципа:

1. Усиление роли пропаганды безопасности жизнедеятельности.

2. Усиление ответственности руководителей за обеспечение пожарной безопасности субъектов хозяйствования, органов власти.

3. Усиление экономических механизмов, позволяющих осуществлять регулирование в области обеспечения пожарной безопасности.

При реализации **первого принципа** предполагается осуществить подготовку всего населения к деятельности в условиях возможных ЧС, без чего управление рисками неэффективно. Для этого выстроена многоступенчатая система. Вначале обучение проводится в рамках реализации образовательных программ: в курс средней общеобразовательной школы внесен для обязательного изучения предмет «Основы безопасности жизнедеятельности», в профессионально-технические, средние специальные и высшие учебные заведения – «Защита населения и территорий от чрезвычайных ситуаций». Проводится работа по расширению сети образовательных центров пожарной безопасности. Сейчас в Беларуси такие центры в трех городах – Гомеле, Лиде, Витебске, в планах создать их во всех областях. Стали регулярными республиканские конкурсы «Школа безопасности», «Студенты. Безопасность. Будущее», различные пропагандистские акции, в том числе 8 акций республиканского масштаба [7], нацеленные на максимально возможный охват населения. Достаточно интенсивно к этому процессу подключились и средства массовой информации.

Усиление ответственности руководителей органов местной исполнительно-распорядительной власти и субъектов хозяйствования за обеспечение пожарной безопасности – **второй принцип**, тесно связанный с проводимыми в Беларуси мероприятиями по либерализации экономики. Введение моратория на осуществление контрольно-надзорной деятельности в области пожарной безопасности на основании Указа Президента Республики Беларусь от 16 октября 2017 г. № 376 позволило снизить излишнее давление на экономику страны. За последние 10 лет в Республике Беларусь число пожаров сократилось на 44,11 % (с 9498 пожаров в 2007 г. до 5309 – в 2017 г.), погибших от них людей – на 54,8 % (с 1084 до 490).

С целью унификации противопожарных требований, оптимизации затрат на противопожарную защиту с момента образования системы противопожарного нормирования и стандартизации в Республике Беларусь было разработано 353 технических нормативных правовых акта (далее – ТНПА), из них: 114 – нормы пожарной безопасности, 43 – правила

пожарной безопасности, 165 – государственные стандарты Республики Беларусь, из которых 74 гармонизировано с требованиями стандартов Евразийского экономического союза 25 – технические кодексы установившейся практики, 6 – строительные нормы Беларуси.

В рамках исполнения поручения Президента Республики Беларусь по оптимизации требований нормативных актов и технических нормативных актов и приказа Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь от 16 февраля 2017 г. № 62 «Об организации работ по оптимизации требований нормативных правовых и технических нормативных правовых актов» в 2017 году кардинально пересмотрены 127 действующих ТНПА. В результате проведена оптимизация требований в области пожарной безопасности, изложенных в действующих технических нормативных правовых актах, в том числе их разделение на обязательные и рекомендуемые. В результате подготовлены предложения Министерству архитектуры и строительства по исключению необоснованно завышенных либо некорректных требований.

В деятельность МЧС Беларуси с 2013 г. внедрена практика применения карт-опросников, так называемых чек-листов, являющихся перспективным направлением в проведении контрольно-надзорной деятельности. В Беларуси чек-листы позволяют осуществлять проверку 98,1 % субъектов хозяйствования, оценить состояние их пожарной безопасности. Для определения необходимости включения субъекта хозяйствования в перечень выборочных проверок разработана и внедрена Инструкция о порядке оценки степени риска для отбора проверяемых субъектов при проведении выборочной проверки в сферах государственного пожарного надзора, надзора за соблюдением законодательства при осуществлении деятельности по обеспечению пожарной безопасности, государственного контроля (надзора) за соблюдением требований технических регламентов Таможенного союза, Евразийского экономического союза в области пожарной безопасности, утвержденная приказом МЧС Беларуси от 19 февраля 2018 г. № 65 «О критериях оценки степени риска».

Функционирует система обучения руководителей и работников республиканских органов государственного управления, местных исполнительных и распорядительных органов, руководителей предприятий и учреждений, которая проводится в рамках программ повышения квалификации.

Усиление экономических механизмов регулирования, *третий принцип*, является одним из наиболее перспективных направлений. Для снижения надзорной нагрузки на субъекты средней и низкой группы риска проводится работа по внедрению противопожарного страхования. На сегодняшний день в мире применяются пять механизмов экономического стимулирования обеспечения пожарной безопасности:

1. **Платежи за повышенную пожарную опасность объекта.** Ставки платежей должны превышать затраты на приведение объекта в пожаробезопасное состояние.
2. **Платежи государственной противопожарной службе.** Применяются единые или индивидуальные тарифы в зависимости от пожарной опасности объекта.
3. **Налоги в ценах на пожароопасную продукцию** (мягкая мебель, сигареты и т. д.).
4. **Субсидии.** Широко развиты в экологической безопасности. Представляют собой государственную поддержку при внедрении пожаробезопасных технологий.
5. **Противопожарное страхование** – самый распространенный механизм побуждения заинтересованности в обеспечении пожарной безопасности.

Предполагается создать условия, при которых владелец субъекта будет вынужден страховать риски в страховой компании, устанавливающей соответствующие тарифы в зависимости от величины риска возникновения пожара. Для этого в Республике Беларусь Министерством финансов совместно с МЧС подготовлен проект Указа Президента Республики Беларусь «О внесении изменений и дополнений в указы Президента Республики Беларусь по вопросам страховой деятельности», предусматривающий расширение перечня событий, являющихся страховым случаем, и дифференцирование размеров страховых взносов в зависимости от состояния пожарной безопасности объектов.

Осуществляется переход от лицензирования к сертификации организаций и отдельных специалистов.

Лицензирование в Республике Беларусь, в том числе и в области пожарной безопасности, осуществляется в соответствии с Указом Президента Республики Беларусь от 1 сентября 2017 г. № 450 «О лицензировании отдельных видов деятельности» [8]. В соответствии с данным Указом в области пожарной безопасности лицензирование осуществляется по пяти направлениям:

1) проектирование, монтаж, наладка, техническое обслуживание систем автоматической пожарной сигнализации, систем автоматического пожаротушения, систем противодымной защиты, систем оповещения о пожаре и управления эвакуацией (либо выборка из перечня работ и систем);

2) создание и функционирование подразделений, осуществляющих тушение пожаров;

3) капитальный ремонт (перезарядка) огнетушителей, торговля средствами противопожарной защиты по перечню, утвержденному МЧС Беларуси (либо выборка из указанного перечня работ);

4) выполнение работ с применением огнезащитных составов;

5) экспертная деятельность по разработке паспортов пожарной безопасности, выполнение расчетов по обеспечению (оценке) пожарной безопасности (либо выборка из указанного перечня работ).

В настоящее время лицензирование деятельности в области пожарной безопасности теряет по ряду позиций свою актуальность. Это обусловлено тем, что наличие лицензии у организации не является гарантией качества выполненных работ, а говорит лишь о готовности субъекта хозяйствования к их выполнению. Фактически лицензирование – это лишь допуск на рынок оказания услуг. В настоящее время актуальным является лицензирование 3 видов работ: проектирование, монтаж и техническое обслуживание установок пожарной автоматики. Связано это с тем, что на сегодняшний день рынок составных компонентов систем пожарной сигнализации, противодымной защиты зданий, оповещения людей о пожаре и управления эвакуацией, установок пожаротушения представлен значительным количеством фирм-поставщиков, имеющих свои неунифицированные методики расчета и методики проверки поставляемых систем. В этой связи достаточно сложно подготовить универсального специалиста как для проектной или эксплуатирующей организации, так и для надзорных органов.

В такой ситуации лидирующие позиции занимает такое направление деятельности, как сертификация, позволяющая осуществлять контроль качества оказанных услуг, устанавливать требования к специалистам и организациям, оказывающим услуги в области обеспечения пожарной безопасности. Основная проблема такого перехода – отсутствие на территории постсоветского пространства стандартов, позволяющих осуществлять контроль качества услуг и проводить сертификацию специалистов и организаций. Данная проблема является актуальной и в рамках формирования странами ЕврАзЭС единого рынка трудовых ресурсов, подразумевающего их миграцию. Следовательно, перспективным направлением является разработка соответствующих межгосударственных стандартов.

Внедрение в Республике Беларусь в практику проектирования 709 ТНПА стран Евросоюза, часть из которых содержит расчетные методы, позволяет перейти к вариантному проектированию в области обеспечения пожарной безопасности. При этом применение расчетных методов становится обязательным условием развития «гибкого» проектирования. В этой связи наибольший интерес представляют методики, основанные на вероятностных методах, позволяющие полноценно перейти к риск-ориентированным подходам.

Заключение. На основании проведенного анализа действующих нормативных правовых актов и проекта Концепции развития в области защиты от чрезвычайных ситуаций на период 2018–2040 гг.:

– определен ряд проблемных моментов в осуществлении контрольной (надзорной) деятельности по обеспечению пожарной безопасности субъектов хозяйствования;

– выделены базовые принципы процесса реорганизации надзорной деятельности МЧС Беларуси;

– рассмотрены возможные и уже применяемые подходы при реализации каждого из выделенных принципов, частично определены возможные проблемные моменты и перспективные пути развития.

Предполагается, что реализация указанных принципов и направлений позволит перейти в рамках государства от контроля и надзора к системе управления пожарной безопасностью, что в полной мере согласуется с общемировыми тенденциями.

ЛИТЕРАТУРА

1. О совершенствовании контрольной (надзорной) деятельности в Республике Беларусь [Электронный ресурс]: Указ Президента Респ. Беларусь, 16 окт. 2009 г., № 510 // ЭТАЛОН. Законодательство Республики Беларусь / Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. – Минск, 2018.

2. Система стандартов безопасности труда. Пожарная безопасность. Общие требования [Электронный ресурс]: ГОСТ 12.1.004-91 // Полнотекстовая информационно-поисковая система «СтройДОКУМЕНТ». – Минск: НПП РУП «Стройтехнорм», 2007. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM).
3. Пожарная безопасность технологических процессов. Методы оценки и анализа пожарной опасности. Общие требования: СТБ 11.05.03-2010. – Взамен: СТБ П 11.05.03-2006; введ. 01.01.2011. – Минск: Госстандарт, 2010. – 74 с. – (Система стандартов пожарной безопасности).
4. Категорирование помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности: ТКП 474-2013. – Введ. 15.04.13. – Минск: М-во по чрезв. ситуациям Респ. Беларусь, 2013. – 51 с.
5. Причина пожаров, теория разбитых окон и развитие пожарного дела [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://fireevacuationplan.ru/putnews.php?id=142>. – Дата доступа: 13.08.2018.
6. О мерах по совершенствованию контрольной (надзорной) деятельности [Электронный ресурс]: Указ Президента Респ. Беларусь, 16 окт. 2017 г., № 376 // ЭТАЛОН. Законодательство Республики Беларусь / Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. – Минск, 2018.
7. Сборник методических материалов по проведению пропагандистских акций [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://mchs.gov.by/upload/iblock/4f8/4f8c08651eca16bb4f64a09728da134_e.pdf. – Дата доступа: 13.08.2018.
8. О лицензировании отдельных видов деятельности [Электронный ресурс]: Указ Президента Респ. Беларусь, 1 сент. 2010 г., № 450 // ЭТАЛОН. Законодательство Республики Беларусь / Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. – Минск, 2018.

WAYS AND MEANS OF IMPROVING THE IMPLEMENTATION OF THE STATE FIRE SUPERVISION

Andrei Mikanovich, PhD in Technical Science, Associate Professor

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

Purpose. The article is devoted to perspective directions of fire supervision activity for business entities.

Methods. The analysis of the existing legal acts in view of the perspective directions of development for the next 22 years.

Findings. Three perspective principles for the reorganization of supervision activities in the field of fire safety were considered.

Application field of research. The results obtained in this article can be used to compile short-term and medium-term plans for the development of state fire supervision in the Republic of Belarus.

Conclusions. Based on the analysis of existing normative legal acts, perspective principles and directions of development in the field of control (supervisory) activities to ensure fire safety for the period 2018-2040 are proposed. It is assumed that the implementation of these principles and directions will allow to move within the state from control and supervision to the fire safety management system.

Keywords: protection from emergencies, control (supervisory) activity, licensing, supervisory and preventive activities, bodies and units for emergency situations, risk, certification, insurance, check-list.

(The date of submitting: August 13, 2018)

REFERENCES

1. *On improving supervisory (supervisory) activities in the Republic of Belarus: Decree of the President of the Republic of Belarus, October 16, 2009, No. 510.* National Center of Legal Information of the Republic of Belarus. Minsk, 2018. (rus)
2. *Occupational safety standards system. Fire safety. General requirements. Interstate Standard 12.1.004-91.* The full-text information retrieval system «StroyDOKUMENT». Minsk, NPP RUP «Stroytechnorm», 2007. 1 electronic optical disc (CD-ROM). (rus)
3. *Fire safety of technological processes. Methods of assessment and analysis of fire hazard. General requirements: The state standard of the Republic of Belarus 11.05.03-2010.* Minsk: Gosstandart, 2010. 74 p. (Fire Safety Standards System). (rus)
4. *Categorization of premises, buildings and external installations for fire and fire hazard: Technical Code of good practice 474-2013:* approved by the MES of the Republic of Belarus 29.01.2013. Minsk: MES of the Republic of Belarus, 2013. 51 p. (rus)
5. *Prichina požarov, teorija razbityh okon i razvitie požarnogo dela,* available at: <http://fireevacuationplan.ru/putnews.php?id=142> (accessed: August 13, 2018). (rus)
6. *On Measures to Improve Control (Supervisory) Activities: Decree of the President of the Republic of Belarus, 16 October 2017, No. 376.* National Center of Legal Information of the Republic of Belarus. Minsk, 2018. (rus)
7. *Sbornik metodicheskikh materialov po provedeniyu propagandistskikh aktsiy,* available at: <https://mchs.gov.by/upload/iblock/4f8/4f8c08651eca16bb4f64a09728da134e.pdf> (accessed: August 13, 2018). (rus)
8. *On licensing of certain types of activities: Decree of the President of the Republic of Belarus, September 1, 2010, No. 450.* National Center of Legal Information of the Republic of Belarus. Minsk, 2018. (rus)

УДК 351.86:614.8(476)

РАЗРАБОТКА НАЦИОНАЛЬНОЙ СТРАТЕГИИ ПО СНИЖЕНИЮ РИСКА ВОЗНИКНОВЕНИЯ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ НА 2019–2030 ГОДЫ

Ласуга Г.Ф., Пастухов С.М., Арестович Д.Н., Цыганков Е.М.

Приведены предпосылки и основания для разработки Национальной стратегии снижения риска возникновения чрезвычайных ситуаций в Республике Беларусь на 2019–2030 годы (далее – Стратегия). На основании анализа мирового опыта сформирована ее структура с учетом специфических особенностей страны. При разработке указанного документа особое внимание акцентировано на принципах снижения риска возникновения чрезвычайных ситуаций для подтверждения приверженности и достижения Республикой Беларусь целей в области устойчивого развития.

Ключевые слова: риск, стратегия снижения риска, Сендайская рамочная программа по снижению риска бедствий, цели устойчивого развития, Национальная платформа

(Поступила в редакцию 11 июля 2018 г.)

Предпосылки разработки Стратегии. В последние десятилетия под влиянием крупных техногенных аварий и катастроф в современном обществе пришло осознание важности решения проблемы предотвращения чрезвычайных ситуаций (ЧС) для создания безопасных условий жизнедеятельности человечества и сохранения окружающей природной среды. Важность этой проблемы учитывается и в решении 42-й сессии Генеральной Ассамблеи ООН.

Анализ многочисленных данных об авариях и катастрофах подтверждает, что существование человеческой цивилизации на современном этапе невозможно без принятия неотлагательных и адекватных мер по предотвращению бедствий и катастроф, по уменьшению их последствий, а следовательно, и минимизации причиняемого ими ущерба. Этот принцип упреждения был провозглашен на конференции ООН по окружающей среде и устойчивому развитию (Рио-де-Жанейро, 1992 г.) и нашел свое отражение в концепции устойчивого развития [1].

Для Республики Беларусь проблема предотвращения возникновения ЧС и минимизации их последствий имеет особую значимость. Необходимость дальнейшего совершенствования системного подхода, обеспечивающего участие всех заинтересованных органов и организаций, к решению указанной проблемы обусловлена прежде всего достаточно большим количеством экстенсивных ЧС, а также увеличением ущерба от редких по повторяемости аварий. Ярким примером таких событий явилось прохождение в период с 11 по 17 июня 2016 г. грозового фронта с порывами ветра до 31 м/с, в результате которых были обесточены более 5000 населенных пунктов, повреждено 650 сельскохозяйственных зданий и построек, зафиксировано около 10 тыс. случаев падения деревьев [2].

Таким образом, на сегодняшний день актуальность разработки и внедрения Стратегии обусловлена следующими составляющими:

1. Принятие на Третьей Всемирной конференции по снижению риска бедствий (14–18 марта 2015 г., г. Сендай, Япония) правительствами 187 стран Сендайской рамочной программы по снижению риска бедствий на 2015–2030 гг., определяющей цели и приоритеты деятельности и призванной укрепить потенциал противодействия бедствиям на уровне государств в течение следующих 15 лет [3].

2. Принятие Республикой Беларусь обязательств по выполнению глобальных целевых задач Сендайской рамочной программы, предполагающей значительное увеличение к 2020 г. числа стран, принявших национальные и местные стратегии снижения риска бедствий (резолюция Генеральной Ассамблеи ООН от 1 декабря 2016 г.).

3. Принятие на прошедшем в сентябре 2015 г. саммите ООН резолюции Генеральной Ассамблеи № 70/1 «Преобразование нашего мира: повестка дня в области устойчивого развития на период до 2030 г.» (далее – Повестка-2030). Составной частью Повестки-2030 явились 17 Целей устойчивого развития (далее – ЦУР), обеспечивающих преемственность целей в области развития, сформулированных в Декларации тысячелетия, и 169 подчиненных им задач, которые необходимо решить к 2030 г. [4].

Республика Беларусь уже предприняла ряд важных шагов для реализации Повестки-2030 на национальном уровне. В целях формирования четкого механизма данной реализа-

ции и осуществления общей координации деятельности по достижению страной ЦУР Президентом Республики Беларусь принято решение о назначении Национального координатора, под руководством которого сформирован Совет по устойчивому развитию (Указ Президента Республики Беларусь от 25 мая 2017 г. № 181 «О Национальном координаторе по достижению Целей устойчивого развития»). Указом предусмотрена возможность привлечения к работе Совета представителей деловых кругов, общественных объединений и международных организаций [5].

Кроме того, задача по разработке Стратегии закреплена в Комплексе мер по реализации поручений Главы государства, профилактике выявленных нарушений на основе анализа работы по контролю (надзору) за пожарной, промышленной, ядерной и радиационной безопасностью, защитой населения и территорий от чрезвычайных ситуаций на 2018 г. и решении коллегии МЧС от 2 февраля 2018 г.

Структура Стратегии. Реализация Стратегии будет осуществляться по пяти основным направлениям:

1. Переход от борьбы с бедствиями к управлению рисками. Указанное направление подразумевает собой переход от перманентного понимания существующей опасности (т. е. переход от концепции «нулевого риска» – как невозможности абсолютного исключения опасности с точки зрения экономической и технической эффективности) к знанию ее природы (первоисточников), накоплению информации о ней и осуществлению прогнозирования возникновения (концепции «допустимого риска» – как возможности жизни в условиях обоснованного и допустимого воздействия источников ЧС).

2. Усиление роли внутренних факторов в управлении рисками. В настоящее время представляется важным направить усилия по снижению риска бедствий не столько на международном и региональном уровне, сколько на местном, предполагая соответствующие мероприятия в прогнозных программах и планах (программах) развития районов. Данное направление подчеркивает, что зачастую внутренние факторы (результаты человеческой деятельности) оказывают большее влияние на возникновение и развитие чрезвычайных ситуаций, нежели внешние источники опасности.

3. Усиление роли экстенсивных территориальных рисков (риски незначительных, но часто повторяющихся событий). Как отмечено в Глобальном аналитическом докладе по уменьшению опасности бедствий (GAR 2015), экстенсивные риски являются основной причиной смертности и перемещения населения в результате бедствий, а также постоянного разрушения основных фондов: жилые дома, школы, объекты здравоохранения, дороги, местная инфраструктура. На государственном уровне основной координирующей организацией с указанной категорией рисков бороться достаточно сложно ввиду их раздробленности и масштабности, поэтому основная роль в прогнозировании и управлении экстенсивными рисками должна отводиться профильным организациям, функционирующим на локальном и местном уровнях управления [6].

4. Определение роли экспертных (профильных) секторов, которые на национальном уровне будут обеспечивать реагирование на чрезвычайные ситуации. При постановке задачи устойчивого развития общества профильная координирующая структура не в состоянии в одиночку рассматривать весь комплекс факторов, влияющих на ЧС (экономические, экологические, социальные и др.). Под указанным направлением понимается объединение в некую экспертную группу специалистов, обладающих системностью мышления в широких сферах жизнедеятельности и способных осуществлять стратегическое планирование мероприятий по снижению рисков. Кроме того, указанное направление подразумевает под собой децентрализацию полномочий органов власти и вовлечение других министерств и ведомств в управление рисками бедствий во всех районах, независимо от уровня доходов, с признанием ответственности за принятие мер по уменьшению опасностей. Процесс снижения риска не может быть монополией одного учреждения, это требует комплексного подхода, включая мобилизацию ресурсов, а также привлечение политических, технических, научных учреждений страны.

5. Переход от информации о существующих угрозах к знанию о них. В качестве частного решения по указанному направлению предполагается разработка программ обучения максимально широкого спектра населения вопросам безопасности жизнедеятельности. Итогом решения видится формирование культуры безопасности, в которой не знание о чрезвычайных ситуациях, а потребность в безопасности будет являться первостепенной задачей.

Стратегия включает в себя:

Раздел 1. Цель и задачи.

Раздел 2. Национальная платформа по снижению риска возникновения ЧС.

Раздел 3. Угрозы возникновения ЧС на современном этапе.

Раздел 4. Принципы сокращения риска возникновения ЧС.

Раздел 5. Мероприятия по снижению риска возникновения ЧС.

Раздел 6. Ожидаемые результаты реализации Стратегии.

С целью эффективного взаимодействия между заинтересованными органами государственного управления и организациями МЧС по чрезвычайным ситуациям разработан план, определяющий сроки реализации мероприятий с учетом принципа равноправия всех заинтересованных сторон.

Раздел 1. Цель и задачи. В соответствии со структурой Стратегии определены ее цель и задачи:

Целью является создание условий для устойчивого развития страны путем повышения безопасности граждан и общества, защиты территории.

Задачи:

- уточнение и регулирование функций, роли, обязанностей и полномочий государственных органов и организаций, задействованных в сфере снижения риска возникновения ЧС;
- разработка новых механизмов управления и взаимодействия, направленных на снижение риска возникновения ЧС (организационных, информационных, технических, технологических, материальных, финансовых и др.);
- развитие культуры безопасности на регулярной основе и обеспечение непрерывного обучения всех групп населения;
- обеспечение реализации положений нормативно-правовых актов в части снижения риска бедствий в программах развития страны как приоритетное направление оценки полноты выполнения этих программ;
- развитие мониторинга, прогнозирования и системы раннего обнаружения для выявления, оценки и контроля риска возникновения ЧС.

Раздел 2. Национальная платформа по снижению риска возникновения ЧС. В разрабатываемой Стратегии закреплена Национальная платформа снижения риска возникновения чрезвычайных ситуаций Республики Беларусь (далее – Платформа), представляющая собой совокупность национальных механизмов координации и стратегического управления в сфере снижения риска возникновения ЧС, которые носят межотраслевой и междисциплинарный характер и предполагают участие всех заинтересованных сторон, включая государственные структуры, частный сектор и гражданское общество.

Ядром Национальной платформы является МЧС, имеющее обратную связь с советом по устойчивому развитию. Посредством МЧС осуществляется обратная связь между Советом по устойчивому развитию и иными субъектами Платформы.

Кроме МЧС в состав Платформы включены государственные органы и организации, на которые в соответствии с Указом Президента Республики Беларусь от 25 мая 2017 г. № 181 «О Национальном координаторе по достижению Целей устойчивого развития» возложена ответственность за реализацию ЦУР. Большинство из них также формируют Государственную систему предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций (далее – ГСЧС), деятельность которой определена Постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 10 апреля 2001 г. № 495 «О Государственной системе предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций». Именно на ГСЧС возложены функции, связанные с управлением деятельностью Платформы. Общая координация выполнения мероприятий государственных органов и иных организаций по реализации резолюции Генеральной Ассамблеи ООН от 25 сентября 2015 г. № 70/1 «Преобразование нашего мира: Повестка дня в области устойчивого развития на период до 2030 г.» осуществляется Национальным координатором по достижению ЦУР [6].

Вся Платформа опирается на ГСЧС, которая функционирует по административно-территориальному отраслевому и производственному принципам. Каждый уровень Платформы состоит из: координирующих органов, органов управления по чрезвычайным ситуациям, сил и средств, информационно-управляющей системы и резервов материальных ресурсов. Задачи и функции органов Платформы возложены на аналогичные органы ГСЧС.

Структура Платформы позволяет организовывать взаимодействие координирующих органов и органов повседневного управления, сил и средств МЧС и других субъектов, за-

действовавших в процессе снижения риска возникновения ЧС, посредством информационно-управляющей системы.

Как правило, мероприятия, которые будут реализовываться посредством Платформы, характерны для следующих режимов ее функционирования:

– повседневный режим (в данном режиме функционирования решающая роль в снижении рисков ЧС отводится не силам аварийно-спасательных служб, а образовательной и научной составляющим, страхованию и иным функциям субъектов, направленным на предупреждение возникновения ЧС и снижение ущерба в случае их возникновения);

– режим повышенной готовности (определяет порядок функционирования при ухудшении производственно-промышленной, радиационной, химической, биологической (бактериологической), сейсмической и гидрометеорологической обстановки, получении прогноза о возможности возникновения ЧС, возникновении и во время ликвидации ЧС).

Функционирование Платформы в указанных режимах связано с тем, что в подавляющем большинстве реализуемые мероприятия будут носить превентивный характер по направлениям снижения рисков ЧС (первое направление – предупреждение, снижение вероятности возникновения ЧС; второе – уменьшение последствий ЧС).

Раздел 3. Угрозы возникновения ЧС на современном этапе. На первоначальном этапе разработки Стратегии необходимо провести детальный анализ опасностей, с которыми сталкивается общество.

Несмотря на наметившуюся в последние годы в стране тенденцию к снижению числа пожаров и гибели людей от них, актуальным направлением является разработка превентивных мероприятий, направленных на воздействие самосознания не только руководителей объектов, но и каждого гражданина страны.

Наряду с пожарами значительный отрицательный вклад в социально-экономическое развитие государства вносят аварии и инциденты, как правило, техногенного характера, с гораздо меньшей повторяемостью, но с большим ущербом от них (взрывы; транспортные аварии (катастрофы); внезапные разрушения сооружений; аварии с выбросом аварийных химически опасных веществ).

ЧС природного характера в Республике Беларусь характеризуются прежде всего значительным материальным ущербом и количеством травмированных (заболевших). Ущерб, причиняемый стихиями, зачастую на порядок выше затрат, связанных с ликвидацией техногенных ЧС. Так, по данным Научно-исследовательского института пожарной безопасности и проблем чрезвычайных ситуаций МЧС Республики Беларусь только в 2016 году в среднем одна ЧС природного характера обошлась государству в 41 787,3 тыс. долларов США (ЧС техногенного характера дешевле более чем в 1000 раз). Общий экономический ущерб, причиненный ЧС природного характера за 2008–2017 гг., составил 439 865,7 тыс. долларов США. В соответствии с классификацией чаще других за анализируемый период времени на территории Республики Беларусь регистрировались следующие виды ЧС: метеорологические – 52 раза (49,5 % от количества ЧС природного характера), эпизоотии – 17 раз (16,2 %) и инфекционные заболевания людей и эпидемии – 15 раз (14,3 %), крупные лесные пожары – 9 раз (8,6 %). Травмированы и заболели 310 человек: 223 (71 %) – в результате распространения инфекционных заболеваний и эпидемий, 55 (17,5 %) – в результате метеорологических ЧС, 32 (10,2 %) – в результате отравлений и токсических поражений [2].

Раздел 4. Принципы сокращения риска возникновения чрезвычайных ситуаций. Результатом изучения и анализа цели и задач Стратегии, а также роли, задач и функций субъектов Платформы является формулирование основных принципов снижения риска возникновения ЧС:

• **равноправное участие всех заинтересованных сторон в разработке и реализации Стратегии.** Эффективная борьба с риском возникновения ЧС возможна лишь при изучении всех аспектов влияния рассматриваемого деструктивного события на ту или иную сферу жизнедеятельности государства, взглядов всех участников на способы снижения риска возникновения ЧС. Неприемлемо решать задачи по снижению риска возникновения ЧС одного субъекта Платформы, уменьшая эффективность функциональных подсистем другого;

• **преemptивность Стратегии.** Взаимодействие между территориально-административными подсистемами Платформы позволит вносить корректировки, совершенствовать мероприятия по снижению риска возникновения ЧС в процессе реализации Стратегии, сохранив основополагающие аспекты данного направления деятельности;

- **применение комплексного и интегрированного подходов.** Разработка мероприятий по снижению риска возникновения той или иной чрезвычайной ситуации несколькими участниками реализации Стратегии либо одним и тем же участником на всех уровнях административно-территориальных подсистем подразумевает горизонтальный и вертикальный уровни взаимодействия. Комплексность предполагает создание упорядоченной полисистемы с устойчивыми связями между подсистемами, функционирующей и развивающейся с возрастающей в интересах снижения риска возникновения ЧС;

- **внедрение современных и высоких технологий.** В условиях современного динамично развивающегося общества и инфраструктуры государства качественно решать задачи в сфере снижения риска возникновения ЧС возможно, только идя в ногу со временем, а иногда и опережая его. Реализация данного принципа – необходимое условие успешного решения задач в области снижения риска возникновения ЧС;

- **стратегия должна быть чувствительна к социально уязвимым группам.** Вероятность возникновения деструктивного события и тяжесть его последствий у граждан социально незащищенных групп априори выше, нежели у других граждан, таким образом эффективнее с точки зрения снижения риска возникновения ЧС рассматривать приоритетность деятельности именно в этом направлении;

- **приоритетность жизни и здоровья человека.** В соответствии с Конституцией Республики Беларусь человек является высшей ценностью общества и государства, сохранение жизни и здоровья человека – первоочередная задача при выполнении работ по предупреждению и ликвидации ЧС;

- **постоянный мониторинг и оценка.** Своевременная корректировка мероприятий по снижению риска возникновения ЧС невозможна без постоянного мониторинга и оценки их эффективности;

- **децентрализация системы.** Принцип смещения эпицентра ответственности за успешность реализации мероприятий, направленных на снижение риска возникновения ЧС, позволит усилить сознательность всех участников этого процесса, повысить инициативность и заинтересованность в успешности разрабатываемых и реализуемых решений.

Раздел 5. Мероприятия по снижению риска возникновения ЧС. В настоящее время ведется разработка мероприятий, направленных на снижение риска возникновения ЧС. Разработка Стратегии реализуется в соответствии с организационно-методическими указаниями по подготовке органов управления и сил ГСЧС на 2018 г. Поскольку основу Платформы составляют государственные органы, входящие в состав ГСЧС, данные организационно-методические указания активизируют их работу, направленную на снижение риска возникновения ЧС. В соответствии с Планом все заинтересованные в процессе снижения риска возникновения ЧС стороны в соответствии с определенными функциональными подсистемами разрабатывают комплекс мер с их разделением на два периода: 1-й – 2019–2024 гг.; 2-й – 2025–2030 гг.

Разработка мероприятий предусмотрена по трем уровням:

республиканский (разработка, корректировка государственных актов, проектов, международных программ в области снижения рисков возникновения чрезвычайных ситуаций, участие в глобальных программах снижения рисков чрезвычайных ситуаций);

территориальный (реализация разработанных нормативных требований, проектов в области снижения риска возникновения чрезвычайных ситуаций, разработка корректирующих мероприятий);

местный (практическая отработка мероприятий, направленных на снижение риска возникновения чрезвычайных ситуаций).

Разрабатываемые мероприятия должны отражать цель, задачи, способ реализации и ожидаемые результаты от их внедрения.

Раздел 6. Ожидаемые результаты. Разработка и реализация Стратегии будет напрямую способствовать достижению следующих ЦУР:

«11. Обеспечение открытости, безопасности, жизнестойкости и устойчивости городов и населенных пунктов». Приоритетным направлением реализации мероприятий по снижению риска возникновения ЧС выступают урбанизированные территории, населенные пункты всех видов. Снижение количества ЧС, уменьшение тяжести их последствий являются одной из основ безопасности, жизнестойкости и устойчивости городов и населенных пунктов. Внедрение Стратегии будет способствовать их привлечению к участию в Глобальной кампании ООН по повышению устойчивости к бедствиям;

«13. Принятие срочных мер по борьбе с изменением климата и его последствиями». Реализация Стратегии позволит более эффективно противостоять ЧС природного характера, отличительной чертой которых является увеличение с каждым годом их масштаба и степени тяжести последствий;

«15. Защита, восстановление экосистем суши и содействие их рациональному использованию, рациональное управление лесами, борьба с опустыниванием, прекращение и обращение вспять процесса деградации земель и прекращение процесса утраты биологического разнообразия». Снижение вероятности возникновения пожаров в экосистемах, смягчение их последствий обеспечит снижение нагрузки на атмосферу и гидросферу (изменение среднегодовых гидротермических и биохимических показателей воды и плотных стоков и гидрологических режимов русел водных потоков), будет способствовать сохранению микроклимата и микроагрегации почвы, биоразнообразия флоры и фауны.

Реализация мероприятий Стратегии будет также оказывать положительное влияние на выполнение других ЦУР:

«2. Ликвидация голода, обеспечение продовольственной безопасности и улучшения питания и содействие устойчивому развитию сельского хозяйства». Снижение риска возникновения эпизоотий, эпифитотий, уменьшение последствий возникновения таких ЧС являются залогом устойчивого развития сельского хозяйства государства, его продовольственной безопасности. Вспышка африканской чумы у свиней в Беларуси в 2013 г. подтвердила экономическую зависимость государства от отсутствия эффективных инструментов борьбы с этим деструктивным явлением.

«3. Обеспечение здорового образа жизни и содействие благополучию для всех в любом возрасте». Развернутая в рамках Стратегии широкомасштабная кампания по предупреждению возникновения пожаров и гибели на них по причине неосторожного обращения с огнем внесет значительный вклад в государственную программу по борьбе с курением, злоупотреблением спиртными напитками;

«5. Обеспечение гендерного равенства и расширение прав и возможностей всех женщин и девочек». Социальная политика Республики Беларусь позволяет всем гражданам принимать непосредственное участие в обеспечении снижения рисков возникновения ЧС вплоть до процессов ликвидации ЧС и их последствий независимо от половой принадлежности (реализовать женщинам свой потенциал в профессиональной деятельности, связанной с риском для жизни);

«8. Содействие неуклонному, всеохватному и устойчивому экономическому росту, полной и производительной занятости и достойной работе для всех». Снижение вероятности возникновения ЧС, уменьшение их последствий будет способствовать устойчивому развитию государства и, как неотъемлемой составляющей такого развития, устойчивому экономическому росту.

Основными результатами внедрения Стратегии станут:

- снижение риска возникновения ЧС;
- создание гибкой и развивающейся системы по снижению риска возникновения ЧС путем постоянного увеличения количества участников данного процесса;
- интегрирование вопросов уменьшения опасности бедствий в программы и стратегии развития страны;
- повышение взаимодействия и регулирования функций всех участников Платформы;
- систематизация и обоснование (технико-экономические) процесса предупреждения ЧС и смягчения их последствий, а также предотвращение неэффективного использования ресурсов;
- формирование и развитие интеллектуального общества, соответствующего принципу перехода от информации о существующих угрозах (опасностях) к знанию о них, внедрение культуры безопасности жизнедеятельности во всех слоях общества.

Выводы. Таким образом, разработка Стратегии позволит обеспечить и вовлечь в дело предупреждения ЧС всех заинтересованных участников, а также в дальнейшем обеспечить создание гибкой системы противостояния угрозам ЧС с децентрализацией ответственности сторон. Поскольку цели и задачи носят комплексный и неделимый характер, соответственно реализация Стратегии будет напрямую способствовать достижению трех основных ЦУР, а выполнения остальных будет обеспечено путем внедрения разрабатываемых мероприятий во все компоненты устойчивого развития: экономический, социальный и экологический. Одновременно с ЦУР реализация Стратегии будет способствовать реше-

нию более двадцати подчиненных целевых задач, сформулированных в Повестке-2030 в форме пожеланий глобального характера.

Ключевыми результатами внедрения Стратегии в практику должны явиться эффективные и технико-обоснованные мероприятия, позволяющие обеспечить связь существующих и разрабатываемых государственных программ с глобальными программами устойчивого развития, которые в совокупности позволят снизить риск возникновения ЧС.

ЛИТЕРАТУРА

1. Восьмирко, Е.О. Проблемы статистического изучения чрезвычайных экологических ситуаций техногенного характера: дис. ... канд. эконом. наук: 08.00.19 / Е.О. Восьмирко. – М., 2000. – 135 л.
2. Основные показатели обстановки с чрезвычайными ситуациями за 2017 год: инф.-статистич. сб. – Минск: НИИ ПБ и ЧС МЧС Беларуси, 2018. – 20 с.
3. Сендайская рамочная программа по снижению риска бедствий на 2015–2030 гг. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://dag.un.org/bitstream/handle/11176/148619/A_CONF.224_L.2-RU.pdf. – Дата доступа: 07.05.2018.
4. Преобразование нашего мира: Повестка дня в области устойчивого развития на период до 2030 года: резолюция A/RES/70/1, принятая Генеральной Ассамблеей 25 сентября 2015 года [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://unctad.org/meetings/en/SessionalDocuments/ares70d1_ru.pdf. – Дата доступа: 03.05.2018.
5. Глобальный аналитический доклад о мерах по уменьшению опасности бедствий 2015. Обеспечение устойчивости развития: будущее управление рисками бедствий [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.unclearn.org/sites/default/files/inventory/gar15_pocket_ru.pdf. – Дата доступа: 03.05.2018.
6. О Национальном координаторе по достижению Целей устойчивого развития: Указ Президента Респ. Беларусь, 25 мая 2017 г., № 181 [Электронный ресурс] // Нац. правовой Интернет-портал Респ. Беларусь. – Режим доступа: <http://pravo.by/document/?guid=12551&p0=P31700181&p1=1&p5=0>. – Дата доступа: 07.05.2018.

DEVELOPMENT OF THE NATIONAL STRATEGY TO REDUCE THE RISK OF EMERGENCY SITUATIONS IN THE REPUBLIC OF BELARUS FOR THE PERIOD OF 2019-2030

Gennadiy Lasuta, PhD in Agricultural Sciences

Ministry for Emergency Situations of the Republic of Belarus», Minsk, Belarus

Siarhei Pastukhou, PhD in Technical Science, Associate Professor

Dmitrii Arestovich, PhD in Technical Sciences

Yauheni Tsyhankou

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

Purpose. Familiarization of the community with the main stages of the development of the National strategy for the reduction of the risk of emergencies in the Republic of Belarus for the period of 2019-2030.

Methods. The methods of statistical data processing were used, as well as the generalization of positive experience in the development of strategic documents.

Findings. Taking into account the specific features of the country, the prerequisites and grounds for the development of the Strategy are given, the general structure of the Strategy is formulated and conceptually described, and proposals for the creation of an effective National platform for the reduction of the risk of emergencies are prepared.

Application field of research. Strategic planning in the field of prevention and elimination of emergency situations.

Conclusions. The development of the Strategy will ensure the creation of a flexible system to confront the threats of emergencies with the decentralization of the responsibilities of the parties. Since the goals and objectives are comprehensive, the implementation of the Strategy will directly contribute to the achievement of the three main goals of sustainable development (GSD), and the remaining will be achieved through the introduction of the activities being developed into all components of sustainable development: economic, social and environmental. Simultaneously with the GSD the implementation of the Strategy will contribute to the solution of more than twenty subordinate targets, set out in Agenda-2030.

Keywords: risk, risk reduction strategy, Sendai framework for disaster risk reduction, sustainable development goals, National platform.

(The date of submitting: July 11, 2018)

REFERENCES

1. Vos'mirko E.O. *Problems of statistical study of environmental emergencies of anthropogenic nature*. PhD economic sci. diss.: 08.00.19. Moscow, 2000. 135 p.
2. *Basic indicators of the situation with emergency situations for 2017: information and statistical collection*. Minsk: NII PB i ChS MChS Belarusi, 2018. 20 p.
3. *Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015-2030*, available at: http://dag.un.org/bitstream/handle/11176/148619/A_CONF.224_L.2-RU.pdf (accessed: May 7, 2018). (rus)
4. *Transformation of our world: Agenda for sustainable development for the period until 2030: Resolution A/RES/70/1 adopted by the General Assembly on September 25, 2015*, available at: http://dag.un.org/bitstream/handle/11176/148619/A_CONF.224_L.2-RU.pdf (accessed: May 3, 2018). (rus)
5. *Global Policy Analysis Report on Disaster Risk Reduction 2015. Ensuring Sustainability of Development: Future Disaster Risk Management*, available at: https://www.unclearn.org/sites/default/files/inventory/gar15_pocket_ru.pdf (accessed: May 3, 2018). (rus)
6. *About the National Coordinator for the achievement of the Sustainable Development Goals: Decree of the President of the Republic of Belarus, May 25, 2017, No. 18*. National Legal Internet Portal of the Republic of Belarus, available at: <http://pravo.by/document/?guid=12551&p0=P31700181&p1=1&p5=0> (accessed: May 27, 2018). (rus)

УДК 614.89:006.015

**ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ОБЕСПЕЧЕНИЕ КАЧЕСТВА
СПЕЦИАЛЬНОЙ ЗАЩИТНОЙ ОДЕЖДЫ ПОЖАРНЫХ****Дмитракович Н.М.**

Предложена физико-математическая модель, которая позволяет проводить моделирование тепло- и влагопереноса в системе «человек – защитная одежда – внешняя среда» с учетом внутреннего состояния тела человека при учете дополнительного компартмента-защитной одежды. Приведены модели, учитывающие устойчивость к воздействию теплового потока специальной защитной одежды от количества циклов теплового нагружения.

Ключевые слова: одежда специальная защитная, компартмент, терморегуляция, тепловой комфорт.

(Поступила в редакцию 13 августа 2018 г.)

Введение. Обеспечение безопасных условий труда человека является одним из приоритетных направлений социально-экономического развития государства и общества, что, в свою очередь, является неотъемлемым условием для эффективного выполнения работником своих функциональных обязанностей. Право на здоровые и безопасные условия труда работников гарантирует статья 41 Конституции Республики Беларусь [1].

Первая защитная одежда пожарных Военизированной противопожарной службы МВД СССР появилась в начале 1980-х гг. и представляла собой текстильные материалы из волокон природного происхождения. Такая одежда не могла отвечать параметрам безопасности пожарного в условиях открытого пламени, повышенных температур, что приводило к получению травм, гибели пожарных.

В Российской Федерации с 1990-х годов начаты работы по созданию принципиально новых синтетических огнестойких материалов и СИЗ пожарных-спасателей, которыми занимается Федеральное государственное бюджетное учреждение «Всероссийский ордена «Знак Почета» научно-исследовательский институт противопожарной обороны» МЧС России [2].

Сегодня, несмотря на значительное снижение пожаров и гибели людей от них, принятие исчерпывающих мер по обеспечению целей устойчивого развития Республики Беларусь и, как следствие, снижение рисков чрезвычайных ситуаций, значительно повысилась сложность происходящих техногенных аварий, катастроф, которые требуют постоянного повышения уровня боеготовности органов и подразделений по чрезвычайным ситуациям, безопасности труда пожарных-спасателей, совершенствование средств индивидуальной защиты пожарных.

Теоретические основы проектирования специальной защитной одежды с учетом внутренней терморегуляции пожарного при выполнении аварийно-спасательных работ. Исследования, проведенные на базе Института тепло- и массообмена им. А.В. Лыкова НАН Беларуси совместно с Университетом гражданской защиты МЧС Беларуси под общим руководством А.Д. Чорного, позволили исследовать функциональность защитной одежды с точки зрения ее теплоизоляционных свойств и изучить реакции человеческого организма с учетом анатомических, физиологических и теплофизических особенностей на изменение внешних условий при ее использовании [3].

Тело человека представлено как N элементарных компонентов в виде простых геометрических фигур (сфера, цилиндр, пластина), называемых компартментами, тогда как тепловые процессы описываются через последовательность математических зависимостей, основанных на физических законах сохранения и специальных алгоритмах терморегуляции, устанавливающих связь как между компартментами, так и с окружающей средой (рис. 1). Каждый из компартментов представляется набором K слоев с J ячейками (долями), соответствующих, например, коже, мышечной, костной и другим тканям [4, 5]. Система кровообращения выступает в качестве дополнительного компартмента особого типа. Одежда с прослойками воздуха между ее внутренней поверхностью и кожей может рассматриваться либо как дополнительный компартмент со слоями, либо учитываться через эффективные коэффициенты теплоотдачи и влагопереноса от кожи в окружающую среду.

Таким образом, компартментный подход позволяет перейти на основе математических моделей к количественной оценке процессов переноса как для отдельных частей, так и

в целом тела человека на их основе. Для такого анализа, следует определить пути теплопродукции и теплоотдачи с формулировкой уравнений, включающих члены, которые могут быть измерены или оценены [4].

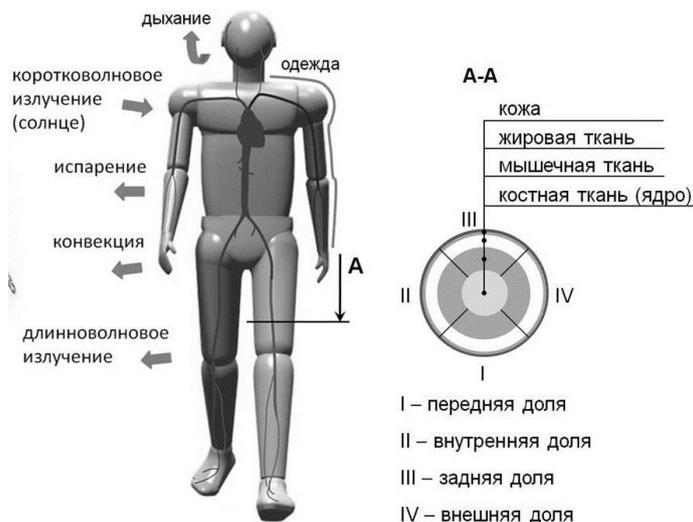


Рисунок 1. – Виртуальная модель тела человека в одежде

Как было указано выше, при рассмотрении компартментной модели тела человека основой для определения теплопереноса к поверхности кожи является биотепловое уравнение [9], справедливое для каждой ткани (мышечной, костной, жировой, кожной):

$$\rho C_p \frac{\partial T}{\partial t} = \underbrace{\frac{1}{r^\omega} \frac{\partial}{\partial r} \left(r^\omega k \frac{\partial T}{\partial r} \right)}_{\text{теплопроводность}} + \underbrace{\rho_b C_{pb} \omega_b (T_a - T)}_{\text{перенос теплоты кровью}} + \underbrace{q_m}_{\text{производство тепла за счет метаболизма}}, \quad (1)$$

где ω – скорость перфузии для плоских и цилиндрических компартментов, $\text{кг/м}^3 \cdot \text{с}$; ρ – плотность компартмента, кг/м^3 ; C_p – теплоемкость компартмента, $\text{Дж/кг} \cdot \text{К}$; k – теплопроводность ткани, $\text{Вт/(м} \cdot \text{К)}$; q_m – базальтовая метаболическая теплопродукция в ткани, Дж ; ρ_b – плотность крови, кг/м^3 ; C_{pb} – теплоемкость крови, $\text{Дж/кг} \cdot \text{К}$; ω_b – скорость перфузии крови, $\text{кг/м}^3 \cdot \text{с}$; T_a – температура артериальной крови, К ; T – температура компартмента, К ; t – время протекания процесса, с ; r – расстояние, пройденное расчетной точкой от ядра компартмента, м ; R – расстояние до граничного значения компартмента, м .

Теплообмен между телом и окружающей средой осуществляется через кожу посредством теплопроводности, конвекции, излучения и испарения. Также следует отметить, что происходит дополнительный теплоперенос дыхательным трактом за счет конвекции и испарения.

Таким образом, граничные условия биотеплового уравнения (1) для ядра компартмента формулируются следующим образом:

$$\left. \frac{\partial T}{\partial r} \right|_{r=0} = 0, \quad -k \left. \frac{\partial T}{\partial r} \right|_{r=R} = q_C + q_R + q_E \equiv q(t, r, T) \Big|_{r=R}. \quad (2)$$

где q_C – удельная величина конвективного теплопереноса; q_R – удельная величина теплопереноса излучением; q_E – удельная величина теплопереноса испарением [3, с. 42].

Удельная величина конвективного теплопереноса q_C рассчитывается через конвективный тепловой поток на единицу площади:

$$q_C = h_{C,mix} (T_{sk} - T_{env}), \quad (3)$$

где T_{sk} – локальная температура поверхности кожи, К ; T_{env} – температура окружающей среды, К ; $h_{C,mix}$ – коэффициент теплоотдачи, учитывающий вклад как натуральной так и вынужденной конвекции, $\text{Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}$.

Удельная величина теплопереноса излучением q_R рассчитывается через лучистый тепловой поток на единицу площади:

$$q_R = h_R (T_{sk} - T_{wall}), \quad (4)$$

где h_R – коэффициент теплоотдачи излучением, Вт/(м²·К), T_{wall} – температура переизлучающих поверхностей стен, К.

В качестве основы для расчета внутренней терморегуляции используется модель D. Fiala [6]. Поэтому при определении теплотерь при испарении учитывается диффузия влаги через кожу из потовых желез, скорость образования влаги (пот) на поверхности кожи, влажность окружающего воздуха. Удельная величина теплопереноса испарением q_E рассчитывается через соответствующий тепловой поток на единицу площади. Условие аккумуляции пота на поверхности кожи определяется отношением скорости образования пота и скорости его испарения. Учет теплового экранирования и сопротивления влагопереносу одежды может быть произведен посредством уточнения коэффициентов теплопередачи. Таким образом, для частей тела, покрытых одеждой, тепловой поток с учетом конвективной и лучистой составляющих q_{C+R}^{clo} с помощью коэффициента теплоотдачи h_{clo} может быть записан в виде

$$q_{C+R}^{clo} = h_{clo} (T_{sk} - T_{op}), \quad (5)$$

где

$$T_{op} = \frac{h_R T_{wall} + h_{C,mix} T_{env}}{h_R + h_{C,mix}}. \quad (6)$$

Общий алгоритм моделирования тепло- и влагопереноса в системе «человек – одежда – окружающая среда» включает в себя ряд шагов, которые относятся к расчету внутреннего состояния тела человека при учете наличия дополнительного компартмента в виде одежды как прослойки между окружающей средой и поверхностью кожи. Контрольным параметром для определения условий теплового комфорта является температура поверхности кожи T_{sk} . В зависимости от ее изменения включаются управляющие механизмы терморегуляции (потоотделение, дрожание, изменение метаболизма и интенсивности кровотока). На рисунках 2 и 3 показаны примеры интерфейса, реализующего приведенный алгоритм программного обеспечения «Тепловой комфорт», который в настоящее время создается в рамках задания «Разработка научно обоснованных методов исследования механизмов теплопередачи в системе «Человек – Защитная одежда – Внешняя среда» Государственной программы научных исследований «Информатика, космос и безопасность» (2018–2019 гг.).

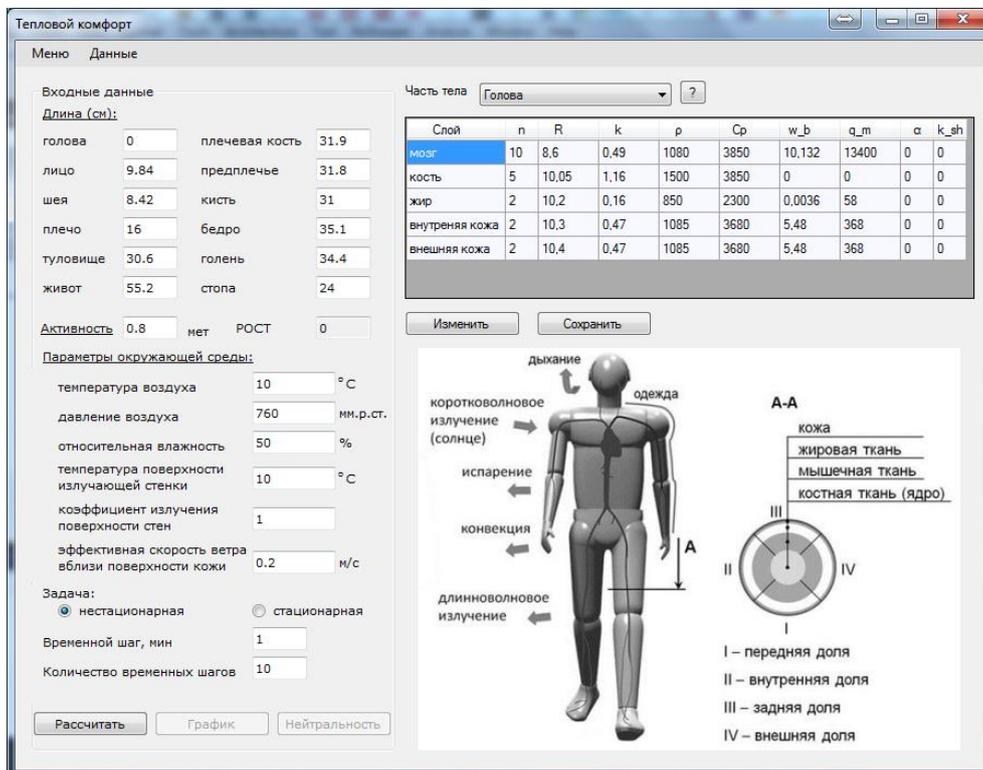


Рисунок 2. – Вид меню ввода данных программного обеспечения «Тепловой комфорт»

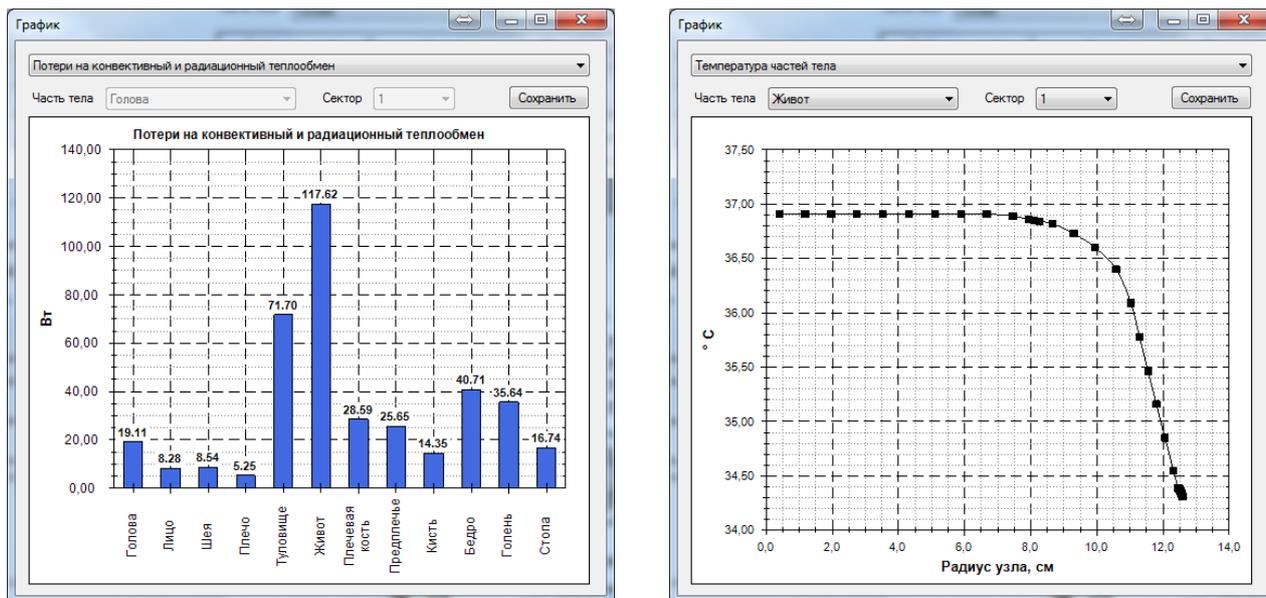


Рисунок 3. – Пример вывода расчетных данных в виде гистограммы (а) и графика (б) в программном обеспечении «Тепловой комфорт»

Комплексная оценка качества одежды специальной защитной пожарных. Научно-практическим центром Витебского областного управления МЧС Республики Беларусь разработаны и введены в действие два государственных стандарта Республики Беларусь: СТБ 1971-2009 «Система стандартов безопасности труда. Одежда пожарных боевая. Общие технические условия» и СТБ 1972-2009 «Система стандартов безопасности труда. Одежда пожарных специальная от повышенных тепловых воздействий. Общие технические условия», которые охватывают порядка 80 методов испытаний.



Рисунок 4. – Лаборатории научно-практического центра Витебского областного управления МЧС Беларуси для проведения испытаний средств индивидуальной защиты пожарных (ВУ/112 1.0192)

Разработка технических нормативных правовых актов, создание и аккредитация лаборатории для проведения испытаний средств индивидуальной защиты пожарных (рис. 4) проводились совместно с Ю.Г. Русецким, А.В. Меньших, А.А. Старовойтовым, В.В. Гнутенко, А.В. Щербаковым.

Следует отметить, что сегодня активно внедряются новые методы исследования свойств (экспресс-методы) специальной защитной одежды, которые позволяют проводить оценку и прогнозирование физико-механических и теплофизических свойств материалов и их пакетов в составе такой одежды. Данные методы направлены на оценку безопасного срока эксплуатации специальной защитной одежды как готового изделия при помощи неразрушающих методов контроля, в том числе в процессе ее эксплуатации.

Совместно с А.А. Кузнецовым и А.М. Гусаровым проведен комплекс исследований по оценке защитных свойств после многоциклового воздействия в процессе эксплуатации одежды специальной защитной на примере боевой одежды пожарных [7, 8, 9].

Для теоретического описания процесса снижения устойчивости к воздействию теплового потока пакета материалов специальной защитной одежды при эксплуатации используется основной физический принцип теории надежности Н.М. Седякина.

Применительно к процессу снижения устойчивости к воздействию теплового потока пакета материалов одежды при эксплуатации применен основной физический принцип теории надежности, который представлен в дифференциальной форме следующим образом:

$$\frac{d\tau}{dn} = -M [\tau - \tau_{кр}]^k, \quad (7)$$

где $\tau(n)$ – текущее значение устойчивости к воздействию теплового потока пакета материалов одежды после n циклов нагружения, с; $\tau_{кр}$ – критическое значение устойчивости к воздействию теплового потока пакета материалов одежды, при достижении которого происходит разрушение наружной поверхности материала верха защитной одежды пожарных, с; M – параметр модели, отражающий темп изменения устойчивости к воздействию теплового потока пакета материалов одежды специальной защитной; k – параметр модели, принимающий значение 1, 2, ...

Проинтегрируем дифференциальное уравнения (7) при $k = 1$:

$$\int_{\tau_0}^{\tau} \frac{d\tau}{\tau - \tau_{кр}} = -M \int_0^n dn \Rightarrow \ln \left| \frac{\tau - \tau_{кр}}{\tau_0 - \tau_{кр}} \right| = -Mn.$$

В итоге имеем

$$\tau(n) = \tau_{кр} + (\tau_0 - \tau_{кр})e^{-Mn}, \quad (8)$$

где τ_0 – начальное значение устойчивости к воздействию теплового потока пакета материалов одежды, с.

Для определения физического смысла параметра M модели (8) предполагается, что существует такое число циклов нагружения $n_{ср}$, при котором

$$\tau(n_{ср}) = (\tau_{кр} + \tau_0) / 2. \quad (9)$$

Тогда, подставив соотношение (9) в (8) и преобразовав, получим

$$M = \frac{\ln 2}{n_{ср}}. \quad (10)$$

Следовательно, параметр M модели (8) определяет количество циклов нагружения $n_{ср}$ одежды, необходимых для выполнения условия (9).

С другой стороны, переписав (8) в виде $\frac{\tau(n) - \tau_{кр}}{\tau_0 - \tau_{кр}} = e^{-Mn}$ и приняв $M = 1/n$ получим

$$\frac{\tau(n) - \tau_{кр}}{\tau_0 - \tau_{кр}} = \frac{1}{e},$$

где n – количество циклов нагружения, по истечении которых текущее значение устойчивости к воздействию теплового потока меньше начального значения устойчивости к воздействию теплового потока пакета материалов одежды до разрушения наружной поверхности материала верха в e раз.

Подставив соотношение (10) в модель (8) и положив $m = n/n_{ср}$, получим:

$$\tau(m) = \tau_{кр} + (\tau_0 - \tau_{кр})e^{-Gm}, \quad (11)$$

где m – число циклов нагружения одежды при эксплуатации; G – константа модели, имеющая постоянное значение $G = \ln 2$.

Введя обозначения

$$Y(m) = \frac{\tau(m)}{\tau_0}; \quad Y_0 = \frac{\tau_{кр}}{\tau_0}, \quad (12)$$

математическую модель (11) можно представить в безразмерной форме

$$Y(m) = Y_0 + (1 - Y_0)e^{-G \cdot m}, \quad (13)$$

где $Y(m)$ – параметр модели, характеризующий долю устойчивости к воздействию теплового потока пакета материалов после m циклов нагружения относительно начального значения устойчивости к воздействию теплового потока пакета материалов одежды; Y_0 – параметр модели, определяющий долю критического значения устойчивости к воздействию теплового потока пакета материалов к начальному значению устойчивости к воздействию теплового потока пакета материалов одежды.

Решение дифференциального уравнения (7) при $k = 2$ имеет вид

$$\tau(n) = \frac{(\tau_0 - \tau_{кр})\tau_{кр}Mn + \tau_0}{1 + (\tau_0 - \tau_{кр})Mn}. \quad (14)$$

После подстановки условия (9) в модель (14) и преобразований темповый параметр M модели (14) определяется следующим соотношением:

$$M = \frac{1}{n_{ср}(\tau_0 - \tau_{кр})}. \quad (15)$$

Окончательно получим

$$\tau(m) = \frac{m\tau_{кр} + \tau_0}{1 + m} \quad (16)$$

или в безразмерной форме

$$Y(m) = \frac{mY_0 + 1}{1 + m}. \quad (17)$$

При этом физический смысл параметров $Y(m)$, Y_0 данной математической модели определяется соотношением (13).

Представление математических моделей (8), (14) в безразмерной форме (13) и (11), соответственно, позволяет заменить семейство моделей, обладающих различными значениями темпового показателя M (рис. 5).

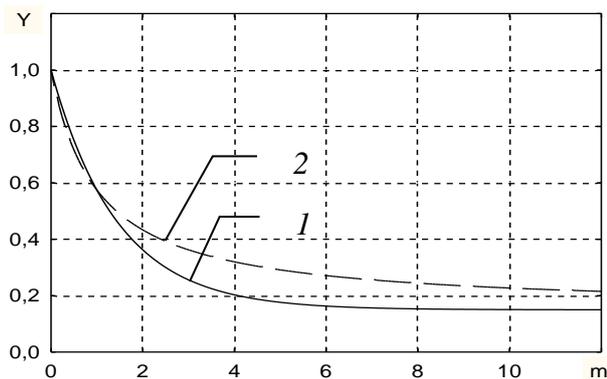


Рисунок 5. – Устойчивость к воздействию теплового потока пакета материалов одежды (при $Y_0 = 0,15$): 1 – кривая, построенная по модели (13), 2 – кривая, построенная по модели (17)

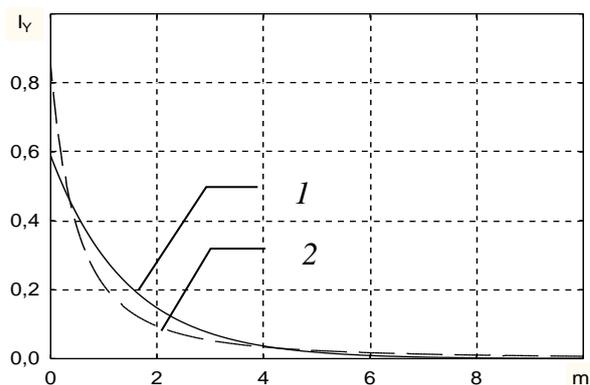


Рисунок 6. – Интенсивность процесса снижения устойчивости к воздействию теплового потока пакета материалов одежды при эксплуатации ($Y_0 = 0,15$): 1 – для модели (18), 2 – для модели (19)

Интенсивность процесса снижения устойчивости к воздействию теплового потока пакета материалов одежды при эксплуатации вычисляется по формуле $I_Y(m) = dY(m)/dm$ и принимает вид

$$I_Y(m) = G|Y_0 - 1|e^{-G \cdot m} \quad \text{при } k = 1; \quad (18)$$

$$I_Y(m) = \frac{|Y_0 - 1|}{(1 + m)^2} \quad \text{при } k = 2. \quad (19)$$

Заключение. Предложен метод построения модели тепловлагопереноса в системе «человек – защитная одежда – внешняя среда», которая базируется на компартментном подходе. Тело человека представлено набором элементов со специальным компартментом с учетом системы кровообращения и компартментом со слоями одежды. Физико-математическая модель теплового баланса сформулирована с включением уравнений теплопереноса и уравнения для переноса влаги. Модель позволяет производить моделирование тепло и влагопереноса в системе «человек – защитная одежда – внешняя среда» с учетом внутреннего состояния тела человека при учете компартмента защитной одежды пожарных.

В результате теоретического анализа закономерностей изменения теплофизических свойств пакета материалов защитной одежды пожарных при эксплуатации представлены математические модели взаимосвязи устойчивости к воздействию теплового потока пакета материалов и количества циклов нагружения, применение которых позволит осуществить прогноз срока службы защитной одежды пожарных при эксплуатации по результатам экспресс-методов исследования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Конституция Республики Беларусь: с изм. и доп., принятыми на респ. референдумах 24 нояб. 1996 г. и 17 окт. 2004 г. – Минск: Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь, 2016. – 62 с.
2. Логинов, В.И. Конструирование и комплексная оценка качества специальной защитной одежды пожарных: автореф. дис. ... д-ра техн. наук: 05.26.03 / В.И. Логинов; Всерос. науч.-исслед. ин-т противопожар. обороны. – М., 2010. – 48 с.
3. Моделирование тепловлагопереноса в системе «человек – одежда – окружающая среда» с учетом внутренней терморегуляции при разработке специальной защитной одежды для проведения аварийно-спасательных работ, не связанных с тушением пожара: отчет о НИР (заключ.) / ИТМО НАН Беларуси; рук. А.Д. Чорный. – Минск, 2017. – 72 с. – № ГР 20170923.
4. Parsons, K. Human Thermal Environments: the Effects of Hot, Moderate, and Cold Environments on Human Health, Comfort, and Performance / K. Parsons. – London: Taylor & Francis, 2003. – 560 p.
5. Pennes, H.H. Analysis of tissue and arterial blood temperature in the resting human forearm / H.H. Pennes // J. Appl. Physiol. – 1948. – Vol. 1. – P. 93–122.
6. Fiala, D. Physiological modeling for technical, clinical and research applications / D. Fiala [et al.] // Frontiers in Bioscience. – 2010. – Vol. S2. – P. 939–968.
7. Кузнецов, А.А. Оценка и прогнозирование физико-механических свойств текстильных нитей / А.А. Кузнецов, В.И. Ольшанский. – Витебск: ВГТУ, 2004. – 226 с.
8. Разработка методов оценки и прогнозирования физико-механических и теплофизических свойств огнестойких материалов при эксплуатации защитной одежды пожарных: отчет о НИР (заключ.) / ВГТУ; рук. А.А. Кузнецов. – Витебск, 2012. – 125 с. – № ГР 20110862.
9. Гусаров, А.М. Оценка и прогнозирование показателей теплофизических свойств пакетов для боевой одежды пожарных: дис. ... канд. техн. наук : 05.19.01 / А.М. Гусаров. – Витебск, 2016. – 242 л.

BASIS OF DESIGN AND QUALITY ASSURANCE OF THE SPECIAL PROTECTIVE CLOTHING OF FIRE FIGHTERS

Nikolai Dmitrakovich, PhD in Technical Sciences

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

Purpose. Increase the level of combat readiness of agencies and units for emergency situations, fire-fighters and rescuers workplace safety by improving personal protective equipment. Development and application of innovative methods of design and quality assessment.

Methods. The method of the compartmental approach is applied, which allows to proceed to a quantitative assessment of the transport processes, both for individual parts and on their basis of the human body as a whole. For such an analysis, it is necessary to determine the ways of heat production and heat transfer with the formulation of equations including terms that can be measured or estimated. The complex of studies on the evaluation of protective properties after multicycle impact during the operation of clothing with a special protective was carried out.

Findings. The method for constructing a heat and moisture transfer model in the system «human – protective clothing – external environment» was proposed. The human body is represented by a set of elements with a special compartment taking into account the circulatory system and a compartment with layers of clothing. The physico-mathematical model of the heat balance is formulated with the inclusion of heat transfer equations and the equation for moisture transfer. The model makes it possible to simulate heat and moisture transfer in the system «human – protective clothing – external environment», taking into account the internal state of the human body considering the compartment of protective clothing of firefighters.

Application field of research. As a result of the theoretical analysis of the regularities in the changes in the thermophysical properties of the fire protective clothing package during operation, mathematical models of the relationship between the resistance to the heat flux of a package of materials and the number of loading cycles are presented. Their application will make it possible to predict the life expectancy of firefighters protective clothing during operation by the results of rapid research methods.

Conclusions. A physico-mathematical model that allows modeling heat and moisture transfer in the «human – protective clothing – external environment» system, taking into account the internal state of the human body when considering an additional compartment-protective clothing was formulated. The models that take into account the relationship of resistance to heat flow from the special protective clothing thermal number of cycles was given.

Keywords: special protective of clothing, the compartment, the thermoregulation, thermal comfort.

(The date of submitting: August 13, 2018)

REFERENCES

1. *The Constitution of the Republic of Belarus: with amendments and additions adopted at the republican referendums on November 24, 1996 and October 17, 2004.* Minsk: National Center of Legal Information of the Republic of Belarus, 2016. 62 p. (rus)
2. Loginov V.I. *The design and comprehensive assessment of the quality of special protective clothing firefighters.* Grand PhD tech. sci. diss. Synopsis: 05.26.03. All-Russian Research Institute for Fire Protection. Moscow, 2010. 48 p. (rus)
3. *Simulation of heat and moisture transport in the «man – clothes – environment» system, taking into account the internal thermoregulation in the development of special protective clothing for rescue operations not related to fire extinguishing.* Report of research (final). A.V. Luikov heat and mass transfer institute of the National Academy of Sciences of Belarus; hands. A.D. Chorny. Minsk, 2017. 72 p. State registration No. 20170923. (rus)
4. Parsons K. *Human Thermal Environments: the Effects of Hot, Moderate, and Cold Environments on Human Health, Comfort, and Performance.* London: Taylor & Francis, 2003. 560 p.
5. Pennes H.H. Analysis of tissue and arterial blood temperature in the resting human forearm. *J. Appl. Physiol.* 1948. Vol. 1. P. 93–122.
6. Fiala D. et al. Physiological modeling for technical, clinical and research applications. *Frontiers in Bioscience.* 2010. Vol. S2. P. 939–968.
7. Kuznetsov A.A., Ol'shanskiy V.I. *The estimation and forecasting of physical and mechanical properties of textile yarns.* Vitebsk: VGTU, 2004. 226 p. (rus)
8. *The development of methods for assessing and predicting the physico-mechanical and thermophysical properties of fire-resistant materials in the operation of fire protective clothing.* Report of research (fi-

- nal). Vitebsk State Technological University; hands. A.A. Kuznetsov. Vitebsk, 2012. 125 p. State registration No. 20110862. (rus)
9. Gusarov A.M. *The evaluation and forecasting of indicators of thermophysical properties of packages for combat clothing of firefighters*. PhD tech. sci. diss.: 05.19.01. Vitebsk, 2016. 242 p. (rus)

УДК 519.216.3: 627.8

ПРИЧИНЫ АКТИВИЗАЦИИ АБРАЗИОННОГО РИСКА НА ВОДНЫХ ОБЪЕКТАХ БЕЛАРУСИ И КРИТЕРИИ ЕГО РАЙОНИРОВАНИЯ

Левкевич В.Е.

Показаны причины активизации риск-процессов на территории Республики Беларусь, вызванные строительством новых водохранилищ энергетического назначения. Протяженность берегов новых водохранилищ, подверженных абразионной переработке, увеличится более чем на 30 км, что окажет влияние на объекты экономики прилегающих территорий. Приведены результаты районирования территории республики по развитию абразионных риск-процессов на берегах водохранилищ с учетом новых данных. Теоретически обоснованы, уточнены и дополнены критерии районирования территории Беларуси по абразионному риску.

Ключевые слова: водохранилище, абразия, абразионный риск, переработка, берег, районирование, коэффициент развития, критерий устойчивости.

(Поступила в редакцию 3 марта 2018 г.)

Введение. В настоящее время в Республике Беларусь насчитывается свыше 150 водохранилищ различного типа общей площадью около 2500 км² и полным объемом 10 км³. Водоохранилища широко используются в целях мелиорации, рекреации, регулирования поверхностного и речного стока, рыбного хозяйства, технического и питьевого водоснабжения, а также для энергетических нужд. Протяженность береговой линии водохранилищ республики составляет более 1500 км, из них около 320 км (более 20 %) подвержено активным процессам абразии (разрушения) (рис. 1).



Рисунок 1. – Переработка берегов Лепельского и Заславского водохранилищ

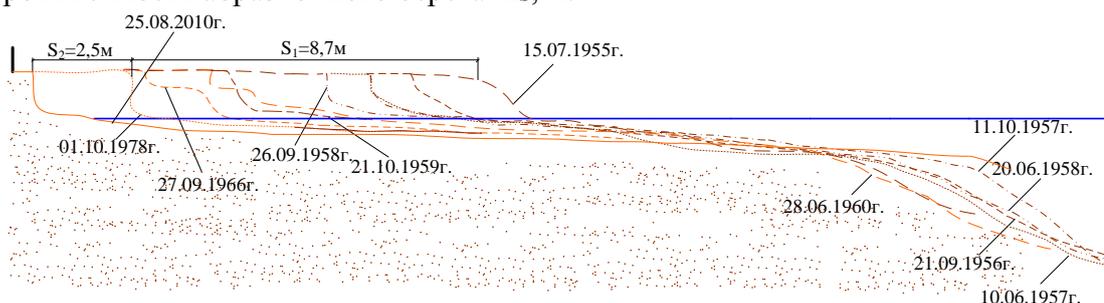
Процессы, происходящие в береговой зоне водохранилищ, оказывают значительное отрицательное воздействие на функционирование многих отраслей промышленности и сельского хозяйства, результатом чего является отторжение земель, возникает необходимость в переносе жилых и производственных зданий. В связи с этим актуально отображение береговых процессов на оперативных картах районирования с указанием масштабов возможных рисков для принятия управленческих и инженерных мероприятий по их локализации и уменьшению убытков от разрушения объектов экономики.

Основная часть. Анализ материалов наблюдений за развитием процесса переработки (абразии) берегов водохранилищ показал, что разрушение береговых склонов происходит на всех типах водохранилищ практически во всех геоморфологических районах страны (Центральная часть, Поозерье и Полесье) и бассейнах основных рек (Западная Двина, Неман, Припять, Днепр) [1–4]. Обследовано более 110 водохранилищ. По результатам натурных наблюдений строились поперечные профили береговых склонов (рис. 2) [3–5].

Основными параметрами, характеризующими процесс переработки береговых склонов, являются:

- величина линейной переработки берега S_t , м;
- объем переработки Q_t , м³/мп;
- скорость линейной переработки q_{St} , м/год;

- скорость объемной переработки q_{Qr} , м³/год;
- протяженность абразионного берега L_s , м.



Отметки, м		1,58	0,25	0,35	0,45	0,45	0,5	0,55	0,6	0,65	0,75	0,8	0,95
Расстояние, м /	1,4	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	
Угол, град /	10,8	2,34											

Рисунок 2. – Поперечный профиль створа № 3 Осиповичского водохранилища

При изучении рисков от абразии на искусственных водных объектах республики решались следующие задачи:

- обозначались районы республики, искусственные водные объекты которых наиболее подвержены процессам переработки берегов;
- проводилась оценка масштабов и динамики процесса абразии;
- производилась разработка вероятностных показателей процесса абразии;
- выполнялся расчет показателей (основных и дополнительных), необходимых для районирования территории страны.

Для оценки риска на искусственных водных объектах территории района был предложен показатель абразии γ_A , значение которого определяется по формуле вида [3, 4]

$$\gamma_A = \frac{1}{S_{p-на}} \sum S_{в-щ}, \quad (1)$$

где $S_{в-щ}$ – суммарная площадь зеркала водохранилищ административного района, км², $S_{p-на}$ – площадь района, км². В таблице 1 приведено распределение значений показателя γ_A по районам Минской области.

Таблица 1. – Распределение значений коэффициента территориального абразионного риска в разрезе района (Минская область)

Район расположения водохранилища	Средняя величина линейной переработки S_r , км	Общая протяженность абразионных берегов $L_{абр}$, км	Общая площадь переработки, км ²	Площадь района расположения водохранилищ	Показатель абразии γ_A
Минский	0,002	20,1	0,402	2221,0	$18,2 \cdot 10^{-6}$
Червенский	0,002	1,5	0,003	1620,0	$1,85 \cdot 10^{-6}$
Смолевичский	0,002	4,3	0,0086	1423,0	$6,04 \cdot 10^{-6}$
Логойский	0,002	1,2	0,0024	2318,0	$1,03 \cdot 10^{-6}$
Березинский	0,002	2,7	0,0054	1928,0	$2,8 \cdot 10^{-6}$
Узденский	0,002	1,1	0,0022	1133,0	$1,94 \cdot 10^{-6}$
Копыльский	0,002	1,1	0,0022	1612,0	$1,37 \cdot 10^{-6}$
Любанский	0,002	1,2	0,0024	1875,0	$1,28 \cdot 10^{-6}$
Стародорожский	0,002	1,1	0,0022	1396,0	$1,58 \cdot 10^{-6}$
Дзержинский	0,002	1,2	0,0024	1212,0	$1,98 \cdot 10^{-6}$
Пуховичский	0,002	1,2	0,0024	2457,0	$0,98 \cdot 10^{-6}$
Вилейский	0,002	2,0	0,004	2423,0	$1,65 \cdot 10^{-6}$
Крупский	0,0035	1,2	0,0042	2134,0	$1,97 \cdot 10^{-6}$
Воложинский	0,002	1,1	0,0022	1919,0	$1,15 \cdot 10^{-6}$
Солигорский	0,002	2,3	0,0046	2476,0	$1,86 \cdot 10^{-6}$

Под термином «абразионный риск» в данной работе понимается вероятность наступления процесса абразии на определенном водоеме, умноженная на возможный

ущерб от данного процесса за промежуток времени, равный 1 году, либо за период наблюдений. В общем виде абразионный риск определяется, как:

$$R = \sum_{i=1}^n P_{\phi i} U, \quad (2)$$

где $P_{\phi i}$ – вероятность возникновения i -го рискообразующего фактора на рассматриваемом водном объекте, 1/год; n – количество рискообразующих факторов; U – возможный ущерб от процесса абразии, определяемый по известным методикам [6, 7], тыс. руб.

Применительно к процессу абразии на искусственных водных объектах понятие «риск» относится к возможным воздействиям на объект и его реакции на эти воздействия [6]. В качестве объекта в данном случае принимается береговой склон водохранилища либо незащищенные верховые откосы дамб и плотин. Под воздействиями понимаются основные факторы, приводящие к абразии: ветровое и волновое воздействие, колебание уровней воды в водохранилище, течения и др. Воздействие на объект вызывает определенную «опасность», которая численно оценивается через вероятность возникновения. На рисунке 3 представлена схема формирования риска от процесса абразии [6].

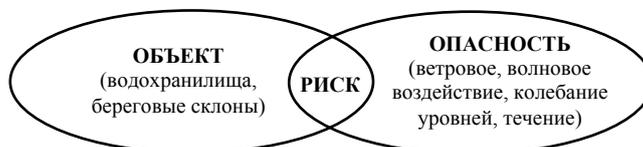
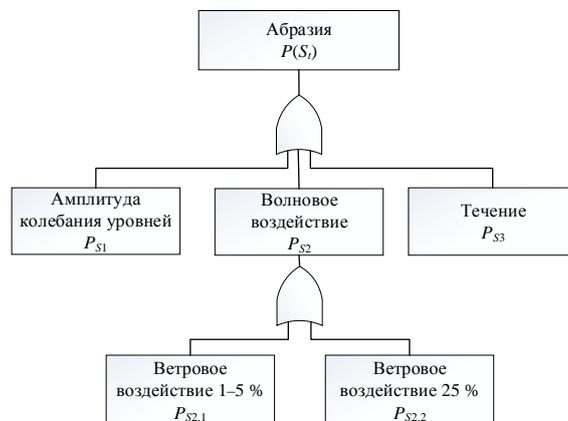


Рисунок 3. – Схема формирования абразионного риска

Для определения вероятности возникновения абразионного риска строилось так называемое «дерево отказов» процесса по схеме, представленной на рисунке 4, с учетом сценариев развития события – абразии (переработки) берегов $P(S_i)$ [7].



– логический знак «ИЛИ», означающий, что выходное событие происходит в том случае, если случается любое из входных событий

Рисунок 4. – Схема «дерева отказов» для оценки вероятности возникновения переработки

Конечная вероятность возникновения рассматриваемого процесса переработки определяется по формуле

$$P(S_i) = P_{S1} + P_{S2} + P_{S3} - P_{S1}P_{S2} - P_{S2}P_{S3} - P_{S1}P_{S3} + P_{S1}P_{S2}P_{S3}, \quad (3)$$

где $P(S_i)$ – вероятность возникновения процесса абразии берега, 1/год; P_{S1} – вероятность амплитуды колебания уровней, 1/год; P_{S2} – вероятность возникновения ветрового воздействия ($P_{S2} = P_{S2.1} + P_{S2.2} - P_{S2.1}P_{S2.2}$), 1/год; P_{S3} – вероятность возникновения стоковых течений в водохранилище, 1/год; $P_{S2.1}$ – вероятность возникновения высот волн 1 %-ной обеспеченности, 1/год; $P_{S2.2}$ – вероятность возникновения высот волн 25 %-ной обеспеченности, 1/год.

Обобщение данных многолетних наблюдений с привлечением материалов аэро-, фото- и спутниковой информации позволило разработать, а затем уточнить карту территории Беларуси по развитию процесса переработки берегов.

Активизация абразионного риска наблюдается в последние 5 лет в связи со строительством и вводом в эксплуатацию ряда водохранилищ энергетического назначения, а

также реконструкции существующих водных объектов для целей гидроэнергетики. Были построены Гродненская ГЭС на р. Неман, Витебская и Полоцкая ГЭС на р. Западная Двина (рис. 5–7). С вводом их в эксплуатацию протяженность берегов, подверженных активной переработке, значительно возрастает (рис. 5). По оценочным расчетам автора на водохранилище Гродненской ГЭС переработке будет подвержено до 9,6 км, а Витебской ГЭС – около 12,4 км. Учитывая вероятностную природу процесса переработки, можно предположить, что эти цифры могут быть значительно большими.

Прошедший незначительный период времени с момента ввода в эксплуатацию вышеуказанных объектов показал, что уже имеются места проявления абразионных процессов – переработки склона в виде оползней, размывов и т. д. (рис. 5). В итоге протяженность абразионных берегов увеличится в стране более чем на 22 км. Аналогичные явления будут наблюдаться и на водохранилище Полоцкой ГЭС.



а) левый берег водохранилища Гродненской ГЭС – 800 м выше створа плотины



б) левый берег водохранилища Витебской ГЭС в районе карьера «Руба» ОАО «Доломит»

Рисунок 5. – Развитие процесса переработки на водохранилищах ГЭС (2017 г.)

При районировании территории по абразионному риску, проведенном в конце XX века [2–4], основным количественным критерием служила величина наибольшей линейной переработки надводной части естественного берегового склона или верхового незакрепленного откоса дамбы (плотины) в случае наливного водохранилища. Схема раннего районирования территории республики по развитию абразии представлена на рисунке 9. Использование системного подхода при изучении количественных характеристик абразии берегов водных объектов позволило установить, что в пределах трех областей (Поозерье, Центральная часть и Полесье) выделяются шесть районов, которые характеризуются различной интенсивностью процессов [1–4]. При оценке деформаций береговых склонов наиболее четко выделяются следующие пределы максимальных размывов: до 2,0; до 5,0; до 20,0; до 35,0 м. Наибольшие размывы по данным натурных исследований возможны в области Поозерья в районе I и Центральной части в районах II, III, т. е. на участках территорий с четко выраженным ледниковым рельефом, наличием моренных грунтов, крутых и высоких береговых склонов водохранилищ. В Полесье, имеющем спокойный равнинный рельеф, выделяются районы с небольшой активностью береговых процессов (районы V, VI) (табл. 2) [2–4].

Таблица 2. – Распределение величины линейной переработки береговой линии S_t в соответствии с районированием 2016 г.

Геоморфологическая область	Район	Преобладающие грунты	Максимальные значения S_t , м
Поозерье	I	Пески различного состава, моренные супеси, суглинки, глины, включения гравия, валунов	25,0
Центральная часть	II	Пески различной крупности с включением гравия, моренные суглинки, супеси, лессовидные грунты	40,0
	III		20,0
	IV		5,0
Полесье	V	Пески аллювиального происхождения, лессовидные супеси, торфяники	7,0
	VI		2,0

Анализ уточненных данных о переработке береговых склонов большего количества обследованных водохранилищ позволил автору в период 2014–2016 гг. [3, 4, 7] детализировать и уточнить ранее полученную карту абразионного риска (рис. 6), которая может быть

использована при прогнозировании потенциальных разрушений склонов и проектировании водохозяйственных объектов, а также мероприятий по берегозащите.

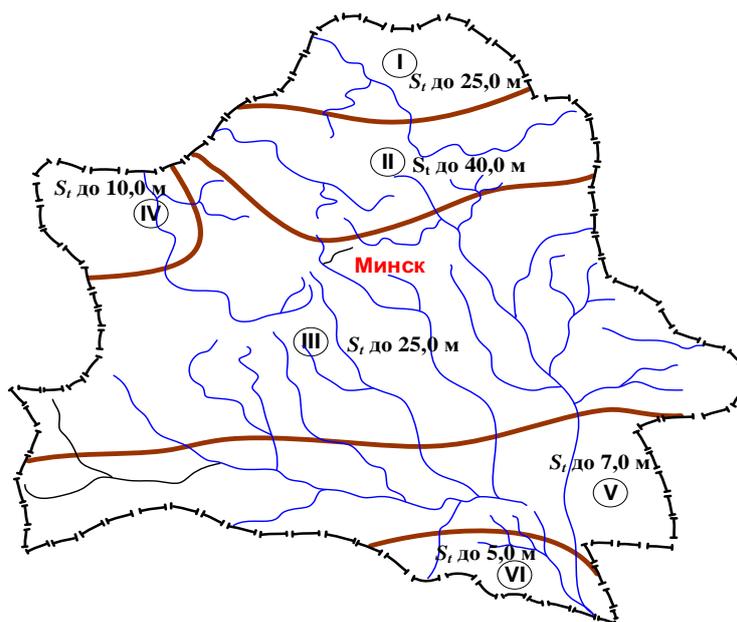


Рисунок 6. – Уточненная схема районирования территории Беларуси по величине максимальной линейной переработки берегов (2014–2016 гг.)

Дальнейшие исследования в области районирования территории по абразионному риску позволили уточнить методику районирования, которая стала включать расчет дополнительных характеристик районов (табл. 3).

Таблица 3. – Предлагаемые дополнительные характеристики, которые необходимо учитывать при районировании территории

Геоморфологическая область	Площадь переработки F_s , м ²	Критерий устойчивости абразионного берега Π_2	Кoeff. развития берега k_p	Вероятность риска абразии $P(S_i)$	Протяжен. абраз. берега $L_{абр}$, м
Название области	35000	1,14	1,2	$1,28 \cdot 10^{-6}$	1200

В таблице 3 приведены показатели, которые рекомендуется применять в дальнейшем при построении карт районирования по абразионному риску по мере уточнения фактических данных. Площадь F_s прибрежной территории водохранилищ, подверженной переработке, может быть представлена в виде [7]:

$$F_s = \sum_{i=1}^n (S_{тоз} + S_{тодхр}) L_{абр,i}, \quad (4)$$

где $S_{тоз}$, $S_{тодхр}$ – линейная переработка берега при различных состояниях водоема: озера и водохранилища, м; n – количество створов наблюдений, определяемое протяженностью участка переработки, (не более 50 единиц); $L_{абр,i}$ – длина береговой линии, подверженной переработке, на i -том участке, м.

Площадь прибрежной зоны, где происходит развитие процесса переработки, по ориентировочным оценкам на существующих водохранилищах, построенных в период до 2005 г., колеблется в широких пределах – от 30 000 м² (Осиповичское водохранилище) до 87 500 м² (Лепельское водохранилище).

Текущее состояние береговой линии может характеризоваться предложенным автором коэффициентом развития k_p береговой линии, равным отношению протяженности аккумулятивных берегов $L_{ак}$ к длине абразионных $L_{абр}$.

Немаловажным параметром, определяющим состояние абразионного берега, является так называемый критерий устойчивости Π_2 , предложенный автором для оценки устойчивости берегов, сложенных несвязными грунтами [7, 8].

Рассмотрим элемент грунта объемом W и площадью F , находящийся в предельном равновесии под воздействием ветрового волнения на береговой отмели ниже зоны разрушения волн (рис. 7) [8]. Основное воздействие на массив грунта оказывает гидродинамическое давление волнового потока P_e , которое ведет к перемещению материала переработки склона по профилю с углом заложения α .

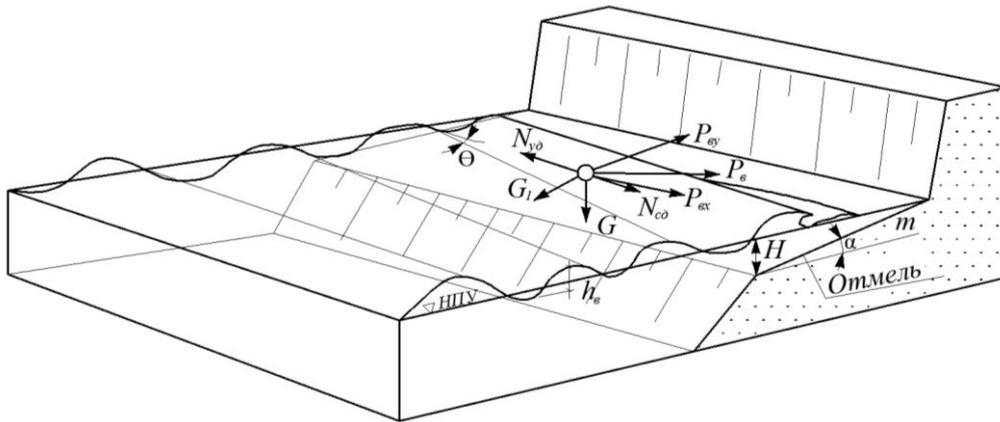


Рисунок 7. – Схема действия сил на элемент грунта на береговой отмели

Перенос частиц грунта вдоль берега в виде потока наносов вызван наличием двух условий: развитой широкой подводной частью береговой отмели и косоподходящего к урезу фронта ветрового волнения под углом Θ . Это позволяет представить P_e в виде двух компонент: поперечной P_{ey} и продольной P_{ex} , т. е. вдольбереговой. Кроме того, присутствует и влияет на устойчивость массива грунта вертикальная взвешивающая составляющая (P_{ez}). Эта составляющая, уравниваемая силой тяжести (G) и компонентой скатывающей силы, далее не учитывается. Основное усилие, оказываемое на элемент грунта, – это гидравлическое давление, создаваемое волновым потоком при его перемещении по береговой отмели (рис. 7). Продольная P_{ex} и поперечная P_{ey} составляющие давления волнового потока P_e на частицу наносов, создаваемого придонной скоростью v_{max} , равны [7, 8]:

$$P_{ex} = a_x F_y \gamma_w v_{max}^2 / 2g; \quad P_{ey} = a_y F_x \gamma_w v_{max}^2 / 2g, \quad (5)$$

где a_x, a_y – коэффициенты лобового и подъемного усилий продольной и поперечной составляющей воздействия давления волнового потока P_e [8]; F_x и F_y – площади проекций элемента грунта на горизонтальную и перпендикулярную волновому потоку вертикальную плоскости, m^2 ; γ_w – удельный вес воды, H/m^3 .

При этом воздействие волнового потока P_e может быть вычислено по формуле

$$P_e = \sqrt{P_{ex}^2 + P_{ey}^2}. \quad (6)$$

Натурные и лабораторные исследования ряда авторов по изучению режима донных волновых скоростей, а также сопоставление их с расчетными, показали, что они практически совпадают со скоростями руслового потока ($v_{л. max} = v_{max}$). Это подтверждают работы В.В. Лонгинова, З.А. Генина и И.Я. Попова, В.З. Аверина, Д.В. Джонсона, Д. Путнама, В. Мунка, М. Трейлора, Н.А. Айбулатова [9–11]. Следовательно,

$$v_{max} = \frac{\pi h_w k_{uu}}{\sqrt{\frac{\pi \lambda}{g} \operatorname{sh}\left(\frac{4\pi H}{\lambda}\right)}}, \quad (7)$$

где h_w – расчетная высота волны, м; λ – длина волны, м; g – ускорение свободного падения, m/c^2 ; H – глубина на внешнем краю отмели, м; k_{uu} – коэффициент шероховатости в соответствии с работами [10–13].

Принимая площади F_x и F_y проекций элемента грунта в виде шара объемом W , равными $F_x = F_y = F$ [7, 8, 12], на основании (6) и (7) из (5) получим:

$$P_6 = \frac{a_0 F \gamma_6 v_{\max}^2}{2g} = \frac{0,5 \pi a_0 F \gamma_6 h_6^2 k_{u2}^2}{\lambda \operatorname{sh} \left(\frac{4\pi H}{\lambda} \right)}, \quad (8)$$

где $a_0 = \sqrt{a_x^2 + a_y^2}$ – суммарный коэффициент лобового и подъемного усилий продольной и поперечной составляющей воздействия давления волнового потока P_6 [8].

Величину сдвигающей силы определим по формуле

$$N_{cd} = \sqrt{\gamma_0^2 W^2 \sin^2 \alpha + \frac{0,25 (\pi a_0 F \gamma_6)^2 (h_6 k_{u2})^4 \cos^2 \Theta}{\lambda^2 \operatorname{sh}^2 \left(\frac{4\pi H}{\lambda} \right)}}, \quad (9)$$

где γ_0 – удельный вес элемента грунта во взвешенном состоянии, Н/м³; α – угол наклона отмели.

Удерживающая сила $N_{уд}$ определяется суммой сил трения и сцепления грунта в воде. Принимая во внимание, что вдольбереговая составляющая движения материала переработки в виде наносов может возникать только лишь при наличии береговой отмели достаточной ширины, а также косоподходящего ветрового волнения к урезу воды под углом Θ (рис. 7), в зависимости от N_{cd} и $N_{уд}$ введена поправка, учитывающая угол подхода волны к берегу:

$$N_{y\partial} = \gamma_0 W f \cos \alpha \cos \Theta, \quad (10)$$

где f – коэффициент внутреннего трения для несвязных грунтов [8]. Отношение величин N_{cd} и $N_{уд}$ является критерием устойчивости продольного профиля равновесия. Уравнение равновесия может быть записано так: $N_{y\partial} = N_{cd}$, откуда:

$$\gamma_0 W f \cos \alpha \cos \Theta = \sqrt{\gamma_0^2 W^2 \sin^2 \alpha + \frac{0,25 (\pi a_0 F \gamma_6)^2 (h_6 k_{u2})^4 \cos^2 \Theta}{\lambda^2 \operatorname{sh}^2 \left(\frac{4\pi H}{\lambda} \right)}}. \quad (11)$$

Разделив обе части (11) на $\frac{2}{3} F \sin \alpha \cos \Theta$ и учитывая, что $\frac{1}{\sin^2 \alpha} = 1 + m^2$, где $m = \operatorname{ctg} \alpha$ – коэффициент заложения откоса, имеем:

$$\gamma_0 d f m = \sqrt{\frac{\gamma_0^2 d^2}{\cos^2 \Theta} + \frac{0,25 (\pi a_0 \gamma_6)^2 (h_6 k_{u2})^4 (1 + m^2)}{\left(\frac{2}{3} \right)^2 \lambda^2 \operatorname{sh}^2 \frac{4\pi H}{\lambda}}}, \quad (12)$$

где d – диаметр элемента грунта (шарообразной формы) объемом W .

Обозначим $\frac{\gamma_0 d}{\cos \Theta} = \xi_1$, а $\frac{\pi a_0 \gamma_6 (h_6 k_{u2})^2 \sqrt{1 + m^2}}{\lambda \operatorname{sh} \frac{4\pi H}{\lambda}} = \xi_2$, тогда критерий устойчивости

профиля берега и береговой линии Π_2 равен:

$$\Pi_2 = \frac{\gamma_0 d f m}{\sqrt{\xi_1^2 + (0,75 \xi_2)^2}}. \quad (13)$$

При значении $\Pi_2 \geq 1$ профиль берега и береговая линия соответствуют равновесной форме профиля динамического равновесия. В противном случае, когда величина Π_2 менее 1, берег находится в стадии интенсивной переработки. (При построении карты районирования учитываются водные объекты со сроком эксплуатации не менее 15 лет.)

Заключение. В результате выполнения комплексных работ по исследованию абразионных процессов на водохранилищах Беларуси были решены следующие задачи:

- разработаны показатели абразионного риска по основным факторам, определяющим процесс абразии;
- уточнена карта районирования территории страны по развитию абразионного риска и переработки берегов;
- даны предложения по проведению районирования с учетом вводимых в эксплуатацию водохранилищ ГЭС на реках Беларуси;
- разработаны показатели, характеризующие риск-ситуации процесса переработки берегов, которые рекомендуется учитывать при районировании территории страны по абразионному риску;
- разработан критерий устойчивости для профиля берега и береговой линии $П_2$.

ЛИТЕРАТУРА

1. Широков, В.М. Водохранилища Белоруссии: природные особенности взаимодействия с окружающей средой / В.М. Широков, П.С. Лопух [и др.]. – Минск: Университетское, 1991. – 207 с.
2. Широков, В.М. Формирование берегов малых водохранилищ лесной зоны / В.М. Широков, П.С. Лопух, В.Е. Левкевич. – СПб.: Гидрометеоздат, 1992. – 160 с.
3. Левкевич, В.Е. Динамика берегов русловых, наливных и озерных водохранилищ Беларуси / В.Е. Левкевич. – Минск: Право и экономика, 2015. – 202 с.
4. Левкевич, В.Е. Динамическая устойчивость берегов водохранилищ Беларуси / В. Е. Левкевич. – Минск: Право и экономика, 2015. – 307 с.
5. Кобяк, В.В. Прогноз абразионных процессов на водохранилищах с трансформированным уровнем режимом: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.23.07 / В.В. Кобяк; Белорус. нац. техн. ун-т. – Минск, 2013. – 22 с.
6. Касперов, Г.И. Методические рекомендации по оценке рисков на искусственных водных объектах Республики Беларусь / Г.И. Касперов, В.Е. Левкевич, С.М. Пастухов, М.С. Кукшинов. – Минск: Право и экономика, 2007. – 63 с.
7. Левкевич, В.Е. Динамическая устойчивость берегов водохранилищ Беларуси: автореф. дис. ... докт. техн. наук: 05.23.07 / В.Е. Левкевич; Белорус. нац. техн. ун-т. – Минск, 2017. – 51 с.
8. Михневич, Э.И. Устойчивость берегов водохранилищ при формировании профиля динамического равновесия в несвязных грунтах / Э.И. Михневич, В.Е. Левкевич // Мелиорация. – 2016. – № 4 (78). – С.18–23.
9. Лонгинов, В.В. Динамика береговой зоны бесприливных морей / В.В. Лонгинов. – М.: Изд-во АН СССР, 1963. – 379 с.
10. Пышкин, Б.А. Динамика берегов водохранилищ / Б.А. Пышкин – Киев: Наукова думка, 1973. – 416 с.
11. Максимчук, В.Л. Рациональное использование и охрана берегов водохранилищ / В.Л. Максимчук. – Киев: Будівельник, 1981. – 112 с.
12. Михневич, Э.И. Новые типы креплений мелиоративных каналов / Э.И. Михневич. – Минск: Ураджай, 1978. – 128 с.
13. Шайтан, В.С. Проектирование креплений земляных откосов на водохранилищах / В.С. Шайтан. – М.: Госстройиздат, 1962. – 215 с.

REASONS FOR ACTIVATION OF ABRASION RISK AT WATER OBJECTS OF BELARUS AND CRITERIA OF ITS ZONING

Victor Levkevich, Grand PhD in Technical Sciences, Associate Professor

Belarusian National Technical University, Minsk, Belarus

Purpose. The reasons for the intensification of the risk of processes in the country, caused by the construction of a number of new reservoirs of the energy purpose, are shown. The shores of new reservoirs will be subject to active processing leading to the development of abrasion risk. The length of the abrasion coasts will increase by more than 20 km, which will have an impact on the adjacent territories and economic objects. The goal of the work is to refine the indicators that allow objectively to conduct zoning of the country's territory in terms of abrasion risk, which must be taken into account in future forecast calculations.

Methods. The paper uses data from field-based multi-year observations of the author for abrasion risk processes and the results of their statistical processing, as well as theoretical studies on the development of indicators of the sustainability of territories.

Findings. Based on the theoretical study of the formation of the profile of the dynamic equilibrium of abrasion shores and the equilibrium shoreline, new criteria for the regionalization of the territory of Belarus by abrasion risk have been developed and supplemented.

Application field of research. The developed methodical approaches to zoning of territories can be used for regionalization of regions for other risk-processes of a natural nature.

Conclusions. The results of regionalization of abrasion risk processes on the banks of the reservoirs of Belarus, taking into account the updated data, are of practical importance for determining management decisions and engineering measures to prevent the occurrence of risks at water bodies and minimize their consequences.

Keywords: reservoir, abrasion, abrasion risk, processing, coast, zoning, development factor, stability criterion.

(The date of submitting: March 3, 2018)

REFERENCES

1. Shirokov V.M., Lopukh P.S., Grechukhina T.D., Bazylenko G.M., Saplyukov F.V., Emel'yanov Yu.N., Grinevich A.G., Avsievich L.V., Kirilenko L.V., Lomako L.V., Shlyapnikov L.L., Gurina R.G., Spolitak Z.G., Levkevich V.E. *Vodokhranilishcha Belorussii: prirodnye osobennosti vzaimodeystviya s okruzhayushchey sredoy* [Reservoirs of Belarus: natural features of interaction with the environment]. Minsk, Universitetskoe, 1991. 207 p. (rus)
2. Shirokov V.M., Lopukh P.S., Levkevich V.E. *Formirovanie beregov malykh vodokhranilishch lesnoy zony* [Formation of the shores of small reservoirs of the forest zone]. St. Petersburg, Gidrometeoizdat, 1992. 160 p. (rus)
3. Levkevich V.E. *Dinamika beregov ruslovykh, nalivnykh i ozernykh vodokhranilishch Belarusi* [Dynamics of waterside of channel, bulk and lake water reservoirs of Belarus]. Minsk, Pravo i ekonomika, 2015. 202 p. (rus)
4. Levkevich V.E. *Dinamicheskaya ustoychivost' beregov vodokhranilishch Belarusi* [Dynamic stability of waterside reservoirs of Belarus]. Minsk, Pravo i ekonomika, 2015. 307 p. (rus)
5. Kobyak V.V. *Prognoz abraziionnykh protsessov na vodokhranilishchakh s transformirovannym urovnyem rezhimom* [Forecast abrasion processes in reservoirs with a transformed level regime]. PhD. tech. sci. diss. Synopsis: 05.23.07. Minsk, 2013. 22 p. (rus)
6. Kasperov G.I., Levkevich V.E., Pastukhov S.M., Kukshinov M.S. *Metodicheskie rekomendatsii po otsenke riskov na iskusstvennykh vodnykh ob'ektakh Respubliki Belarus'* [Methodical recommendations on risk assessment on artificial water bodies of the Republic of Belarus]. Minsk, Pravo i ekonomika, 2007. 63 p. (rus)
7. Levkevich V.E. *Dinamicheskaya ustoychivost' beregov vodokhranilishch Belarusi* [Dynamic stability of the waterside of the reservoirs of Belarus]. Grand PhD. tech. sci. diss. Synopsis. Minsk, 2009. 51 p. (rus)
8. Mikhnevich E.I., Levkevich V.E. *Ustoychivost' beregov vodokhranilishch pri formirovanii profilya dinamicheskogo ravnovesiya v nesvyaznykh gruntakh* [Stability of the waterside of reservoirs when forming a profile of dynamic equilibrium in disconnected soils]. *Melioratsiya*. 2016. No. 4 (78). Pp. 18–23. (rus)
9. Longinov V.V. *Dinamika beregovoy zony besprilivnykh morey* [Dynamics of the coastal zone of the tidal seas]. Moscow, Publishing House of the USSR Academy of Sciences, 1963. 379 p. (rus)

10. Pyshkin B.A. *Dinamika beregov vodokhranilishch* [Dynamics of the waterside of reservoirs]. Kiev, Naukova dumka, 1973. 416 p. (rus)
11. Maksimchuk V.L. *Ratsional'noe ispol'zovanie i okhrana beregov vodokhranilishch* [Rational use and protection of the waterside of reservoirs]. Kiev, Budivel'nik, 1981. 112 p. (rus)
12. Mikhnevich E.I. *Novye tipy krepleny meliorativnykh kanalov* [New Types of Fixings of Reclamation Channels]. Minsk, Uradzhay, 1978. 128 p. (rus)
13. Shaytan V.S. *Proektirovanie krepleny zemlyanykh otkosov na vodokhranilishchakh* [Designing of anchorages of earthen slopes on reservoirs]. Moscow, Gosstroyizdat, 1962. 215 p. (rus)

УДК 351.861

ПЕРСПЕКТИВЫ СОЗДАНИЯ ГОСУДАРСТВЕННОЙ СИСТЕМЫ ГРАЖДАНСКОЙ ЗАЩИТЫ

Тихонов М.М., Субботин М.Н., Бордак С.С.

Дана характеристика существующих зарубежных государственных систем защиты населения от чрезвычайных ситуаций в мирное и военное время. Рассмотрена возможность создания в Беларуси и предложена структурная схема государственной системы гражданской защиты, выполняющей функции защиты населения от чрезвычайных ситуаций как в мирное, так и военное время.

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

(Поступила в редакцию 13 августа 2018 г.)

Введение. История развития человечества представляет собой во многом историю войн и развития научно-технического прогресса, которые явились причиной возникновения чрезвычайных ситуаций (ЧС) как природного, так и техногенного характера, гибели людей от оружия массового поражения.

В Первой мировой войне потери мирного населения составили 5 % от общего количества погибших, во Второй мировой войне – 50 %, в войне в Корее – 84 %, а во Вьетнаме – около 90 % [1]. Наблюдается увеличение количества ЧС в мирное время. Только за 7 месяцев текущего года в Республике Беларусь произошло 3307 ЧС, в результате которых погибли 311 человек, в том числе 8 детей, уничтожено 1069 строений, повреждено 3332 строения [2]. Такие крупные ЧС, как Чернобыльская катастрофа (1986 г.), землетрясение в Армении (1988 г.), наводнение в Краснодарском крае Российской Федерации (2012 г.), массовые природные пожары в Республике Хакасия Российской Федерации (2015 г.), подтверждают, что материальный ущерб и потери среди населения при ЧС сопоставимы по объемам с возникающими потерями и ущербом в результате боевых действий.

В связи с этим защита гражданского населения от ЧС природного и техногенного характера, военных опасностей и создание условий, обеспечивающих выживание людей в такого рода катастрофах, являются неотъемлемой частью обеспечения национальной безопасности, независимости и суверенитета нашей страны.

Целью данной работы стало изучение существующих зарубежных государственных систем защиты населения от ЧС как в мирное, так и военное время, и возможности создания в Республике Беларусь единой системы защиты населения от ЧС мирного и военного времени.

Анализ существующих систем защиты населения от ЧС мирного и военного времени стран мира и Республики Беларусь. Технологическое развитие, изменение военно-политической обстановки, формирование и использование новых методов ведения вооруженного противостояния и способов использования вооруженных сил обуславливают возникновение новых источников опасности, а следовательно, необходимо применение новых способов и средств защиты от них для обеспечения безопасности. Данный подход положен в основу организации защитных мероприятий и создания соответствующих государственных систем безопасности.

Для построения таких систем необходимо ориентироваться на складывающуюся международную, военно-политическую и социально-экономическую обстановку. Необходимо при этом учитывать и опыт других стран. Начиная с 1970 гг. годов государства Западной Европы строили свою правовую и организационную деятельность в области предупреждения и ликвидации ЧС по двум основным направлениям:

1) принятие новых законов и создание новых органов управления или подразделений в существующих государственных структурах управления (например, в Министерстве обороны, Министерстве внутренних дел);

2) согласование действующих нормативных актов и усиление координации работы государственных, частных и общественных организаций в направлении предупреждения и ликвидации ЧС.

Основные специфические особенности зарубежных стран в организации деятельности государственных систем защиты от ЧС и государственных органов, в составе которых эти системы находятся, представлены в таблице 1.

Что касается систем антикризисного управления в области защиты от ЧС стран НАТО, то здесь основные усилия сосредоточены на обеспечении постоянной готовности к выполнению задач по предназначению органов управления и сил данных систем. В целях защиты населения оборудовано необходимое количество защитных сооружений двойного назначения, предусмотрены безопасные районы для отселения населения из районов ЧС.

Таблица 1. – Системы антикризисного управления в зарубежных странах

Страна	Государственный орган	Профильное подразделение	Особенность
Великобритания	Министерство внутренних дел	Управление гражданской обороны (ГО)	Основные защитные мероприятия проводятся под началом комитетов ГО местных органов власти. При переходе на военное положение происходит консолидация органов управления в округа и подокруга ГО. Создана прогрессивная служба оповещения и связи, сопряженная с системой оперативного центра Атлантической зоны ПВО НАТО. Имеется большое количество защитных сооружений. Отсутствуют собственные поисково-спасательные формирования. Мероприятия по ликвидации последствий ЧС реализуют вооруженные силы, полиция и различные добровольные организации
Германия	Ведомство федерального канцлера	Федеральное управление ГО	Большое количество благотворительных организаций по всей стране, которые участвуют в мероприятиях по защите от ЧС. Широко развито добровольчество. Развитая правовая система мотивации службы на добровольной основе
Франция	Министерство внутренних дел	Национальное управление ГО и гражданской безопасности	Основу сил составляют добровольные формирования. Активная позиция по международному гуманитарному сотрудничеству и участию в спасательных операциях за рубежом страны, как следствие высокая подготовленность спасательных формирований. За защиту гражданского населения в регионах ответственны префекты, в каждом регионе создана межведомственная региональная служба с развитой системой оповещения и связи, современной системой прогнозирования зон радиоактивного и химического заражения
Италия	Министерство гражданской защиты	Министерство гражданской защиты	Территория страны разделена на 12 зон, в которых за гражданскую защиту отвечает специальный штаб, возглавляемый инспектором. Основу сил составляют пожарные подразделения. Спланирован мобилизационный ресурс. В случае необходимости привлекаются карабинеры и личный состав полиции, а также вооруженные силы
США	Министерство внутренней безопасности	Федеральное агентство по управлению в ЧС; управление реагирования на ЧС; управление защиты от оружия массового поражения; управление анализа информации и защиты инфраструктуры	Отсутствие формирований гражданской защиты. Для ликвидации ЧС привлекаются силы национальной гвардии (сформированный резерв Вооруженных сил США), которые подчинены губернаторам штатов, полиция, пожарные, специальные подразделения скорой помощи, силы добровольной организации «Гражданский военный патруль». Большое количество благотворительных организаций (американский Красный Крест, общество «Армия спасения» и др.) участвует в предупреждении и ликвидации ЧС

Продолжение таблицы 1

Страна	Государственный орган	Профильное подразделение	Особенность
Финляндия	Министерство внутренних дел	Департамент спасательных служб	Существует высоко подготовленная и оснащенная спасательная служба, главной особенностью которой является организационное объединение всех привлекаемых к ликвидации ЧС формирований и служб. Функционирует автоматизированная система оповещения о ЧС. Организовано волонтерское движение
Швеция	Министерство обороны	Департамент спасательных служб	Широкая сеть защитных сооружений (на 100 человек – 1 сооружение в целом по стране). Определен правовой механизм привлечения дополнительных сил для ликвидации ЧС из числа персонала промышленных предприятий

В ряде стран порядок привлечения населения в спасательные формирования имеет свои особенности: например, в США, Канаде, Великобритании он носит добровольный характер, в Турции и Португалии – обязательный по призыву, в Германии, Франции, Бельгии, Норвегии и Нидерландах – добровольный в сочетании с обязательным призывом определенных категорий граждан [3].

Наряду с этим необходимо отметить, что особая роль отводится планированию деятельности, осуществляемой на уровне мэрий, которые реализуют наибольший объем защитных мероприятий в случае возникновения ЧС на местном уровне. Они обеспечивают подготовку планов, правовых документов по вопросам предупреждения и ликвидации ЧС, осуществляют контроль готовности к выполнению задач элементов системы, что имеет некоторую схожесть с направлением данной деятельности в Республике Беларусь.

В случае возникновения ЧС мэрии обеспечивают взаимодействие всех предприятий и организаций вне зависимости от их форм собственности, аварийных и силовых служб, в том числе военных, находящихся на соответствующей территории, для выполнения совместных работ по их ликвидации, координируют взаиморасчеты по расходам, связанным с выполнением мероприятий по ликвидации ЧС.

В целом можно выделить следующие принципы организации государственных систем управления защитой в ЧС США и Западной Европы:

- доминирующая государственная принадлежность этих систем, стратегическое управление которыми осуществляется высшими должностными лицами, непосредственное управление обеспечивается специальным государственным органом (зачастую самостоятельным ведомством или структурным подразделением в составе ведущего силового министерства);
- профилактическая направленность на недопущение возникновения ЧС и работы, направленные на ликвидацию при их возникновении, являются обязательными общими характеристиками для широкого круга государственных органов;
- финансирование ведется за счет государственных программ;
- профилактические аспекты деятельности определяют направление правового регулирования.

Проведенный анализ позволяет выделить основные направления деятельности в странах мира систем, обеспечивающих безопасность населения в условиях ЧС:

- 1) привлечение специально уполномоченных сил полиции, медицинских формирований, различных общественных и благотворительных организации, а также вооруженных сил при оказании помощи населению в ЧС;
- 2) широкое развитие сети защитных сооружений и сооружений двойного назначения для укрытия и защиты населения;
- 3) подготовленность экономики для перевода на военное время;
- 4) тщательное планирование мероприятий по обеспечению устойчивого управления экономикой и функционирования всех видов транспорта;
- 5) практико-ориентированная система подготовки действиям в ЧС руководителей, специалистов и населения;
- 6) финансирование как из бюджета, так и за счет частных взносов.

В последнее время в западных странах просматривается тенденция по оптимизации структур и расширению возможности 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 нашей страны функцию защиты от ЧС выполняла гражданская оборона, преимущественно она ориентировалась на решение задач военного времени, рассматривая ликвидацию 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. С учетом относительно благоприятной внешней и внутривнутриполитической обстановки, а также 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 была создана Государственная система предупреждения и ликвидации ЧС (ГСЧС), объединяющая усилия министерств и ведомств, органов местного управления в единую систему, обеспечивающую возможность решать проблему безопасности населения и территорий комплексно, проводить единую государственную политику в этой области.

В ГСЧС Республики Беларусь установлена четкая структура, которая организуется по административно-территориальному и отраслевому принципам и предусматривает 4 уровня: республиканский, территориальный, местный и объектовый. Каждый из указанных уровней состоит из следующих элементов: координирующие органы, органы управления по ЧС, информационно-управляющая система, силы и средства, резерв финансовых и материальных ресурсов для ликвидации ЧС [4, 5].

Можно отметить идентичность построения ГО и ГСЧС: организацию по административно-территориальному и отраслевому принципам. Мероприятия ГО проводятся:

- на территории всей страны;
- в административно-территориальных единицах;
- в республиканских органах государственного управления, иных государственных организациях, подчиненных Правительству Республики Беларусь, других организациях, подлежащих переводу на работу в условиях военного времени.

В Республике Беларусь должностные лица, отвечающие за руководство и являющиеся начальниками ГО на соответствующих уровнях, закреплены нормативно. Установлены органы управления ГО, ее силы и службы [6].

ГО, направленная на защиту от опасностей в военное время, вследствие отсутствия опыта практических действий и взаимодействия сил различного уровня, будет иметь значительные затруднения в реализации защитных функций и готовности в условиях войны. ГСЧС, имеющая слаженную систему и практический опыт выполнения защитных мероприятий в мирное время, не сможет полноценно функционировать и качественно реализовывать поставленные задачи в военное время, т. к. значительно изменятся условия их выполнения, что диктуется особым правовым режимом, вводимым на территории Республики Беларусь в случае военной угрозы, возможными действиями экстремистских групп, а также временным ограничением прав и свобод граждан, прав организаций, возложением на них особых обязанностей. Возникает потребность в системе, способной отвечать складывающейся обстановке и современным угрозам вне зависимости от мирного или военного времени, что влечет за собой формирование принципиально новой государственной системы гражданской защиты, создание которой возможно путем слияния и оптимизации ГСЧС и ГО [7].

Интеграция ГСЧС и ГО видится нам целесообразной по следующим причинам:

- единство физических принципов, лежащих в основе поражающих факторов опасных природных явлений, аварий, катастроф и применяемого оружия, и сходство их воздействия на людей, объекты экономики и инфраструктуры;
- единство целевых функций и функциональных задач системы на мирное и военное время;
- возможность решения задач мирного и военного времени практически одними и теми же органами управления, силами и средствами;
- сходство методологии и организации наблюдения, контроля, оценки обстановки и ликвидации последствий различных воздействий в мирное и военное время.

С учетом вышеизложенного и на основе действующих нормативных правовых и технических нормативных правовых актов Республики Беларусь в области защиты населе-

ния и территорий от ЧС природного и техногенного характера, опасностей, возникающих при ведении военных действий или вследствие этих действий, разработан проект модельного закона СНГ «О гражданской защите», который устанавливает правовые основы функционирования государственной системы гражданской защиты, определяет ее основные задачи, организационные принципы построения и функционирования.

Так, согласно этому закону основными задачами гражданской защиты будут являться:

- разработка и реализация правовых и экономических норм по обеспечению по защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций, опасностей, возникающих при ведении военных действий или вследствие этих действий;
- обеспечение готовности к действиям органов управления, сил и средств гражданской защиты к ликвидации чрезвычайных ситуаций, а также опасностей, возникающих при ведении военных действий или вследствие этих действий;
- проведение аварийно-спасательных и других неотложных работ;
- обучение населения способам защиты от чрезвычайных ситуаций, а также опасностей, возникающих при ведении военных действий или вследствие этих действий;
- создание, накопление, хранение, освежение резервов материальных ресурсов для ликвидации чрезвычайных ситуаций и использование их при выполнении мероприятий гражданской защиты;
- временное отселение населения, укрытие в защитных сооружениях, обеспечение средствами индивидуальной защиты;
- оперативное доведение до населения, должностных лиц, органов управления гражданской защиты сигналов оповещения и информации о чрезвычайных ситуациях, опасностях, возникающих при ведении военных действий или вследствие этих действий, и о порядке и правилах поведения в сложившейся обстановке;
- эвакуация материальных и историко-культурных ценностей в безопасные районы в случае, если существует реальная угроза их уничтожения, похищения или повреждения;
- первоочередное обеспечение населения, пострадавшего от чрезвычайных ситуаций, опасностей, возникающих при ведении военных действий или вследствие этих действий, водой, продуктами питания, лекарственными средствами и изделиями медицинского назначения;
- оказание медицинской помощи населению, пострадавшему от чрезвычайных ситуаций, опасностей, возникающих при ведении военных действий или вследствие этих действий, и принятие необходимых мер;
- осуществление мероприятий по социальной защите населения, пострадавшего от чрезвычайных ситуаций, опасностей, возникающих при ведении военных действий или вследствие этих действий, проведение гуманитарных акций;
- международное сотрудничество в области гражданской защиты;
- иные задачи, установленные актами национального законодательства Республики Беларусь.

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

Создание ГСГЗ Республики Беларусь позволит:

- сформировать единую нормативную правовую, нормативную техническую, организационную и методологическую базу в сфере гражданской защиты вне зависимости от ввода военного положения;
- выстроить целостную и экономически целесообразную систему органов управления, мониторинга, оповещения и связи;
- создать достаточную и обоснованную группировку сил и средств для реализации защитных мероприятий;
- обеспечить действенное взаимодействие между республиканскими органами государственного управления, другими организациями, подчиненными Правительству Республики Беларусь, местными исполнительными и распорядительными органами и субъектами хозяйствования в интересах гражданской защиты.

ЛИТЕРАТУРА

1. Воробьев, Ю.Л. Современные войны и гражданская оборона / Ю.Л. Воробьев // Стратегия гражданской защиты: проблемы и исследования. – 2012. – № 1. – С. 791–810.

2. Информационно-статистический сборник МЧС Республики Беларусь «Основные показатели складывающейся обстановки с чрезвычайными ситуациями» [Электронный ресурс]. Министерство по чрезвычайным ситуациям Респ. Беларусь. – Минск, 2015. – Сервер МЧС Беларуси «Альфа».
3. Шпаковский, Ю.Г. Основные мировые тенденции развития систем антикризисного управления и обоснование предложений по формированию государственной политики в области защиты населения и территорий на период до 2010 года / Ю.Г. Шпаковский, В.П. Малышев, Э.Я. Богатырев, В.С. Исаев, Р.Т. Юлдашев // Стратегия гражданской защиты: проблемы и исследования. – 2013. – № 2. – С. 538–561.
4. О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера [Электронный ресурс]: Закон Респ. Беларусь от 5 мая 1998 г. № 141-З: в ред. Закона Респ. Беларусь от 10 июля 2012 г. № 401-З // Консультант Плюс: Беларусь. Технология 3000 / ООО «ЮрСпектр», Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. – Минск, 2015.
5. О Государственной системе предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций [Электронный ресурс]: постановление Совета Министров Респ. Беларусь, 10 апр. 2001 г., № 495 // ЭТАЛОН. Законодательство Республики Беларусь / Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. – Минск, 2015.
6. О гражданской обороне [Электронный ресурс]: Закон Респ. Беларусь, 27 ноября 2006 г. № 183-З: в ред. Закона Респ. Беларусь от 31 декабря 2009 г. № 114-З // Консультант Плюс: Беларусь. Технология 3000 / ООО «ЮрСпектр», Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. – Минск, 2015.
7. 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.

PERSPECTIVES OF THE CREATION OF THE STATE SYSTEM OF CIVIL PROTECTION

Maxim Tikhonov, PhD in Technical Sciences, Associate Professor

Mikhail Subbotin, PhD in Military Sciences, Associate Professor

Sergey Bordak

The state educational establishment «University of Civil Protection of the Ministry of Emergency Situations of the Republic of Belarus», Minsk, Belarus

Purpose. Current foreign state systems of population protection from military attacks and emergency situations in peacetime have been analyzed and characterized. The possibility of creation and structural scheme of state system of civil protection is considered which provides the protection of population from military attack, and natural as well as human-made disasters.

Methods. The method of analysis.

Findings. The article presents possible directions and ways of development of the civil protection in the Republic of Belarus in the main directions of the social, economic, scientific, technical and technological development of the country.

Application field of research. The obtained data can be used in the field of the organization of activities of civil protection in the Republic of Belarus.

Conclusions. In this article based on the analysis of the current situation a description of possible directions and ways of development of the civil protection in the Republic of Belarus within the framework of the main directions of the social, economic, scientific, technical and technological development of the country is presented.

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

(The date of submitting: August 13, 2018)

REFERENCES

1. Vorob'ev Ju.L. Yu.L. *Sovremennye voyny i grazhdanskaya oborona* [Modern wars and civil defense]. *Strategiya grazhdanskoy zashchity: problemy i issledovaniya*. 2012. No. 1. Pp. 791–810. (rus)
2. *Informatsionno-statisticheskiy sbornik MChS Respubliki Belarus' «Osnovnye pokazateli skladyvayushcheysya obstanovki s chrezvychaynymi situatsiyami»* [Information and statistical collection of the Ministry of Emergency Situations of the Republic of Belarus «Main indicators of the emerging situation with emergency situations»]. The server of the Ministry of Emergency Situations of Belarus «Alfa». Minsk, 2015. (rus)
3. Shpakovskiy Yu.G., Malyshev V.P., Bogatyrev E.Ya., Isaev V.S., Yuldashev R.T. *Osnovnye mirovye tendentsii razvitiya sistem antikrizisnogo upravleniya i obosnovanie predlozheniy po formirovaniyu gosudarstvennoy politiki v oblasti zashchity naseleniya i territoriy na period do 2010 goda* [Main world tendencies in development of anti-crisis management systems and justification of proposals on the formation of state policy in the field of protection of the population and territories for the period up to 2010]. *Strategiya grazhdanskoy zashchity: problemy i issledovaniya*. 2013. No.2. Pp. 538–561.
4. *O zashchite naseleniya i territoriy ot chrezvychaynykh situatsiy prirodno i tekhnogennogo kharaktera: Zakon Resp. Belarus' ot 5 maya 1998 g. № 141-Z* [On protection of the population and territories from natural and man-made emergency situations Law of the Republic of Belarus, May 5, 1998, No. 141-Z]. National Center of Legal Information of the Republic of Belarus. Minsk. 2015. (rus)
5. *O Gosudarstvennoy sisteme preduprezhdeniya i likvidatsii chrezvychaynykh situatsiy: postanovlenie Soveta Ministrov Resp. Belarus', 10 apr. 2001 g., № 495* [About the State System of Prevention and Elimination of Emergency Situations: Decree of the Council of Ministers of the Republic of Belarus, April 10, 2001, No. 495]. National Center for Legal Information of the Republic of Belarus. Minsk. 2015. (rus)
6. *O grazhdanskoy oborone: Zakon Resp. Belarus', 27 noyabrya 2006 g. № 183-Z* [On Civil Defense: Law of the Republic of Belarus, November 27, 2006, No. 183-Z]. National Center for Legal Information of the Republic of Belarus. Minsk. 2015. (rus)
7. Bordak S.S., Subbotin M.N., Tikhonov M.M. *O vozmozhnosti razvitiya grazhdanskoy oborony v Respublike Belarus' putem sozdaniya edinoj gosudarstvennoy sistemy grazhdanskoy zashchity* [The possibility of creation of the state system of civil protection of the Republic of Belarus]. *Vestnik Komandno-inzhenernogo instituta MChS Respubliki Belarus'*. 2015. No. 2 (22). Pp. 87–92. (rus)

УДК 614.8.014

ФОРМИРОВАНИЕ НАВЫКОВ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ СРЕДИ ОБУЧАЮЩИХСЯ И НАСЕЛЕНИЯ СЕЛЬСКОЙ МЕСТНОСТИ

Сарасеко Е.Г.

Проведен анализ современных технологий обучения студентов в высших учебных заведениях Республики Беларусь и стран СНГ, приведены примеры использования отдельных методов обучения курсантов и населения в высшем учебном заведении технического профиля, затронут вопрос создания добровольных пожарных формирований в сельской местности. По результатам обзорно-аналитического анализа конкретизированы причины возникновения пожаров в сельской местности и предложен ряд мероприятий образовательного характера, позволяющих будущим сотрудникам МЧС грамотно принимать профессиональные решения в плане противопожарной защиты населения и вырабатывать в себе психоэмоциональную устойчивость в условиях работы на пожаре.

Ключевые слова: пожарная профилактика, противопожарная защита, пожар, сельскохозяйственные организации, презентация по основам безопасной жизнедеятельности, пропаганда правил пожарной безопасности.

(Поступила в редакцию 8 мая 2018 г.)

Известно, что главной причиной пожаров на объектах в отраслях экономики, жилом секторе и других является отсутствие у населения знания элементарных правил и требований пожарной безопасности либо несоблюдение этих требований со стороны граждан, работников и служащих, а также руководителей объектов и собственников имущества. Обеспечение пожарной безопасности объектов на должном уровне во многом зависит от кадрового потенциала [1]. Согласно концептуальным подходам к развитию системы образования Республики Беларусь до 2020 г. и на перспективу до 2030 г. на повестке дня определяется задача развития социально-личностных компетенций студентов, нацеленных на профессиональной самосовершенствование, патриотизм, поддержку института семьи, здорового образа жизни [2].

Мероприятия, направленные на обеспечение пожарной безопасности, проводятся по двум направлениям – пожарная профилактика и активная противопожарная защита. Первое направление связано с недопущением возникновения пожаров или взрывов с максимально возможным ослаблением последствий этих явлений, если они все-таки произойдут. Второе направление охватывает мероприятия по ликвидации возникших пожаров [3].

Качественная и эффективная профилактика пожаров, а также оперативное реагирование на ситуацию с целью успешной ликвидации пожара в тех размерах, которые он принял к моменту прибытия подразделений, требуют от специалиста службы пожарной безопасности глубоких знаний и необходимых навыков, в связи с чем вопросы подготовки высококвалифицированных кадров, отвечающих современным требованиям, всегда являлись приоритетными [1].

Существенными характеристиками педагогической системы являются целевые ориентации и результаты. Мы разделяем точку зрения Т.Н. Роговича [4], что педагогическая технология – это содержательное обобщение, вбирающее в себя смыслы определений различных авторов (источников):

1. Технология – это совокупность приемов, применяемых в каком-либо деле, мастерстве, искусстве (словарь БСЭ) [4, с. 84].

2. Педагогическая технология – совокупность психолого-педагогических установок, определяющих специальный набор и компоновку форм, методов, способов, приемов обучения, воспитательных средств; она есть организационно-методический инструментарий педагогического процесса (Б.Т. Лихачев) [4, с. 85].

3. Педагогическая технология – содержательная техника реализации учебного процесса (В.П. Беспалько) [4, с. 85].

4. Педагогическая технология – описание процесса достижения планируемых результатов обучения (И.П. Волков) [4, с. 85].

5. Технология – искусство, мастерство, умение, совокупность методов обработки, изменения состояния (В.М. Шепель) [4, с. 85].

6. Технология обучения – составная процессуальная часть дидактической системы (М. Чошанов) [4, с. 85].

7. Педагогическая технология – это продуманная во всех деталях модель совместной педагогической деятельности по проектированию, организации и проведению учебного процесса с безусловным обеспечением комфортных условий для учащихся и учителя (В.М. Монахов) [4, с. 85].

8. Педагогическая технология – системный метод создания, применения и определения всего процесса преподавания и усвоения знаний с учетом технических и человеческих ресурсов и их взаимодействия, ставящий своей задачей оптимизацию форм образования (ЮНЕСКО) [4, с. 85].

9. Педагогическая технология означает системную совокупность и порядок функционирования всех личностных, инструментальных и методологических средств, используемых для достижения педагогических целей (В.В. Гузев) [4, с. 85].

Успешное формирование профессионализма личности и деятельности будущих специалистов базируется на их готовности к труду. Профессионалом можно считать человека, который овладел нормами профессиональной деятельности, профессионального общения и осуществляет их на высоком уровне, добиваясь профессионального мастерства, соблюдая профессиональную этику, следуя профессиональным ценностным ориентациям. Одним из наиболее эффективных современных подходов, позволяющих целенаправленно и комплексно решать задачи формирования у специалистов способностей и потребностей в постоянном обновлении профессиональных знаний и умений, творческом саморазвитии, направленности на достижение высот профессионализма, является акмеологический подход (система принципов, приемов и методов, позволяющих решать акмеологические проблемы и задачи). Целью реализации акмеологического подхода в системе подготовки специалистов и всех групп населения в области защиты от чрезвычайных ситуаций является осуществление акмеолого-педагогических воздействий на обучающихся с тем, чтобы у них формировалась акмеологическая направленность личности как стержневое свойство и важнейший показатель профессионализма личности [5]. Акмеологическая направленность – это качественная характеристика общей направленности личности, ориентирующая ее на прогрессивное профессиональное развитие и саморазвитие, на максимальную творческую самореализацию как в профессиональной сфере, так и в жизнедеятельности в целом.

О.М. Мартын, А.И. Харчук, О.В. Миллер считают, что основными принципами обеспечения пожарной безопасности в обществе являются:

- 1) разработка стратегии пожарной безопасности как составляющей стратегии национальной безопасности;
- 2) выявление возможных источников потенциальной пожарной опасности;
- 3) мониторинг и анализ объективных показателей состояния пожарной опасности;
- 4) проведение активной инвестиционной политики с целью создания безопасных условий функционирования общества и национальной экономики;
- 5) эффективное взаимодействие государственных органов в ходе реализации стратегии пожарной безопасности [6].

По мнению специалистов, пожарная безопасность является саморегулирующейся системой исходя из общественной потребности обеспечения пожарной безопасности и предусматривает сложное взаимодействие людей, коллективов, общества, окружающей среды, взаимодействующих между собой, причем это взаимодействие постоянно усложняется. Именно человек с его потребностью в пожарной безопасности является важнейшей его частью. Среди особенностей развития пожарной безопасности с позиции социосистемы исследователи выделяют гуманистический характер пожарной безопасности. «Гуманизация пожарной безопасности – это процесс создания в обществе соответствующих гуманитарных ценностных концептов, целью которого является повышение уровня защищенности различных категорий населения, а также окружающей природной среды и техносферы от пожаров за счет усиления институциональных, образовательно-воспитательных и организационно-управленческих факторов личного и коллективного поведения. Субъектом гуманизации является человек. Гуманистический подход включает в себя соблюдение гуманитарных принципов профилактики и тактики пожаротушения, обеспечивающих минимизацию материального ущерба, гибели и травмирования людей от пожаров [7].

Необходимость обучения населения правилам пожарной безопасности вызывается тем, что большинство пожаров происходит в жилых домах. Подобные пожары чаще, чем

другие, сопровождаются гибелью и травмами людей. Особенностью тушения пожаров в населенных пунктах сельскохозяйственных организаций является: скученность жилых и хозяйственных построек; низкая огнестойкость зданий; отсутствие или удаленность водоемов; отсутствие хороших подъездов к водоемам; трудность их эксплуатации в зимний период; отсутствие твердых покрытий дорог, влияющее на движение транспорта в распутицу, особенно весной, осенью и зимой в период снежных заносов; отсутствие развитых систем связи, затрудняющее своевременный вызов пожарных подразделений. При таком пожаре возможно: быстрое распространение огня по горючим строениям и материалам; массовая гибель животных; перенос огня (искр, головней) на значительные расстояния; взрывы бытовых газовых баллонов; опасность поражения электрическим током. Поэтому в сельской местности при развертывании сил и средств подразделений по чрезвычайным ситуациям необходимо:

- организовать своевременный вызов сил и средств подразделений по чрезвычайным ситуациям, предусмотренных расписанием выезда;
- организовать спасание людей, эвакуацию животных и материальных ценностей одновременно с принятием мер по предупреждению распространения огня;
- мобилизовать через администрацию населенного пункта и руководство сельскохозяйственной организации на тушение развившихся пожаров технику хозяйства и население;
- использовать тракторы, бульдозеры и другую технику для создания разрывов на путях возможного распространения огня;
- выставить посты с первичными средствами пожаротушения при угрозе возникновения новых очагов горения [8].

Здесь роль руководителя ликвидации чрезвычайной ситуации (РЛЧС) очень значима для положительного исхода боевой работы. РЛЧС, как правило, владеет необходимыми знаниями и навыками по организации всего комплекса мероприятий оперативно-тактического блока. Но зачастую время на принятие решения ограничено. Тогда и проявляется способность РЛЧС действовать правильно, не принимая во внимание второстепенную информацию. Здесь необходимо учитывать одну особенность, связанную с тем, что деятельность РЛЧС тесно сопряжена с возникновением чрезмерного эмоционального напряжения, которое может приводить к различным формам психической дезадаптации. Тренировка, которую мы предлагаем, научит работников МЧС снижать напряжение и поможет задействовать один из универсальных способов преодоления стресса (снижение ритмики):

- занятие физическим трудом: переставляйте мебель, убирайте, работайте в саду;
- зарядка/гимнастика, пробежка и обычная ходьба в среднем темпе;
- контрастный душ;
- крик, топанье ногами, битье ненужной посуды;
- дать волю слезам, поделиться своими переживаниями с людьми, которым вы можете доверять [9].

Помимо универсальных способов есть такие, которые помогают справиться с каждой конкретной стрессовой реакцией организма. Например, страх – это чувство, оберегающее нас от рискованных, опасных поступков. Справиться с приступом страха можно самому при помощи следующих простых приемов: попытаться сформулировать про себя, а потом проговорить вслух, что вызывает страх. Если есть возможность, поделитесь своими переживаниями с окружающими людьми. Выказанный страх становится меньше; при приближении приступа страха дышать нужно неглубоко и медленно – вдыхать через рот, а выдыхать через нос. Чередуйте глубокое и нормальное дыхание до тех пор, пока не почувствуете себя лучше. Важно понимать, что имеются разработанные универсальные способы и на преодоление тревоги, двигательного возбуждения и т. д. [9]. Для совершенствования подготовки руководителей данного уровня возможно использовать методики заблаговременного преодоления стресса. Данные методики способствуют быстрейшему нахождению и длительному удерживанию необходимого состояния, обеспечивающего положительный исход проведения спасательных работ при ликвидации пожаров [10, 11].

Практика показывает, что пожары в жилых домах происходят главным образом из-за незнания и несоблюдения населением правил пожарной безопасности в быту. Правильно подобранный подход, формы и методы обучения для различных групп населения в сельской местности помогут не только сократить количество пожаров, но и снизить число погибших людей в случае его возникновения за счет выработанных алгоритмов поведения. По сведениям международной ассоциации пожарно-спасательных служб, в мире насчитываются при-

мерно 1,3 млн профессиональных пожарных и 14 млн добровольных пожарных. При этом добровольные пожарные формирования самостоятельно ликвидируют 30–50 % возникающих пожаров, в Республике Беларусь этот показатель составляет менее 3 %. Данная статистика позволяет нам поддержать пожарное добровольчество. Ведь непосредственное участие граждан в тушении пожаров – это наиболее быстрое влияние на искоренение у населения социально-индигенческого подхода в обеспечении безопасной жизнедеятельности, т. к. у людей вырабатывается гражданская позиция, осознание собственной необходимости обществу [12]. Например, эффективная пожарная безопасность в сельской местности может быть достигнута за счет создания добровольных пожарных формирований (переход из внешнего управления на самоуправление при составлении совместно с работниками МЧС схемы наиболее пожароопасных мест (опорных точек)). При этом опорные точки ежедневно должны осматриваться руководителями соответствующих сельскохозяйственных организаций. Для выполнения данной цели в Гомельском филиале Университета гражданской защиты МЧС Республики Беларусь (далее – УГЗ) проводятся республиканские турниры среди добровольных пожарных команд. 25 августа 2017 года на базе Гомельского филиала УГЗ состоялся такой турнир. Добровольцы пожарного дела соревновались в следующих дисциплинах: преодоление 100-метровой полосы с препятствиями, пожарная эстафета 3 по 100 метров и боевое развертывание от мотопомпы. Необходимо отметить, что этапы соревнований не стали традиционными элементами пожарно-спасательного спорта, т. к. акцент был сделан на тренировку добровольцев в условиях, приближенных к практической работе при ликвидации пожаров. Участники соревнований тогда показали хорошие навыки, достойные спортивные результаты и способность оказать помощь людям, терпящим бедствие [12]. Подобные турниры являются срезом готовности добровольных пожарных формирований страны к ликвидации чрезвычайных ситуаций. Развитие пожарного добровольчества в стране может базироваться на основе государственной стратегии обеспечения пожарной безопасности, а конкретные шаги могут быть следующими:

1) определение места и перспективы добровольных пожарных формирований в обеспечении пожарной безопасности страны и закрепление в законодательстве (Закон «О пожарной безопасности» от 15 июня 1993 г. № 2403-ХП и программные документы);

2) принятие краткой и конкретной программы, минимум на 3 года, по обеспечению пожарной безопасности;

3) неформальное закрепление ответственности руководителей органов власти, руководителей организаций, предприятий за возможные варианты пожарной защиты территорий ведомств, предприятий, в т. ч. нефтепереработки, БелАЭС;

4) принятие минимального пакета обязательных государственных стимулов создателям и участникам добровольных формирований и разрешающего документа стимулировать эту деятельность органам власти и субъектам хозяйствования;

5) передача функции создания подразделений по защите от пожаров и ЧС, их финансирования органам местной власти;

6) для организации смешанных подразделений (добровольцы и профессионалы) переработка и принятие нормативных документов [12].

Для обучения населения правилам пожарной безопасности целесообразно использовать следующие формы и методы работы: тематические вечера, выступления пожарных в клубах, выступления через местные радиоузлы, проведение викторин в школах, показ пожарной техники. Известно, что предотвращение пожара достигается комплексом профилактических мер, исключающих образование горючей среды, источников зажигания, поддержание температуры горючей среды и давления в ней ниже максимально допустимой [13]. Сформировав ориентировочное мышление у будущих инженеров-спасателей, направленное как на снижение вероятности возникновения чрезвычайных ситуаций, так и на уменьшение возможных потерь от них, будет легче сформировать действия, предупреждающие возникновение ЧС. Качество подготовки специалистов в области защиты от чрезвычайных ситуаций во многом зависит от умения обучающихся направлять свои усилия на систематическую самостоятельную работу, рационально выстроенную учебную деятельность, преодоление трудностей, связанных с овладением новой специальностью. Важнейшим фактором становления профессионализма и личностного развития специалистов является самовоспитание, с помощью которого они приобретают целеустремленность, активность и устойчивость в деятельности в различных условиях [14].

Стоит отметить, что в настоящее время конкурентоспособность будущего специали-

ста – выпускника вуза определяется не только высоким уровнем профессиональных знаний, но и личностными качествами, сформированными общекультурными компетенциями. Поэтому актуальной становится задача по улучшению гуманитарной подготовки выпускника, насыщение образования дисциплинами, формирующими знания общей культуры. Одной из главных задач высшего образования является формирование профессиональной компетентности будущего специалиста. Под профессиональной компетентностью понимается совокупность личностных и деловых качеств, отражающих уровень знаний, умений и навыков, а также опыта в сфере осуществляемой деятельности. В процессе образования будущий специалист должен овладеть необходимыми навыками творческой деятельности, развить соответствующий интеллектуальный уровень, приобрести навыки самообразования, сформировать нравственную, эстетическую, экологическую культуру. Проблема формирования профессиональной компетентности является одной из самых актуальных в современном образовании [15]. В настоящее время в образовательной системе происходят определенные изменения. Актуальная идея интегративного подхода быстро развивается и применяется в современной педагогике. Интеграция в инженерном образовании – это процесс и, как следствие, результат взаимодействия структурных элементов гуманитарного и профессионального образования, сопровождающегося ростом системности и закрепления знаний будущих специалистов, усовершенствованием их технической подготовки, углублением гуманитарных знаний. Интеграция приводит к повышению уровня образовательного процесса, формированию профессиональных, общекультурных и общепрофессиональных компетенций. Результатом применения интегративного подхода при обучении студентов технического профиля является насыщение образования гуманитарными знаниями, что влечет за собой формирование общекультурной компетентности и, как следствие, развитие личности будущего специалиста, эффективности его профессиональной деятельности. Ведь современный инженер – это не только производитель, обладающий высоким уровнем профессиональных знаний, но и специалист широкого профиля, понимающий весь спектр экономических, социальных, управленческих, культурологических проблем общества, способный к творческой самореализации и самосовершенствованию, нестандартному мышлению, творческому воображению [15].

Поэтому для достижения вышеизложенной цели в Гомельском филиале УГЗ в процессе обучения курсантов преподаватели, используя различные педагогические технологии в изложении ряда специальных и общеобразовательных дисциплин (организация неимитационных и имитационных видов деятельности), предлагают им, в частности, разработать наглядные презентации по ряду изучаемых тем. Среди них: химия в производстве строительных материалов; причины пожаров в жилых помещениях и пути их преодоления; причины возникновения пожаров в сельскохозяйственных организациях; влияние лесных пожаров на экологическую обстановку в мире; роль инженера-спасателя при ликвидации аварий, связанных с наличием сточных вод в сельскохозяйственном производстве; горение палов – это плохо или хорошо?; использование огнеупорной керамики на основе пожаробезопасных материалов для защиты помещений жилого назначения от пожаров; правила хранения минеральных удобрений и зерновых культур на складах; правила пожарной безопасности при складировании сена многолетних трав; правила эксплуатации отопительных печей и котлов; целесообразность использования трепела, местного минерального сырья, в качестве добавки для повышения огнезащитных и огнеупорных свойств веществ, входящих в состав строительных конструкций; современные способы тушения пожаров на нефтебазах; особенности хранения нефти, нефтепродуктов, ЛВЖ с целью обеспечения безопасности. Темы позволяют сформировать ориентировочное мышление у обучающихся, облегчая им в будущем работу с населением (как сотрудников управления надзорной деятельности и профилактической работы в районных, городских и областных отделах по ЧС Республики Беларусь). Например, при проведении разъяснительных бесед о правилах пожарной безопасности в деревянных домах, в период сбора урожая и заготовки кормов для сельскохозяйственных животных и т. д.

Следует помнить, что пожарные на выезде очень часто не осознают, как они принимают решения и выполняют действия мгновенно. Интуитивные действия осуществляются на основе опыта пожарного: его знаний, навыков, умений, а также хорошо развитой способности к вероятностному прогнозированию. При этом оптимальным психологическим состоянием является соотношение внутренней личностной готовности к действиям с реальной возможностью их осуществления. Суть данного состояния выражается в следую-

щих проявлениях: полном осмыслении происходящего и адекватной оценке обстановки; четком представлении плана действий и его реальной применимости к специфике сложившейся обстановки; уверенности в успешности предпринимаемых действий; уверенности в себе, коллегах, подчиненных; оптимальном уровне эмоционального напряжения и полном самоконтроле [16]. При этом важно понимать, что прибывшие по вызову подразделения пожарной охраны не могут мгновенно приступить к боевым действиям по тушению пожара без проведения соответствующей разведки, которая необходима для оценки обстановки и принятия правильных решений. Поэтому для выполнения данных целей в стенах Гомельского филиала УГЗ кроме общеобразовательных дисциплин, изучается ряд специальных дисциплин: тактика проведения аварийно-спасательных работ; пожарная аварийно-спасательная техника; связь и оповещение; экстренная медицина и т. д. На данных занятиях формируются практические навыки работы на соответствующем оборудовании, машинах и разыгрываются сценарии, приближенные к боевым условиям, где обучающиеся должны в комплексе воспроизводить ряд спасательных действий. Оттачивая свое мастерство, будущие спасатели извлекают пострадавших из горящих помещений, завалов обрушившихся зданий, снимают с высотных зданий и т. д., демонстрируя навыки работы со средствами индивидуальной защиты, методы оказания первой помощи и пр. В сценариях при ликвидации пожара, например, курсант в роли руководителя тушения пожара устанавливает, используя знания, приобретенные на лекциях и практических занятиях:

- наличие и характер угрозы людям, их местонахождение, пути, способы и средства спасения (защиты), а также необходимость защиты (эвакуации) имущества;
- наличие и возможность вторичных проявлений опасных факторов пожара, в том числе обусловленных особенностями технологии и организации производства на объекте пожара;
- точное место и площадь горения, что именно горит, а также пути распространения огня и дыма;
- наличие, состояние и возможность использования средств противопожарной защиты объекта;
- местонахождение, состояние, возможные способы использования ближайших водисточников;
- наличие электроустановок под напряжением и целесообразность их отключения;
- возможные пути ввода сил и средств для спасения людей и тушения пожара, а также иные данные, необходимые для выбора решающего направления боевых действий [17].

Для более углубленного изучения вопросов, связанных с возникновением пожаров в сельской местности, и для осознанного принятия управленческих решений курсантам технического вуза можно также предложить задания для самостоятельного решения. Например:

- 1) разработать годовой план мероприятий по пожарной безопасности на сельскохозяйственном объекте (по выбору) по какой-то предлагаемой форме [18];
- 2) изучить методику расчета молниезащиты зданий различных категорий, обосновать необходимость молниезащиты и выбор типа молниеотвода, произвести расчет молниеотвода по данным приведенной таблицы [18];
- 3) в заданном объекте АПК определить категорию помещения по взрывопожарной и пожарной опасности, предложить необходимую автоматическую систему пожаротушения;
- 4) в заданном объекте АПК определить категорию помещения по взрывопожарной и пожарной опасности, предложить необходимое обеспечение пожарными извещателями и выбрать систему оповещения по предложенной таблице [18];
- 5) рассчитать глубину емкости диаметром D , м для противопожарного водоснабжения предприятия, относящегося к категории В по взрывопожарной и пожарной опасности, III степени огнестойкости и с объемом производственных помещений V , м³, используя приведенные табличные значения [18];
- 6) разобрать и нарисовать схему расположения огнетушителей в производственном помещении;
- 7) заполнить рекомендуемые образцы документов по техническому обслуживанию огнетушителей, используя предложенное приложение [18];
- 8) произвести расчет потребности в первичных средствах пожаротушения для сельскохозяйственных объектов (по указанию преподавателя) [18];
- 9) разработать комплекс организационно-технических мероприятий по противозрывной защите сельскохозяйственных объектов (по выбору);

10) разработать инструкции о мерах пожарной безопасности в структурных подразделениях сельскохозяйственного объекта;

11) разработать годовой план мероприятий по работе пожарно-технической комиссии на сельскохозяйственном объекте (по заданию преподавателя) и т. д. [18].

Важно при этом помнить, что предложенное ранее создание добровольных пожарных формирований в сельской местности намного облегчает и ускоряет работу спасателей-пожарных при ликвидации пожара в такой точке. При этом будущие сотрудники МЧС, обучаясь в технических вузах, уже сегодня должны приобретать навыки совместной работы с добровольными пожарными дружинами. Поэтому будучи еще курсантами они могут получать задания для самостоятельного решения. Например: разработать документацию для создания добровольной пожарной дружины в организации; закрепить за членами добровольной пожарной дружины на сельскохозяйственных объектах (по заданию преподавателя) обязанности по ликвидации чрезвычайной ситуации (пожар) и в повседневной деятельности (профилактика пожара) и т. д. [18].

Продельваемая в стенах Гомельского филиала УГЗ работа позволяет воспитать добросовестных и активных инспекторов по надзору и профилактике, владеющих широким спектром пропаганды правил пожарной безопасности. Усилить работу в области подготовки профессиональных руководителей ликвидации чрезвычайных ситуаций можно за счет:

- применения в образовательном процессе обобщающих правил педагогических технологий с учетом психолого-педагогических аспектов МЧС;
- внедрения в образовательный процесс акмеологического подхода;
- гуманизации пожарной безопасности;
- внедрения идеи интегративного подхода в инженерном образовании с привлечением различных методов обучения (презентации, деловые игры, дискуссии проблемного характера и т. д.);
- более плотного использования практико-ориентированного подхода к обучению учащихся с применением социально-психологических методов;
- совершенствования знаний, умений и навыков обучающихся и населения в области противопожарной защиты в ходе проведения командно-штабных, тактико-специальных и комплексных учений и тренировок;
- поступательного внедрения в образовательный процесс методов работы с действенными добровольными формированиями на предприятиях и в сельской местности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Музафаров, У.Т. Современная система подготовки кадров в сфере пожарной безопасности в Республике Узбекистан / У.Т. Музафаров // Актуальные проблемы пожарной безопасности, предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций: сб. тезисов и докладов VIII Междунар. науч.-практ. конф., Кокшетау, 12–13 окт. 2017 г. / КТИ КЧС МВД РК; редкол.: С.Д. Шарипханов, К.Ж. Раимбеков [и др.]. – Кокшетау, 2017. – С. 19–23.
2. Концептуальные подходы к развитию системы образования Республики Беларусь до 2020 года и на перспективу до 2030 года. – Минск: Нац. ин-т образования, 2018. – 39 с.
3. Сулейманов, Ф.Н. Разработка мероприятий и огнезащитных материалов для обеспечения пожарной безопасности на объектах нефтегазового комплекса: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.26.03 / Ф.Н. Сулейманов; Рос. акад. наук, УГНТУ. – Уфа, 2001. – 24 с.
4. Рогович, Т.Н. К вопросу о современных педагогических технологиях / Т.Н. Рогович // Непрерывное географическое образование: новые технологии в системе высшей и средней школы: материалы III Междунар. науч.-практ. конф., Гомель, 21–22 апр. 2011 г. / ГГУ им. Ф. Скорины; редкол.: Г.Н. Коропа, Т.В. Авдоница, С.В. Артеменко [и др.]. – Гомель, 2011. – С. 84–85.
5. Неверко, М.В. Акмеологический подход в формировании профессионализма и профессиональной культуры / М.В. Неверко // Акмеологические основы становления специалиста-профессионала в различных видах деятельности: сб. материалов Междунар. науч.-практ. конф. / Гомельский обл. ин-т развития образования; редкол.: Н.В. Кухарев (отв. ред.) [и др.]. – Гомель, 2011. – Вып. XIII. – С. 201–204.
6. Мартын, О.М. Пожарная безопасность как сложная многоуровневая социосистема и ее особенности / О.М. Мартын, А.И. Харчук, О.В. Миллер // Актуальные проблемы пожарной безопасности, предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций: сб. тезисов и докладов VIII Междунар. науч.-практ. конф., Кокшетау, 12–13 октября 2017 г. / КТИ КЧС МВД РК; редкол.: С.Д. Шарипханов, К.Ж. Раимбеков [и др.] – Кокшетау, 2017. – С. 223–227.

7. Зарецкий, А.Д. Пожары – глобальная социально-экономическая проблема современности / А.Д. Зарецкий. – Краснодар: КСЭИ, 2011. – 242 с.
8. Тушение пожаров в сельской местности [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://studopedia.ru/5_130473_tushenie-pozharov-v-selskoy-mestnosti.html. – Дата доступа: 05.06.2017.
9. Шашкова, О.С. Преодоление стресса для руководителя ликвидации чрезвычайной ситуации / О.С. Шашкова, В.Ф. Тимошков // Психология: шаг в науку: сб. материалов III респ. науч.-практ. конф. студентов и магистрантов, Брест, 23 нояб. 2017 г. / БрГУ; редкол.: Н.А. Окулич, О.А. Пшеничная. – Брест, 2017. – С. 200–202.
10. Котик, М.А. Психология и безопасность / М.А. Котик. – Таллин, 1981. – 408 с.
11. Кремень, М.А. Спасателю о психологии / М.А. Кремень. – Минск, 2003. – 136 с.
12. Республиканский турнир среди ДПК [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://bdpo.by/news.1352.aspx>. – Дата доступа: 20.03.2018.
13. Шпаковская, Л.И. Безопасность жизнедеятельности человека: электронный учеб.-метод. комплекс [Электронный ресурс] / Л.И. Шпаковская. – Минск: Минский инновац. ун-т, 2015. – Режим доступа: http://media.miu.by/files/store/umk/eumk_bezопасnost_zisnedeyatelnosti_cheloveka_2015.pdf. – Дата доступа: 22.12.2015.
14. Коновалова, Ю.А. Акмеологическая направленность личности как компонент системы подготовки специалистов в области гражданской защиты / Ю.А. Коновалова // Актуальные проблемы пожарной безопасности, предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций: сб. тезисов и докладов VIII Междунар. науч.-практ. конф., Кокшетау, 12–13 окт. 2017 г. / КТИ КЧС МВД РК; редкол.: С.Д. Шарипханов, К.Ж. Раимбеков [и др.]. – Кокшетау, 2017. – С. 360–363.
15. Паниотова, Д.Ю. Интегративный подход в учебном процессе вуза технического профиля / Д.Ю. Паниотова, Н.С. Демченко // Актуальные вопросы естествознания: сб. материалов III Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием, Иваново, 5 апр. 2018 г. / ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная акад. ГПС МЧС России; сост.: Н.Е. Егорова. – Иваново, 2018. – С. 140–143.
16. Иванов, Н.К. Принятие решений спасателями-пожарными в экстремальных ситуациях / Н.К. Иванов, П.О. Менько, М.А. Кремень // Обеспечение безопасности жизнедеятельности: проблемы и перспективы: сб. матер. XI Междунар. науч.-практ. конф. молодых ученых, курсантов (студентов), слушателей магистратуры и адъюнктов (аспирантов), Минск, 18–19 мая 2017 г. / УГЗ; оргкомитет: В.Б. Альгин, А.П. Герасимчик [и др.]. – Минск, 2017. – С. 192.
17. Методические рекомендации по обучению в области гражданской обороны, предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций и пожарной безопасности. – М., 2014. – 41 с.
18. Обеспечение пожарной безопасности на объектах АПК: практикум для студентов учреждений высшего образования по специальностям: 1-74 06 07 Управление охраной труда в сельской местности, 1-59 80 01 Охрана труда; сост. Г.Ф. Назарова, С.А. Корчик. – Минск: БГАТУ, 2014. – 244 с.

FORMATION OF FIRE SAFETY SKILLS AMONG STUDENTS AND RURAL POPULATION

Elena Saraseko, PhD in Biological Sciences

Gomel Branch of the University of Civil Protection
of the Ministry of Emergency Situations of the Republic of Belarus, Gomel, Belarus

Purpose. The objective of the research is the development knowledge, competence and skills of the rural community as well as the future personnel of the Ministry of emergency situations in the field of protection against natural and man-made disasters (fire).

Methods. Survey and analysis of modern technologies in professional and public training in higher education establishments in the Republic of Belarus and CIS.

Findings. Successful formation of the professional activity of specialists and voluntary fire services is possible under the following conditions: implementation of modern teaching technology rules into the training process taking into consideration the psychological and pedagogical aspects of the Ministry of emergency situations; implementation of acmeological approach; humanization of fire safety; integrative approach to engineering education using various teaching techniques; practice-centered approach to training with the use of socio-psychological methods.

Application field of the research. Survey and analysis method of research in modern teaching technologies can be used to develop scientifically based recommendations and socio-psychological practical courses for population and students aimed at the decrease of the probability of fires in rural areas and in industry and the development of orienting thinking in the above-mentioned categories of people.

Conclusions. The problem of creation of voluntary firefighting units in the rural areas of the Republic of Belarus draws attention to the improvement of legal base in this field. It is possible to develop knowledge, competence and skills of students and population in the field of fire safety only in course of active command-and staff, special tactic and overall trainings.

Keywords: fire prophylaxis, fire protection, fire, agricultural organizations, bases of life safety activity, propaganda of fire safety rules.

(The date of submitting: May 8, 2018)

REFERENCES

1. Muzafarov U.T. Sovremennaya sistema podgotovki kadrov v sfere pozharnoy bezopasnosti v Respublike Uzbekistan [Modern system of training personnel in the field of fire safety in the Republic of Uzbekistan]. *Proc. VIII Intern. Scientific-practical Conf. «Aktual'nye problemy pozharnoy bezopasnosti, preduprezhdeniya i likvidatsii chrezvychaynykh situatsiy», Kokshetau, Oktober 12–13, 2017.* Ed. by: S.D. Sharipkhanov, K.Zh. Raimbekov et al. Kokshetau Technical Institute of the CES MIA of the Republic of Kazakhstan. Kokshetau, 2017. Pp. 19–23. (rus)
2. *Kontseptual'nye podkhody k razvitiyu sistemy obrazovaniya Respubliki Belarus' do 2020 goda i na perspektivu do 2030 goda.* Minsk, Natsional'nyy institut obrazovaniya, 2018. 39 p. (rus)
3. Suleymanov F.N. *Razrabotka meropriyatiy i ognenezashchitnykh materialov dlya obespecheniya pozharnoy bezopasnosti na ob'ektakh neftegazovogo kompleksa* [Development of measures and fire-retardant materials to ensure fire safety at oil and gas facilities]. PhD tech. sci. diss: 05.26.03. Ufa, 2001. 24 p. (rus)
4. Rogovich T.N. K voprosu o sovremennykh pedagogicheskikh tekhnologiyakh. *Proc. III Intern. Scientific-practical Conf. «Neprevyaznoye geograficheskoe obrazovanie: novye tekhnologii v sisteme vysshey i sredney shkoly», Gomel, April 21-22, 2011.* Francisk Skorina Gomel State University. Ed. by: G.N. Koropa, T.V. Avdonina, S.V. Artemenko et al. Gomel, 2011. Pp. 84-85. (rus)
5. Neverko M.V. Akmeologicheskiy podkhod v formirovaniy professionalizma i professional'noy kul'tury. *Proc. Intern. Scientific-practical Conf. «Akmeologicheskie osnovy stanovleniya spetsialista-professionala v razlichnykh vidakh deyatel'nosti».* Gomel Regional Institute of Education Development. Ed. by: N.V. Kukharev et al. Gomel, 2011. Iss. XIII. Pp. 201-204. (rus)
6. Martyn O.M., Kharchuk A.I., Miller O.V. Pozharnaya bezopasnost' kak slozhnaya mnogourovnevaya sotsiosistema i ee osobennosti. *Proc. VIII Intern. Scientific-practical Conf. «Aktual'nye problemy pozharnoy bezopasnosti, preduprezhdeniya i likvidatsii chrezvychaynykh situatsiy», Kokshetau, Oktober 12–13, 2017.* Ed. by: S.D. Sharipkhanov, K.Zh. Raimbekov et al. Kokshetau Technical Institute of the CES MIA of the Republic of Kazakhstan. Kokshetau, 2017. Pp. 223-227. (rus)
7. Zaretskiy A.D. *Pozhary – global'naya sotsial'no-ekonomicheskaya problema sovremennosti.* Krasnodar: KSEI, 2011. 242 p. (rus)

8. *Tushenie pozharov v sel'skoy mestnosti*, available at: http://studopedia.ru/5_130473_tushenie-pozharov-v-selskoy-mestnosti.html (accessed: June 05, 2017). (rus)
9. Shashkova O.S., Timoshkov V.F. Preodolenie stressa dlya rukovoditelya likvidatsii chrezvychaynoy situatsii. *Proc. III Republ. Scientific-practical Conf. of Students, Brest, November 23, 2017*. Brest State A.S. Pushkin University. Ed. by: N.A. Okulich, O.A. Pshenichnaya. Brest, 2017. Pp. 200-202. (rus)
10. Kotik M.A. *Psikhologiya i bezopasnost'* [Psychology and safety]. Tallin, 1981. 408 p. (rus)
11. Kremen' M.A. *Spasatelyu o psikhologii* [To rescuer about psychology]. Minsk, 2003. 136 p.
12. *Respublikanskiy turnir sredi DPK* [Republican tournament among voluntary fire brigades], available at: <http://bdpo.by/news.1352.aspx> (accessed: March 20, 2018). (rus)
13. Shpakovskaya L.I. *Bezopasnost' zhiznedeysel'nosti cheloveka* [Safty of human life support]: electronic educational-methodical complex. Minsk Innovation University. Minsk, 2015, available at: http://media.miu.by/files/store/umk/eumk_bezopasnost_zisnedeysel'nosti_cheloveka_2015.pdf (accessed: December 22, 2017). (rus)
14. Konovalova Yu.A. Akmeologicheskaya napravlennost' lichnosti kak komponent sistemy podgotovki spetsialistov v oblasti grazhdanskoy zashchity. *Proc. VIII Intern. Scientific-practical Conf. «Aktual'nye problemy pozharной bezopasnosti, preduprezhdeniya i likvidatsii chrezvychaynykh situatsiy», Kokshetau, Oktober 12–13, 2017*. Ed. by: S.D. Sharipkhanov, K.Zh. Raimbekov et al. Kokshetau Technical Institute of the CES MIA of the Republic of Kazakhstan. Kokshetau, 2017. Pp. 360-363.
15. Paniotova D.Yu., Demchenko N.S. Intergativnyy podkhod v uchebnom protsesse vuza tekhnicheskogo profilya. *Proc. III All-Russian Scientific-practical Conf. with international participation «Topical issues of natural science», Ivanovo, 5 April 5, 2018*. Ivanovo Fire and Rescue Academy of the State Fire Service of EMERCOM of Russia. Ed. by: N.E. Egorova. Ivanovo, 2018. Pp. 140-143. (rus)
16. Ivanov N.K., Men'ko P.O., Kremen' M.A. Prinyatie resheniy spasatelyami-pozharnymi v ekstremal'nykh situatsiyakh. *Proc. XI Intern. Scientific-practical Conf. of young scientists, cadets (students) and adjuncts (post-graduate students) «Providing life safety: problems and prospects», Minsk, May 18-19, 2017*. University of Civil Protection. Minsk, 2017. Pp. 192. (rus)
17. *Metodicheskie rekomendatsii po obucheniyu v oblasti grazhdanskoy oborony, preduprezhdeniya i likvidatsii chrezvychaynykh situatsiy i pozharной bezopasnosti*. Moskva, 2014. 41 p. (rus)
18. Nazarova G.F., Korchik S.A. *Obespechenie pozharной bezopasnosti na ob"ektakh APK* [Provision of fire safety at the objects of agroindustrial complex]: practicum for students of higher education institutions in the specialties: 1-74 06 07 Management of labor protection in rural areas, 1-59 80 01 Labor protection. Minsk: BGATU, 2014. 244 p. (rus)

УДК 378.001.76

УЧЕБНО-НАУЧНАЯ ЛАБОРАТОРИЯ НАНОТЕХНОЛОГИЙ САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКОГО УНИВЕРСИТЕТА ГПС МЧС РОССИИ: ИСТОРИЯ СОЗДАНИЯ И ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Медведева Л.В.

Представлены история создания и этапы развития учебно-научной лаборатории нанотехнологий в Санкт-Петербургском университете Государственной противопожарной службы МЧС России; цели и задачи организации научно-практических исследований в области нанотехнологий; описание технического оборудования лаборатории нанотехнологий; основные направления и методология выполняемых в настоящее время научно-практических работ, ориентированных на решение практических задач в области обеспечения безопасности и предупреждения чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера. Раскрыты направления развития сферы научной деятельности в области нанотехнологий: подготовка научных кадров, организация взаимодействия университета с научно-исследовательскими институтами и университетами, которые в России и за ее пределами проводят исследования в области физики и технологии микро- и наноструктур, материаловедения, катализа, физики и химии полимеров и т. п. Приведены результаты применения углеродных наноструктур для создания новых технологий профилактики и тушения пожаров.

Ключевые слова: микромир, нанотехнологии, учебно-научная лаборатория нанотехнологий, углеродные нанотрубки, наноразмерные компоненты, пожаротушение, сканирующая зондовая микроскопия, зондовая нанолитография, экспертная методология, нанобезопасность.

(Поступила в редакцию 7 марта 2018 г.)

Введение. В 2011 году к 105-летию Санкт-Петербургского университета Государственной противопожарной службы МЧС России (ГПС МЧС России) создана учебно-научная лаборатория нанотехнологий на базе кафедры физики и теплотехники (в настоящее время – кафедра физико-технических основ обеспечения пожарной безопасности). Основной целью создания учебно-научной лаборатории нанотехнологий являлось расширение сферы научной деятельности университета путем развития нового научно-практического направления – использования нанотехнологий для решения актуальных научно-практических задач МЧС России в области пожарной безопасности и криминалистической экспертизы.

На первом этапе оснащения лаборатории техническое оборудование научно-технологического сектора включало в себя:

- специальную установку для заточки (травления) зондов;
- сканирующие зондовые микроскопы (СЗМ) NanoEducator II;
- реактор роста многослойных углеродных нанотрубок CVDomna, в котором для роста нанотрубок используются технологии химического осаждения из газовой фазы.

Измерительная система сканирующего зондового микроскопа NanoEducator II имеет встроенную цифровую видеокамеру с размером изображения 12,1 мегапикселя для выбора исследуемого участка на поверхности образца и контроля состояния зонда и процесса его подвода к поверхности.

Проведение зондовой нанолитографии и наноманипуляций осуществляется по измерительным методикам атомно-силовой микроскопии (АСМ): «полуконтактный» метод; отображение рельефа; отображение фазы; отображение силы, а также динамической силовой литографии туннельной микроскопии: отображение рельефа; отображение тока (метод постоянной высоты); измерения работы выхода (Z-модуляция); туннельная спектроскопия (dI/dV измерения).

СЗМ NanoEducator II предназначен для многофункциональных исследований твердых материалов методами измерений туннельной и «полуконтактной» атомно-силовой микроскопии [13].

Отличительными особенностями NanoEducator II от вышеупомянутых приборов являются:

- простота в обращении;

- отсутствие сложных настроек и юстировок;
- использование видеокамеры для визуального контроля состояния прибора (зонда), который исследует поверхность твердого материала;
- многозадачность, обеспечивающая возможность пользования компьютером одновременно с работой прибора;
- комплектация прибора необходимыми для учебного процесса тест-объектами.

Реактор роста многослойных углеродных нанотрубок CVD_{open} позволяет на основе метода каталитического пиролиза жидких и газообразных углеродосодержащих смесей синтезировать многослойные углеродные нанотрубки. Предлагаемая методика применима и в научно-исследовательской работе, и в учебном процессе по выращиванию углеродных нанокomпонентов [1].

На втором этапе оснащения введена в эксплуатацию нанолаборатория NTEGRA Spectra – первая в мире автономная научная лаборатория, которая является комбинированной измерительной системой, интегрирующей атомно-силовую, конфокальную, флуоресцентную спектроскопии.

Нанолаборатория NTEGRA Spectra как техническая система включает в себя в качестве подсистем конфокальный сканирующий лазерный спектрометр высокого пространственного разрешения, оптический микроскоп и универсальный сканирующий зондовый микроскоп [11].

В состав учебно-научной лаборатории нанотехнологий входят два основных участка, выполняющие специфические функции и имеющие собственное техническое оснащение:

- учебно-экспериментальный, задачей которого является проведение экспериментальных и виртуальных исследований физических процессов микромира, оснащен модульными учебными комплексами (МУК-ОК). Для проведения виртуальных исследований автономно установлено специальное программное обеспечение. Информационной поддержкой и модульными учебными комплексами оборудованы шесть рабочих мест;
- контрольно-измерительный (экспертный, научно-технологический), задача которого – освоение основ работы в режимах СЗМ, приобретение навыков исследования нанообъектов и наноструктур, проведение зондовой нанолитографии и наноманипуляций.

Основная часть. С помощью высокоточного оборудования, которым в настоящее время оснащена учебно-научная лаборатория нанотехнологий, научные кадры получили техническую возможность визуализировать, диагностировать и модифицировать пожарно-технические средства с нанометровым уровнем пространственного разрешения, что позволило проводить не только фундаментальные исследования, но и научно-прикладные разработки пожарно-технической продукции на основе нанотехнологий [2–10].

В учебно-научной лаборатории нанотехнологий осуществляется развитие инновационных для системы МЧС России перспективных направлений научно-практических работ, таких как:

- разработка метода идентификации взрывчатых веществ и материалов и инициаторов горения после террористического акта или пожара;
- снижение пожарной опасности процесса транспортировки ЛВЖ путем добавления в жидкость углеродных нанотрубок;
- разработка методики применения огнетушащих составов с регулируемым наноразмерными компонентами для целей пожаротушения в больших температурных диапазонах;
- разработка методов пожарно-технической экспертизы с использованием СЗМ-микроскопии;
- исследования эксплуатационных характеристик материалов, модифицированных углеродными нанокomпонентами, с целью повышения их огнестойкости по оценке:
 - показателей пожарной опасности;
 - качества нанопокрывания на поверхности материала;
 - оборудования при воздействии высокой температуры и агрессивных сред;
 - качества поверхности сеток огнепреградителей с депонированными защитными материалами;
 - возможности использования материалов, произведенных с применением нанотехнологий, в строительстве потенциально опасных объектов;
 - эффективности электрофизических методов защиты от коррозии.

Разработка методов пожарно-технической экспертизы с использованием СЗМ-микроскопии осуществляется по следующим направлениям:

1) исследование структуры органических и неорганических материалов спасательного оборудования и снаряжения в условиях воздействия агрессивных сред нефтепродуктов в целях разработки метода раннего обнаружения процессов деструкции материалов;

2) изучение органических материалов, подвергшихся термическому воздействию, в целях разработки метода определения температуры в зоне горения посредством исследования поверхностной структуры углеродного остатка.

Теоретическая и практическая разработка направлений использования углеродных нанотрубок осуществляется для решения актуальных научно-технических задач системы МЧС Российской Федерации, таких как:

– повышение эффективности процесса тушения пожаров (депонированные порошковые наноразмерные комплексы);

– обеспечение тепловой защиты на объектах нефтегазового комплекса (модифицированные водногелиевые составы);

– снижение пожарной опасности легковоспламеняющихся жидкостей (модификация горючих жидкостей углеродными нанотрубками для повышения температуры вспышки);

– повышение качественных показателей дизельных топлив путем их модификации углеродными нанотрубками;

– повышение электростатической безопасности при транспортировке легковоспламеняющихся жидкостей;

– создание огнетушащих веществ с увеличенным коэффициентом смачиваемости.

В настоящее время достигнуты следующие результаты применения углеродных наноструктур для создания новых технологий профилактики и тушения пожаров:

– методы снижения пожарной опасности процессов хранения и транспортировки жидких углеводородов за счет снижения температуры вспышки (до 30 °С), увеличения электропроводности (в 3–15 раз) [4], снижения интенсивности испарения (до 5 раз), а также увеличения времени истечения наномодифицированных жидкостей в сравнении с базовыми ЛВЖ и ГЖ [3, 5, 6];

– повышение эффективности тушения пожаров класса А (твердые горючие материалы) и пожаров класса Б (жидкости) за счет снижения времени тушения пожаров в 2–5 раз, при снижении расхода огнетушащего вещества (ОТВ) в 1,5–2,5 раза в сравнении с традиционно применяющимися ОТВ на основе воды [9];

– повышение эффективности установок тепловой защиты людей и оборудования при пожаре за счет применения модифицированных водногелевых суспензий с пониженной теплопроводностью и температурой кипения 67–80 °С [4];

– разработка огнезащитных покрытий, модифицированных углеродными наноструктурами, с повышенной адгезионной прочностью (до 3,5 раз) и термической стабильностью (до 8 раз) в условиях углеводородного горения [2];

– разработка методов повышения стабильности наножидкостей, обращающихся в пожароопасных технологических процессах и применяющихся при тушении пожаров [8].

Одним из важнейших условий успешной научно-практической деятельности Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России в области нанотехнологий является создание комплекса условий для подготовки высококвалифицированных специалистов. Для оптимального использования имеющихся ресурсов необходимо проведение комплексной диагностики системы подготовки кадров высшей квалификации МЧС России в области нанонауки и нанотехнологий [12].

Представляется, что одним из перспективных путей решения кадровой проблемы в сфере научной деятельности для вузов МЧС России является организация более тесного взаимодействия с научно-исследовательскими институтами, ведущими научно-практическую деятельность в области физики и технологии микро- и наноструктур, материаловедения, катализа, физики и химии полимеров и т. п.

В настоящее время достигнуты соглашения с Санкт-Петербургским институтом ядерной физики им. Б.П. Константинова, в соответствии с которыми реализуются совместные фундаментальные исследования с использованием модифицированной продукции нанотехнологий.

Важным направлением совершенствования подготовки научных кадров вуза является повышение квалификации в сфере применения нового учебно-лабораторного, научного, производственного оборудования и информационных аппаратно-программных средств. Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России расширяет практику научно-

исследовательской деятельности молодых ученых в лаборатории, предназначенной для изобретения веществ и материалов на основе нанотехнологий.

Основой методологии постановки научно-исследовательской деятельности в учебно-научной лаборатории нанотехнологий является системный подход, предусматривающий различные этапы: дипломные работы слушателей, диссертационные исследования соискателей и адъюнктов, плановые научно-исследовательские работы профессорско-преподавательского состава кафедр университета.

На каждом этапе ставятся и решаются различные по сложности и результативности задачи, комплексное обобщение которых позволяет разрабатывать и внедрять в практику экспертных организаций новые методики и вовлекать в эту сферу новейшие достижения аналитического приборостроения и современную компьютерную и программную базу, в том числе и методики СЗМ [13].

28 февраля 2014 г. факультетом подготовки и переподготовки научных и научно-педагогических кадров совместно с кафедрой физики и теплотехники (в настоящее время – кафедра физико-технических основ обеспечения пожарной безопасности) был проведен научно-практический семинар «Перспективные направления использования нанотехнологий для решения практических задач при предупреждении и ликвидации последствий ЧС природного и техногенного характера».

С тех пор этот научно-практический семинар проходит регулярно, в том числе и с дистанционным участием как видных, так и молодых исследователей, которые проводят первые самостоятельные научные исследования в области нанотехнологий. Семинар стал одним из основных факторов обеспечения nanoиндустрии кадровым потенциалом и закрепления передовых технологий в области обеспечения пожарной безопасности.

Заключение. Создание учебно-научной лаборатории нанотехнологий обусловило развитие нового научно-практического направления решения актуальных научно-практических задач МЧС России в области пожарной безопасности и криминалистической экспертизы на основе нанотехнологий.

Внедрение нанолaborатории NTEGRA Spectra позволило существенно расширить технические возможности экспертной методологии, а также запланировать организацию научных исследований в области нанобезопасности – исследования безопасности высокотехнологичной продукции для окружающей среды и здоровья человека.

Наноматериалы характеризуются высокой проникающей способностью, химической активностью, что делает их потенциально опасными веществами [1]. Поэтому как потребителям, так и производителям нанопродукции необходимы научные заключения о ее безопасности, что обуславливает выбор сфер внедрения наноматериалов и выход на новые рынки сбыта.

Предполагаемыми результатами исследований в области нанобезопасности могут стать:

- 1) экспериментальное биотестирование наноматериалов;
- 2) разработка методик оценки безопасности наноматериалов;
- 3) разработка и внедрение образовательных программ в области нанобезопасности.

Представляется, что активное развитие указанных направлений научной деятельности учебно-научной лаборатории нанотехнологий позволит создать в университете экспертный центр. В экспертном центре планируется выполнение экспертных оценок и тестирование эксплуатационных характеристик материалов в твердой и жидкой фазах по заявкам заказчиков.

Для расширения сферы внешней научной деятельности университета ГПС МЧС России планируется работа в составе Центра коллективного пользования при Администрации Санкт-Петербурга на основе соглашения между университетом и Центром коллективного пользования для проведения экспериментальных исследований молодых ученых Санкт-Петербурга на уникальном оборудовании с учетом общих интересов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бобринецкий, И.И. Технология производства углеродных нанотрубок методом каталитического пиролиза этанола из газовой фазы / И.И. Бобринецкий, В.К. Неволин, М.М. Симуни // Химическая технология. – 2007. – Т. 8, № 2. – С. 58–62.
2. Иванов, А.В. Исследование эксплуатационных характеристик наномодифицированных огнезащитных вспучивающихся композиций в условиях углеводородного пожара на объектах транспортировки нефтепродуктов / А.В. Иванов, А.А. Боева, Г.К. Ивахнюк, С.Н. Терехин, В.Я. Про-

- рок // Пожаровзрывобезопасность. – 2017. – Т. 26, № 10. – С. 5–19. DOI: 10.18322/PVB.2017.26.10.5-19.
3. Иванов, А.В. Методы управления свойствами углеводородных жидкостей в задачах обеспечения пожарной безопасности / А.В. Иванов, Г.К. Ивахнюк, Л.В. Медведева // Пожаровзрывобезопасность. – 2016. – Т. 25, № 9. – С. 30–37. DOI: 10.18322/PVB.2016.25.09.30-37.
 4. Иванов, А.В. Исследование характеристик модифицированных гидрогелей для тепловой защиты резервуаров нефтепродуктов / А.В. Иванов, В.И. Михайлова, Г.К. Ивахнюк, Ф.В. Демехин // Пожаровзрывобезопасность. – 2016. – Т. 26, № 4. – С. 58–67. DOI: 10.18322/PVB.2017.26.04.58-67.
 5. Иванов, А.В. Управление электростатическими свойствами жидких углеводородов, модифицированных углеродными наноструктурами / А.В. Иванов, А.Ю. Сорокин, Г.К. Ивахнюк, Ф.В. Демехин // Пожаровзрывобезопасность. – 2017. – Т. 26, № 7. – С. 16–27. DOI: 10.18322/PVB.2017.26.07.16-27.
 6. Иванов, А.В. Применение электрофизического метода управления процессами парообразования легковоспламеняющихся жидкостей в условиях модификации углеродными наноконпонентами / А.В. Иванов, Г.К. Ивахнюк // Вестник Санкт-Петербургского ун-та ГПС МЧС России. – 2015. – № 3. – С. 1–9.
 7. Иванов, А.В. Нанотехнологические решения при обеспечении пожарной и промышленной безопасности инновационных промышленных предприятий / А.В. Иванов, Г.К. Ивахнюк, Л.В. Медведева // Природные и техногенные риски (физико-математические и прикладные аспекты). – 2016. – № 3. – С. 6–12.
 8. Иванов, А.В. Условия стабилизации наноструктур для безопасной транспортировки легковоспламеняющихся жидкостей / А.В. Иванов, А.А. Мифтахутдинова, С.А. Нефедьев, М.А. Симонова, М.Д. Маслаков // Пожаровзрывобезопасность. – 2017. – Т. 26, № 9. – С. 35–43. DOI: 10.18322/PVB.2017.26.09.35-43.
 9. Иванов, А.В. Исследование огнетушащих свойств воды и гидрогелей с углеродными наноструктурами при ликвидации горения нефтепродуктов / А.В. Иванов, Д.П. Торопов, Г.К. Ивахнюк, А.А. Кузьмин, А.В. Федоров // Пожаровзрывобезопасность. – 2017. – Т. 26, № 8. – С. 31–34. DOI: 10.18322/PVB.2017.26.08.31-44.
 10. Ивахнюк, Г.К. Адсорбционные и электрофизические методы синтеза наноматериалов / Г.К. Ивахнюк, Н.Т. Картель, А.В. Иванов, З.В. Капитоленко // Известия Санкт-Петербургского гос. технологического ин-та (тех. ун-та). – 2011. – № 12. – С. 58–59.
 11. Коваленко, А.А. Спектроскопия комбинационного рассеяния: метод. разработка / А.А. Коваленко, А.А. Елисеев. – М.: МГУ, 2011. – 37 с.
 12. Сидоров, С.Г. Подготовка кадров для nanoиндустрии в России / С.Г. Сидоров // Вестник Волгоградского гос. ун-та. – Сер. 3. Экономика. Экология. – 2015. – № 1 (30). – С. 91–102. DOI: <http://dx.doi.org/10.15688/jvolsu3.2015.1.9>.
 13. Сканирующий зондовый микроскоп НАНОЭДЬЮКАТОР II. Руководство по эксплуатации [Электронный ресурс]. – М.: ЗАО «Нанотехнология-МДТ», 2012. – 134 с. – Режим доступа: https://www.ntmdt-si.ru/data/media/files/manuals/Russian/nanoedyukator_ii_rukovodstvo_po_ekspluatacii-new.pdf. – Дата доступа 22.02.2018.

THE EDUCATIONAL AND SCIENTIFIC NANOTECHNOLOGY LABORATORY OF THE ST. PETERSBURG UNIVERSITY OF THE STATE FIRE SERVICE OF EMERCOM OF RUSSIA: THE HISTORY OF CREATION AND THE MAIN DIRECTIONS OF ACTIVITY

Ludmila Medvedeva, Grand PhD in Pedagogics Sciences, Professor

Saint-Petersburg University of the State Fire Service
of EMERCOM of Russia, St. Petersburg, Russia

Purpose. The purpose of the development of a new direction in scientific activity of the University is the elaboration of new methods of using nanotechnologies for urgent scientific and practical problems solving in the Ministry of EMERCOM of Russia in the field of fire safety and criminalist expertise.

Methods. For the growth of multilayer nanotubes, chemical vapor deposition technologies have been used. Adsorption and electrophysical methods, Raman spectroscopy, and scanning probe microscopy methods have been used to synthesize materials modified by carbon nanocomponents and to study their operational characteristics.

Findings. Experimental data on operational characteristics of modified hydrogels and nanomodified fire-retardant intumescent compositions in hydrocarbon fire conditions have been obtained; as well as the data on fire-extinguishing properties of hydrogels-carbon nanostructures in comparison with water. Methods for controlling the electrostatic properties of hydrocarbon liquids and the processes of vaporization of flammable liquids are proposed.

Application field of research. The obtained results confirm the possibility of practical use of modified nanostructures for oil product tanks thermal protection and their extinguishing; increase of facilities and transportation safety of flammable liquids; reduction of hydrocarbon fire risks.

Conclusions. The methods for synthesizing nanostructures and researching their operational characteristics for practical use in the field of fire safety and criminalist expertise are proposed.

Keywords: micro world, nanotechnology, nanotechnology educational laboratory, carbon nanotubes, nanoscale component, fire extinguishing, scanning probe microscopy, probe nanolithography, expert methodology, nanosafety.

(The date of submitting: March 7, 2018)

REFERENCES

1. Bobrinetskiy I.I., Nevolin V.K., Simunin M.M. Tekhnologiya proizvodstva uglerodnykh nanotrubok metodom kataliticheskogo piroliza etanola iz gazovoy fazy [The technology of production of carbon nanotubes by the method of catalytic pyrolysis of ethanol from the gas phase]. *Khimicheskaya tekhnologiya*. 2007. Vol. 8, No. 2. Pp. 58–62. (rus)
2. Ivanov A.V., Boeva A.A., Ivakhnyuk G.K., Terekhin S.N., Prorok V.Ya. Issledovanie ekspluatatsionnykh kharakteristik nanomodifitsirovannykh ognезashchitnykh vspuchivayushchikhsya kompozitsiy v usloviyakh uglevodorodnogo pozhara na ob"ektakh trans-portirovki nefteproduktov [Research of operational characteristics of nanomodified fire-resistant intumescent compositions in the conditions of a hydrocarbon fire at oil transportation facilities]. *Pozharovzryvbezopasnost'*. 2017. Vol. 26, No. 10. Pp. 5–19. (rus) DOI: 10.18322/PVB.2017.26.10.5-19.
3. Ivanov A.V., Ivakhnyuk G.K., Medvedeva L.V. Metody upravleniya svoystvami uglevodorodnykh zhidkostey v zadachakh obespecheniya pozharnoy bezopasnosti [Methods for controlling the properties of hydrocarbon liquids in fire safety problems]. *Pozharovzryvbezopasnost'*. 2016. Vol. 25, No. 9. Pp. 30–37. (rus) DOI: 10.18322/PVB.2016.25.09.30-37.
4. Ivanov A.V., Mikhaylova V.I., Ivakhnyuk G.K., Demekhin F.V. Issledovanie kharakteristik modifitsirovannykh gidrogeley dlya teplovoy zashchity rezervuarov nefteproduktov [Study of the characteristics of modified hydrogels for thermal protection of oil product tanks]. *Pozharovzryvbezopasnost'*. 2016. Vol. 26, No. 4. Pp. 58–67. (rus) DOI: 10.18322/PVB.2017.26.04.58-67.
5. Ivanov A.V., Sorokin A.Yu., Ivakhnyuk G.K., Demekhin F.V. Upravlenie elektrostatcheskimi svoystvami zhidkikh uglevodorodov, modifitsirovannykh uglerodnymi nanostrukturami [Controlling the electrostatic properties of liquid hydrocarbons modified by carbon nanostructures]. *Pozharovzryvbezopasnost'*. 2017. Vol. 26, No. 7. Pp. 16–27. (rus) DOI: 10.18322/PVB.2017.26.07.16-27.
6. Ivanov A.V., Ivakhnyuk G.K. Primenenie elektrofizicheskogo metoda upravleniya protsessami paroobrazovaniya legkovosplamenyayushchikhsya zhidkostey v usloviyakh modifikatsii uglerodnymi

- nanokomponentami [Application of the electrophysical method for controlling the evaporation of flammable liquids under the conditions of modification by carbon nanocomponents]. *Vestnik Sankt-Peterburgskogo universiteta GPS MChS Rossii*. 2015. No. 3. Pp. 1–9. (rus)
7. Ivanov A.V., Ivakhnyuk G.K., Medvedeva L.V. Nanotekhnologicheskie resheniya pri obespechenii pozharnoy i promyshlennoy bezopasnosti innovatsionnykh promyshlennykh predpriyatiy [Nanotechnological solutions for ensuring fire and industrial safety of innovative industrial enterprises]. *Prirodnye i tekhnogennye riski (fiziko-matematicheskie i prikladnye aspekty)*. 2016. No. 3. Pp. 6–12. (rus)
 8. Ivanov A.V., Miftakhutdinova A.A., Nefed'ev S.A., Simonova M.A., Maslakov M.D. Usloviya stabilizatsii nanostruktur dlya bezopasnoy transportirovki legkovosplamenyayushchikhsya zhidkostey [Conditions for the stabilization of nanostructures for the safe transport of flammable liquids]. *Pozharovzryvobezopasnost'*. 2017. Vol. 26, No. 9. Pp. 35–43. (rus) DOI: 10.18322/PVB.2017.26.09.35-43.
 9. Ivanov A.V., Toropov D.P., Ivakhnyuk G.K., Kuz'min A.A., Fedorov A.V. Issledovanie ognetchashchikh svoystv vody i gidrogeley s uglernymi nanostrukturami pri likvidatsii goreniya nefteproduktov [Investigation of the fire-extinguishing properties of water and hydrogels with carbon nanostructures during the liquidation of the burning of petroleum products]. *Pozharovzryvobezopasnost'*. 2017. Vol. 26. No. 8. Pp. 31–34. (rus) DOI: 10.18322/PVB.2017.26.08.31-44.
 10. Ivakhnyuk G.K., Kartel' N.T., Ivanov A.V., Kapitolenko Z.V. Adsorbtsionnye i elektrofizicheskie metody sinteza nanomaterialov [Adsorption and electrophysical methods for the synthesis of nanomaterials]. *Izvestiya Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta (tekhnicheskogo universiteta)*. 2011. No. 12. Pp. 58–59. (rus)
 11. Kovalenko A.A., Eliseev A.A. *Spektroskopiya kombinatsionnogo rasseyaniya: metod. razrabotka* [Spectroscopy combination scattering: methodological development]. Moscow, MSU, 2011. 37 p. (rus)
 12. Sidorov S.G. Podgotovka kadrov dlya nanoindustrii v Rossii [Training of personnel for the nanoindustry in Russia]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya 3. Ekonomika. Ekologiya*. 2015. No. 1 (30). Pp. 91–102. (rus) DOI: <http://dx.doi.org/10.15688/jvolsu3.2015.1.9>.
 13. *Skanniruyushchiy Zondovyy Mikroskop NANOEDUCATOR II. Rukovodstvo po ekspluatatsii*. [Scanning Probe Microscope NANOEDUCATOR II. Manual]. Moscow, ZAO «Nanotekhnologiya-MDT», 2012. 37 p., available at: https://www.ntmdt-si.ru/data/media/files/manuals/Russian/nanoedyukator_ii._rukovodstvo_po_ekspluatatsii-new.pdf (accessed: February 22, 2018). (rus)

УДК 528:614.8(476)

ПРИМЕНЕНИЕ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ В ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ МЧС РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Юржиц А.М., Чумила Е.А., Точеный Н.Н.

Обоснована эффективность применения геоинформационной системы при угрозе возникновения или возникновении чрезвычайных ситуаций и разработан проект концепции единого геоинформационного портала. Проанализирована возможность применения геоинформационной системы в различных сферах деятельности, определен наиболее гибкий и перспективный ее вид, позволяющий продлить срок актуальности и соответствия современным стандартам вновь проектируемых систем. Рассмотрены отличительные особенности и возможности использования геоинформационной системы для решения задач, связанных с анализом и обработкой большого объема пространственных данных. Определены функциональные возможности геоинформационной системы в информационно-аналитической деятельности МЧС Республики Беларусь, позволяющие повысить эффективность процесса принятия решения в вопросах мониторинга и прогнозирования чрезвычайных ситуаций.

Ключевые слова: анализ, база данных, геоинформационная система, информация, модель, природная чрезвычайная ситуация.

(Поступила в редакцию 23 мая 2018 г.)

Введение. В последние годы наблюдается тенденция к увеличению числа природных ЧС как в Республике Беларусь, так и во всем мире. Для нашей страны в первую очередь характерны сильные (ураганные) ветры, сильные морозы и весенние заморозки, ливни и сильные снегопады, град, ледовые отложения. Они наносят весомый ущерб транспортным коммуникациям, промышленным, сельскохозяйственным предприятиям, населенным пунктам, окружающей среде, а зачастую здоровью и жизни людей.

За последние 11 лет (2007–2017 гг.) в результате природных ЧС в Республике Беларусь погибли 11 человек, в том числе 3 ребенка, травмированы 410 человек, в том числе 209 детей, уничтожено 37 и повреждено 23 801 здание.

Значительная часть природных катаклизмов характеризуется пространственными и временными показателями, что затрудняет оперативное и качественное восприятие сложившейся обстановки. И для принятия наиболее эффективного решения в таких ситуациях не всегда достаточно только текстового описания ЧС.

В связи с этим актуальным является разработка геоинформационной системы прогнозирования (далее – ГИС), мониторинга и реагирования при угрозе возникновения или возникновении ЧС. Она позволит видеть места возникновения ЧС, их территориальный охват, расположение критически важных и потенциально опасных объектов, населенные пункты, попадающие в опасную зону, и численность их населения, объекты инфраструктуры данного района (транспортные пути, линии связи и электропередач), а также силы и средства МЧС и другой хозяйственной техники, которые могут быть привлечены для борьбы с последствиями возможной или произошедшей ЧС.

Использование ГИС позволит решить проблему интеграции разноплановой информации, хранящейся в существующих базах данных МЧС, государственных органов, ведомств и организаций.

Основная часть. ГИС – это информационная система, позволяющая осуществлять сбор, хранение, обработку, доступ, отображение и распространение пространственных данных [1]. Содержание системы включает сведения, представленные в виде цифровых изображений пространственных данных. При работе с базами данных (БД) технологическая составляющая системы связывает ряд операций, обеспечивая преимущества полноценной визуализации и географического анализа. Это отличает ГИС от других информационных систем и обеспечивает уникальные возможности ее применения для решения широкого спектра задач, связанных с анализом и прогнозом явлений и событий окружающего мира, осмыслением и выделением главных факторов и причин, а также их возможных последствий, с планированием стратегических решений и результатов предпринимаемых действий.

Функционирование системы основано на тесной взаимосвязи пяти ее компонентов: аппаратные средства, программное обеспечение, данные, персонал и регламент.

Основная структура современной ГИС (рис. 1), как правило, включает пять обязательных подсистем: система ввода данных; система хранения и поиска; система визуализации; система обработки и анализа, система представления (вывода) данных в различном виде (карты, таблицы, изображения, блок-диаграммы, цифровые модели местности и т. д.).



Рисунок 1. – Классическая структура современной ГИС

Для рассмотрения отдельных частей пространственно-распределенных данных с целью обеспечения большей доступности и производительности ГИС выстраивает упорядоченную структуру и связывает в единую систему пространственную информацию [2]. Для решения задач, в основу которых положен анализ и прогноз, ГИС-технология дает новый, более эффективный, удобный и быстрый подход.

Информационная система представляется как модель реального мира, позволяющая накапливать и хранить данные, привязанные к земной поверхности. При этом возможность поддержки процессов принятия альтернативных решений является наиболее приоритетным вектором развития ГИС [3].

Сущность ГИС проявляется в ее возможности присваивать пространственным объектам некоторую описательную (атрибутивную) информацию. Как правило, атрибутивная информация представляется в виде таблиц реляционной БД. В самом простом случае каждому пространственному объекту (точечный, линейный, площадной) соответствует строка таблицы – запись в БД.

ГИС, в зависимости от своей специфики, имеют множество функциональных возможностей, позволяющих решать научные, производственные, служебные, бытовые и другие задачи. Основные функциональные возможности ГИС показаны в таблице 1.

Таблица 1. – Перечень основных функций ГИС

Функциональные возможности ГИС	Ввод данных в ГИС (с клавиатуры, импорт, сканирование, дигитализация и т. д.)
	Хранение, манипулирование и управление данными
	Вывод данных на устройство отображения информации
	Картометрические операции
	Генерация пользовательских запросов и документирование
	Оверлейные операции
	Моделирование данных
	Настройка на требования пользователя
	Визуализация данных
	Преобразование пространственных данных
Пространственный анализ	

Анализ функциональных возможностей ГИС позволил выделить ее основные преимущества: формат отображения пространственных данных представлен в удобном для

пользователя виде; объединение составных частей в единую систему осуществляется внутри организации (страны); последовательность действий принятия обоснованных решений; современный и удобный способ для создания карт.

ГИС распространяет информацию в пространстве и времени о реальном мире в виде набора механизмов, используемых для отображения географических наборов и пограничных слоев, которые объединены на основе географического положения. Эти слои могут воспроизводить статический или движущийся объект, границу, событие и пространственную структуру того или иного явления, что, в свою очередь, является простым, но очень гибким подходом при решении проблемных ситуаций с явно заданной целью: для контроля передвижения транспортных средств и материалов, детального отображения реальной обстановки и планируемых мероприятий, представления математической модели общей циркуляции атмосферы, отображения природных ЧС и их последствий.

Любая географическая информация содержит сведения о пространственном положении, будь то привязка к географическим или другим координатам, или ссылки на адрес, почтовый индекс, избирательный округ или округ переписи населения, идентификатор земельного или лесного участка, название дороги и т. п. При использовании подобных ссылок для автоматического определения местоположения объектов применяется геокодирование, с помощью которого можно быстро определить и посмотреть на карте, где находится интересующий объект или явление, произошло наводнение, по какому маршруту проще и быстрее добраться до нужного пункта назначения [4].

Выделяют два основных формата представления пространственных данных: в виде векторной графики и в виде растровой графики (рис. 2–3).

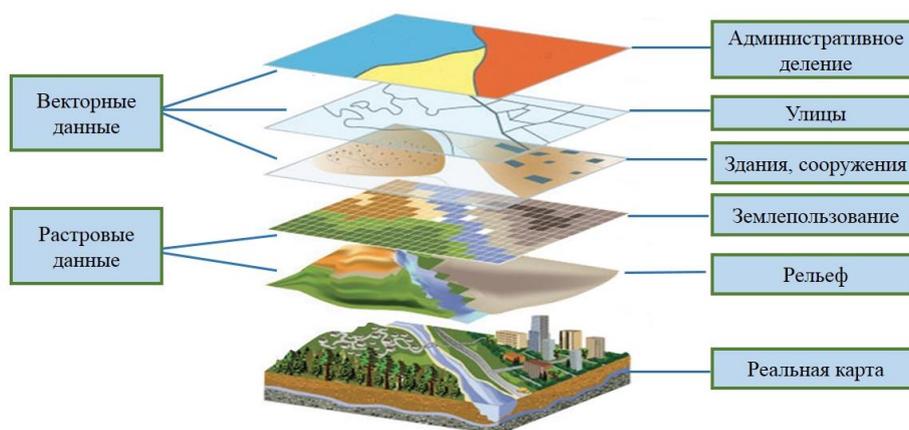
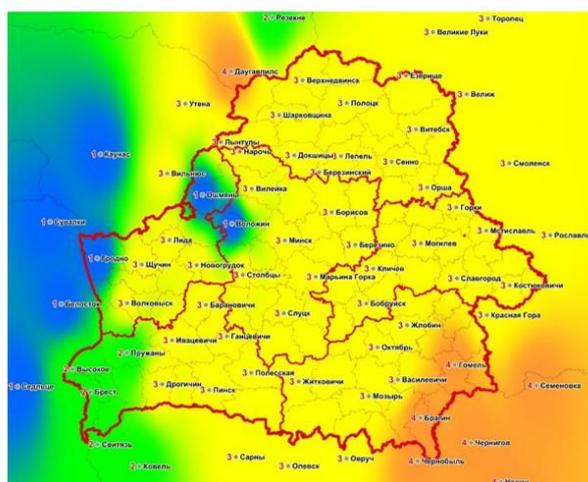
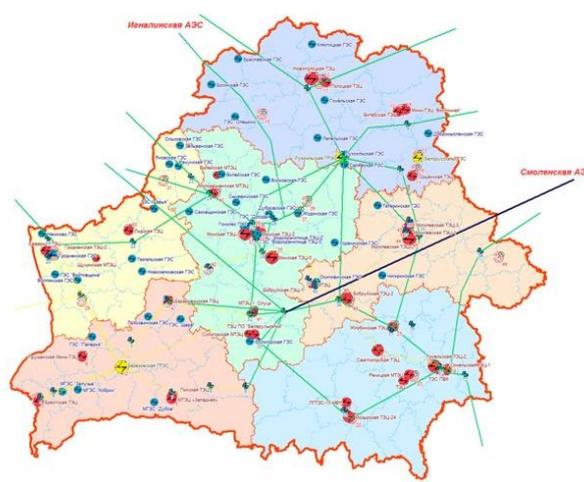


Рисунок 2. – Представление пространственных данных в ГИС



а – Карта горимости лесов (растровая карта)



б – Карта электроэнергетических сетей (векторная карта)

Рисунок 3. – Пример растровой (а) и векторной (б) моделей данных

В векторной модели информация о точках, линиях и полигонах представлена в виде наборов координат. Формат представления векторной графики не хранит само изображение – оно формируется «на лету» подсистемой визуализации ГИС, и поэтому качество картинки всегда высокое, независимо от текущего масштаба.

Растровая модель оптимальна для работы с непрерывными свойствами. Растровая графика (растровое изображение) – это обычно двумерный массив точек, каждая из которых представлена своим цветом, оно подобно отсканированной карте или картинке [5]. Преимущества растровой и векторной моделей представлены в таблице 2.

Таблица 2. – Сравнение преимуществ растровой и векторной моделей

<i>Растровая модель</i>	<i>Векторная модель</i>
1. Простая структура данных	1. Компактная структура
2. Эффективные оверлейные операции	2. Топология
3. Работа со сложными структурами	3. Работа с отдельными объектами
4. Работа со снимками	4. Качественная графика при изменении масштаба
	5. Точность представления объектов

Современные ГИС могут одновременно работать как с векторными, так и с растровыми моделями данных, что добавляет гибкости к их функциональности.

Ученые подсчитали, что большая часть информации (в различных источниках встречаются значения от 60 до 90 %), с которой сталкивается человек в своей жизни, имеет территориальную привязку. Поэтому перечислить все области применения ГИС практически невозможно [6]. Этим системам можно найти применение почти в любой сфере деятельности человека.

ГИС эффективна во всех областях, где осуществляется учет и управление территорией и объектами на ней. Это практически все направления деятельности органов управления и администраций [6].

Создание ГИС для обеспечения органов государственного управления необходимой информацией станет фундаментом для совершенствования систем оперативного управления и объединение в единое целое всех или на начальном этапе большинства БД различных систем управления, что в свою очередь обеспечит возможность перехода на уровень анализа. В частности для МЧС это позволит в будущем автоматизировать большинство процессов анализа ЧС и выбора оптимального варианта ликвидации их последствий.

Если рассматривать в комплексе систему информатизации для достижения максимального эффекта, система поддержки принятия решения должна базироваться на 4 уровнях: базисная инфраструктура; аналитические системы; моделирование; экспертные системы.

Немаловажным в оценке возможности реализации ГИС является вопрос места размещения и хранения данного электронного ресурса. Планируется, что общий объем информации будет достаточно большим и может существенно превышать доступные ресурсы в каком-либо одном из ведомств. Также необходимо учитывать требования к обеспечению надлежащего уровня безопасности информации, своевременного резервного копирования, круглосуточного обеспечения доступа, надежности и стабильности работы технических средств, на которых будет функционировать ГИС.

Указом Президента Республики Беларусь от 23 января 2014 г. № 46 «Об использовании государственными органами и иными государственными организациями телекоммуникационных технологий» было определено создание республиканской платформы, действующей на основе технологий облачных вычислений (далее – республиканская платформа) для размещения программно-технических средств, информационных ресурсов и информационных систем государственных органов, иных государственных организаций, а также хозяйственных обществ, в отношении которых Республика Беларусь либо административно-территориальная единица, обладая акциями (долями в уставных фондах), может определять решения, принимаемые этими хозяйственными обществами. Данная платформа реализуется в целях дальнейшего развития информационного общества в Республике Беларусь, совершенствования инфраструктуры сети передачи данных, а также повышения уровня обслуживания и качества предоставляемых информационных услуг [7].

Республиканская платформа создается и размещается на базе республиканского центра обработки данных и единой республиканской сети передачи данных и представляет собой программно-технический комплекс для распределенной обработки данных, реализую-

ций технологии облачных вычислений и обеспечивающий взаимодействие с внешней средой. На республиканской платформе обеспечиваются [7]:

- размещение программно-технических средств, информационных ресурсов и информационных систем;
- доступность государственных информационных систем для пользователей;
- хранение информации и мониторинг работоспособности информационных систем;
- защита информации от неправомерного доступа, уничтожения, модификации (изменения), копирования, распространения и (или) предоставления информации, блокирования правомерного доступа к ней, а также от иных неправомерных действий с момента ее поступления на республиканскую платформу и до момента передачи в соответствующую информационную систему или на информационный ресурс.

Работу над созданием республиканской платформы ведет совместное общество с ограниченной ответственностью «Белорусские облачные технологии» (beCloud), являющееся одним из самых современных в данной области в Беларуси и отвечающее всем мировым стандартам. В ближайшее время решения beCloud помогут реализовать значимые для страны проекты – создать системы мониторинга общественной безопасности, управления энергетикой, транспортом, здравоохранением, образованием и другие инициативы.

Размещение ГИС на республиканской платформе решит все ключевые проблемы в области хранения, доступности и защиты информации, что существенно повысит эффективность и сократит расходы задействованных ведомств. Также размещение ресурса на сервисе облачных технологий позволит выделять по запросу ровно столько мощности, сколько необходимо, что будет способствовать экономической эффективности.

Важнейшей проблемой в организации предлагаемой ГИС станет вопрос выделения человеческих ресурсов, т. к. переход на новую систему в большинстве организаций потребует некоторое количество временных затрат. Это связано с тем, что в ряде организаций ведутся внутренние БД, информационные системы и т. д., которые не смогут автоматически интегрироваться в новую систему. Решение о создании единой ГИС вызовет ряд возмущений со стороны данных ведомств. Например, исходя из обзора тематического программного обеспечения, используемого государственными органами, наиболее перспективным и современным является Геопортал земельно-информационной системы Республики Беларусь, принадлежащий РУП «Проектный институт Белгипрозем». Т. к. услуги по предоставлению доступа к данному ресурсу выполняются на платной основе, данному предприятию будет невыгодно переходить на новую платформу. Нужно осознавать тот факт, что объем получаемых и обрабатываемых пространственных и других данных ежедневно возрастает, но при этом отсутствует общая площадка их накопления и обработки. Это говорит о том, что чем позже будет принято решения о создании такой площадки, тем сложнее и продолжительнее будет сам процесс переноса данных и ввод ее в эксплуатацию. Наличие такой платформы в стране в будущем оправдывает вложенные в ее создание ресурсы, а оперативный доступ к межведомственной информации повысит эффективность работы органов государственного управления. Для снижения затрат на разработку и повышение качества проектируемой ГИС целесообразно установить государственное регулирование процессов ее создания, дальнейшего своевременного наполнения и актуализации.

Обеспечение органов государственного управления единой геопропространственной основой исключит дублирование работ и обеспечит единый источник взаимно согласованной информации при подготовке управленческих решений. В сочетании с информацией космического сегмента это обеспечит оперативную и высокодостоверную информацию о наблюдаемых объектах и явлениях, что в итоге повысит качество решений, принимаемых на основе разнородных данных как на территории Республики Беларусь, так и за ее пределами [8].

ГИС должна быть не конкурирующей, а взаимно интегрированной с существующими ведомственными информационными системами. Это позволит взаимно дополнить и существенно расширить ее функционально-информационные возможности. Возможность получения доступа к данным ГИС обеспечит органы и подразделения по чрезвычайным ситуациям, а также заинтересованные органы государственного и местного управления информацией, необходимой для качественного осуществления деятельности и подготовки принятия управленческих решений.

Выводы. Объем создаваемых пространственных данных возрастает с каждым днем, при этом отсутствует координация, работы не имеют системного характера. Отсутствие единой системы информационного обмена такими данными препятствует их эффективному использованию. Существующие системы создания и использования пространственных данных не позволяют обеспечить их полноценную интеграцию и совместное использование с ранее созданными БД.

Следовательно, целесообразна разработка единого специализированного программного обеспечения для всех уровней управления.

Применение ГИС в информационно-аналитической деятельности МЧС обеспечит выполнение таких функций, как:

- создание картографической основы с использованием цифровых карт различного масштаба и растровых карт и планов;
- создание атрибутивных тематических БД в области предупреждения и ликвидации ЧС природного и техногенного характера с территориальной привязкой входящих в них объектов;
- формирование топографических и специальных слоев ГИС на основе сведений тематических БД;
- интеграция в базы данных ГИС информации из других источников (автоматизированных систем);
- передача и обновление картографических и пространственно-атрибутивных данных в территориально-распределенной среде между сегментами ГИС;
- выполнение расчетных задач на основе использования картографических данных, информации, хранящейся в тематических БД, и различных прогнозных моделей;
- проведение анализа данных методом наложения;
- автоматизированная подготовка и изготовление твердых копий карт и схем с возможностью включения в них информации из атрибутивных тематических БД.

Указанные функции позволят решать ряд конкретных задач:

- определение точного местоположения источников ЧС;
- определение численности и состава населения и материальных ресурсов, оказавшихся в зоне ЧС (подлежащих эвакуации);
- построение и визуальное представление различных сценариев развития ЧС;
- прокладка оптимальных маршрутов доставки сил и средств, резервов материальных ресурсов, эвакуации населения и материальных средств;
- поиск в БД необходимой информации и осуществление пространственных запросов;
- подготовка оперативных карт (донесений) с нанесенной обстановкой.

Использование ГИС в деятельности МЧС может существенно ускорить и повысить эффективность процесса принятия решения в вопросах мониторинга и прогнозирования ЧС природного и техногенного характера.

Грамотно спроектированное и профессионально реализованное ГИС-решение не только повысит эффективность работы ведомства в результате внедрения системы, но также поможет избежать незапланированных затрат при ее дальнейшем масштабировании.

ЛИТЕРАТУРА

1. Официальный сайт ГИС-Ассоциации [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.gisa.ru/13058.html>. – Дата доступа: 10.10.2017.
2. Карманов, А.Г. Учебное пособие по курсу геоинформатика: учеб. пособие / А.Г. Карманов. – С.Пб.: Ун-т ИМТО, 2012. – 116 с.
3. Середович, В.А. Геоинформационные системы (назначение, функции, классификация): монография / В.А. Середович, В.Н. Ключниченко, Н.В. Тимофеева. – Новосибирск: СГГА, 2008. – 192 с.
4. Официальный сайт компании «ДАТА+» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.dataplus.ru/concept_arkgisa/press/friendgis.php. – Дата доступа: 22.11.2017.
5. Кащенко, Н.А. Геоинформационные системы: учеб. пособие / Н.А. Кащенко, Е.В. Попов, А.В. Чечин. – Н. Новгород: ННГАСУ, 2012. – 130 с.
6. Сайт предприятия «ГеоСистемПро» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.geosys.by/blog/itemlist/tag/ГИС>. – Дата доступа: 16.11.2017.
7. Об использовании государственными органами и иными государственными организациями те-

- лекоммуникационных технологий [Электронный ресурс]: Указ Президента Респ. Беларусь, 23 янв. 2014 г., № 46 // Нац. правовой Интернет-портал Респ. Беларусь. – Режим доступа: http://pravo.by/upload/docs/op/P31400046_1390942800.pdf. – Дата доступа: 16.11.2017.
8. Золотой, С.А. Некоторые пути совершенствования белорусской космической системы дистанционного зондирования земли / С.А. Золотой, А.В. Косило, А.А. Ставров, И.Б. Страшко // Весті Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі. Сер. фіз.-тэх. навук. – 2016. – № 4. – С. 113–120.

APPLICATION OF GEOINFORMATION SYSTEMS IN THE INFORMATION AND ANALYTICAL ACTIVITIES OF THE MINISTRY OF EMERGENCY SITUATIONS OF THE REPUBLIC OF BELARUS

Andrei Yurzhits

Central Office of the Ministry of Emergency Situations of the Republic of Belarus, Minsk, Belarus

Yauhen Chumila, PhD in Pedagogical Sciences

Nikolai Tachony

The state educational establishment «University of Civil Protection of the Ministry of Emergency Situations of the Republic of Belarus», Minsk, Belarus

Purpose. The justification of the effectiveness of the application of the geoinformation system in case of the occurrence or threat of emergency situations and the development of a draft concept for a single geo-information portal.

Methods. The study of special scientific and methodological literature and other sources of information, survey, abstraction, modeling, formalization, hypothetical-deductive method.

Findings. The functional capabilities of the geoinformation system in the information and analytical activities of the Ministry of Emergency Situations of the Republic of Belarus have been determined, which make it possible to increase the effectiveness of the decision-making process in monitoring and forecasting of emergency situations.

Application field of research. The use of geoinformation systems in the activities of the Ministry of Emergency Situations will significantly accelerate and increase the effectiveness of the decision-making process in monitoring and forecasting of emergency situations of natural and man-made nature. It will allow to see the areas emergency situations, their territorial coverage, the location of critical and potentially hazardous facilities, the settlements in the zone of emergency and the number of their population, the infrastructure of the area, as well as the forces and means of the Ministry of Emergency Situations and other equipment that can be involved to overcome the consequences of a possible or actual emergency.

Conclusions. The placing of geoinformation systems on a national platform using cloud technologies will solve all the key problems in the field of storage, accessibility and protection of information, which will significantly increase the efficiency and reduce the costs of the involved agencies. In addition, this will allow allocating just as much power as necessary for the correct operation of the system contributing to economic efficiency.

Keywords: analysis, database, geoinformation system, information, model, emergency.

(The date of submitting: May 23, 2018)

REFERENCES

1. *Ofitsial'nyy sayt GIS-Assotsiatsii* [Official site of the GIS-Association], available at: <http://www.gisa.ru/13058.html> (accessed: November 10, 2017). (rus)
2. Karmanov A.G. *Uchebnoe posobie po kursu geoinformatika* [Tutorial for Geoinformatics]. Sankt-Peterburg: Universitet IMTO, 2012. 116 p. (rus)
3. Seredovich V.A., Klyushnichenko V.N., Timofeeva N.V. *Geoinformatsionnye sistemy (naznachenie, funktsii, klassifikatsiya)* [Geoinformation systems (purpose, functions, classification)]. Novosibirsk: SGGGA, 2008. 192 p. (rus)
4. *Ofitsial'nyy sayt kompanii «DATA+»* [Official site of the company «DATA+»], available at: https://www.dataplus.ru/concept_arkgisa/press/friendgis.php (accessed: November 22, 2017). (rus)
5. Kashchenko N.A., Popov E.V., Chechin A.V. *Geoinformatsionnye sistemy* [Geoinformation systems]: tutorial. Nizhny Novgorod: NNGASU, 2012. 130 p. (rus)
6. *Sayt predpriyatiya «GeoSistemPro»* [GeoSystemPro site], available at: <http://www.geosys.by/blog/itemlist/tag/ГИС> (accessed: November 16, 2017). (rus)
7. *On the use of telecommunications technologies by state bodies and other state organizations: Decree of the President of the Republic of Belarus, January 23, 2014, No. 46.* National Legal Internet Portal of the Republic of Belarus, available at: http://pravo.by/upload/docs/op/P31400046_1390942800.pdf (accessed: November 16, 2017). (rus)
8. Zolotoy S.A., Kosilo A.V., Stavrov A.A., Strashko I.B. *Nekotorye puti sovershenstvovaniya belorusskoy kosmicheskoy sistemy distantsionnogo zondirovaniya zemli* [Some ways to improve the Belarusian space remote sensing system]. *Vesti Natsyyanal'nay akademii navuk Belarusi. Seryya fizika-tekhnichnykh navuk.* 2016. No. 4. Pp. 113–120. (rus)

УДК 658.34:62

ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ РАБОТЫ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Основин В.Н., Основина Л.Г., Сокол О.В., Мальцевич Н.В., Старосто Р.С.

Дано систематическое изложение концепции понятия «технические системы». Проанализировано состояние производственного травматизма в Республике Беларусь за 2016–2017 годы. Сформулированы основные принципы обеспечения безопасности технических систем, соблюдение которых позволит сократить негативное воздействие на работников опасных и вредных производственных факторов и минимизировать физиологические последствия травм и заболеваний.

Ключевые слова: технические системы, окружающая среда, основные принципы, безопасность технических систем.

(Поступила в редакцию 3 мая 2018 г.)

Введение. Анализ несчастных случаев, происходящих в производственной деятельности человека, свидетельствует о том, что одной из основных причин травматизма является эксплуатация машин и технологического оборудования, не отвечающих требованиям безопасности. Эксплуатация таких технических объектов почти всегда связана с нарушениями технологического процесса, которые приводят к поломкам и последующему разрушению отдельных элементов движущихся машин и механизмов, подвижных частей производственного оборудования. При этом создается аварийная ситуация, механические опасности которой ведут к травмированию работающих.

Согласно концепции, разработанной Международной ассоциацией социального обеспечения (МАСО) в Сингапуре 4 сентября 2017 г. на XXI Всемирном конгрессе по безопасности и гигиене труда, считается, что несчастные случаи на производстве и профессиональные заболевания не являются неизбежными, поскольку у них всегда есть причины, а следовательно, развитие эффективной культуры профилактики позволит их устранить. Вопрос обеспечения безопасности на рабочих местах как важнейший фактор достижения цели достойного труда широко обсуждали на II Международном форуме «Профсоюзы и зеленые рабочие места», который состоялся в Минске 19–20 апреля 2018 г. В Республике Беларусь создана целостная взаимоувязанная система, определяющая роль и задачи каждого из участников процесса обеспечения безопасных условий труда на всех уровнях взаимодействия. Проводимый в стране комплекс мероприятий в области охраны труда, от принятия законодательства и разработки систем управления охраной труда до государственного надзора и общественного контроля, направлен на решение главной задачи – сокращение производственного травматизма и профессиональных заболеваний [1].

По информации Министерства труда и социальной защиты Республики Беларусь в 2017 г. в организациях произошло меньше несчастных случаев со смертельным и тяжелым исходом по сравнению с предшествующим годом: погибли 117 работников и 576 получили тяжелые производственные травмы (в 2016 г. – 119 и 635 соответственно) [2].

Причины роста травматизма на производстве, имеющие проблемный характер, необходимо решать комплексно в соответствии с другими задачами повышения эффективности работы технических объектов с целью обеспечения безопасности производственного процесса.

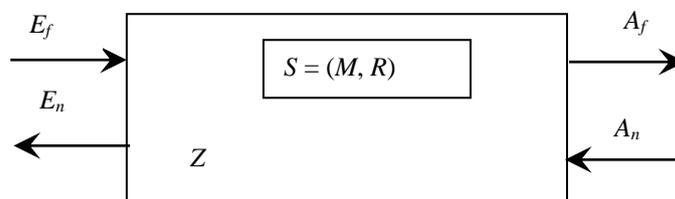
Существующее положение с производственным травматизмом и пожарной ситуацией на производстве требует постоянного внимания человека, поэтому технические объекты становятся работоспособными только при его участии. По данным А.А. Челнокова [3] примерно 20–30 % отказов в работе технических объектов зависят от ошибок человека; 10–15 % всех отказов связаны непосредственно с ошибками оператора.

Современные технические объекты (машины, механизмы, производственное оборудование) представляют собой совокупность элементов, определенным образом связанных друг с другом и образующих сложные системы, способные обеспечивать течение технологических процессов по программам, задаваемым человеком, а также совершать требуемые операции, работы и процедуры.

Чем сложнее система и больше в ней элементов и связей между ними, тем более нетривиальным является процесс анализа и прогнозирования ее состояния, и тем выше риск отклонения от нормальной эксплуатации этой системы.

Важное место занимают задачи моделирования технического объекта как системы взаимодействия элементов, образующих единое целое, т. е. техническую систему [4].

Основная часть. Под техническими системами (ТС) понимают материальные объекты искусственного происхождения, которые состоят из совокупности упорядоченно взаимодействующих элементов M , объединенных соответствующими связями R и вступающих в определенные отношения между собой и с окружающей средой с целью самостоятельного выполнения потребительских функций в штатных условиях, предусмотренных их конструкцией (рис. 1).



E_f, A_f – параметры, характеризующие функции системы; E_n, A_n – параметры, не относящиеся к функциям системы (условия работы, внешние и дополнительные воздействия);

Z – системный оператор; S – структура технических систем

Рисунок 1. – Структура взаимодействия элементов технических систем

Под функцией системы понимают ее свойство, применяемое для преобразования входных параметров E_f в выходные параметры A_f , осуществляемого при внешних и дополнительных воздействиях A_n и условиях работы E_n .

Комплекс элементов M и связей R , взаимодействующих в системе, создает структуру технических систем $S = (M, R)$. Следует учитывать, что на стадии проектирования элементы системы признаются единым целым, несмотря на то, что степень их сложности может отличаться в широких пределах. Если при проведении анализа элемента не учитывается его форма и внутреннее строение, а только оговаривается функция, которую он выполняет, тогда представленный элемент называется функциональным. В состав ТС входят следующие элементы: деталь, звено, группа, узел, простой или типовой механизм.

Существует множество материальных объектов искусственного происхождения, однако технические системы имеют общие признаки и структурные особенности, которые позволяют считать их целостной группой [5].

К наиболее существенным признакам ТС можно отнести:

- наличие структуры, поскольку ТС состоят из отдельных элементов или частей;
- целевое назначение ТС – приведение в исполнение конструктивных функций;
- некоторые особые свойства, не эквивалентные сумме свойств составляющих элементов.

Если хотя бы один из вышеприведенных признаков отсутствует, то рассматриваемый объект не является технической системой.

Таким образом, к ТС относятся движущиеся машины и механизмы, подвижные элементы производственного оборудования, передвигающиеся изделия, заготовки, транспортные и грузоподъемные машины и оборудование, а также другие устройства и средства, эксплуатируемые на предприятии. Движущимися частями ТС являются рабочие и приводные органы оборудования: различные виды передач (зубчатые, ременные, цепные и др.), валы и барабаны, муфты и диски, лопасти, пилы, ножи и другие части, вращающиеся или перемещающиеся в каком-либо направлении [6].

Известно, что не существует совершенно безопасных производств и технологических процессов. Всегда присутствует определенный риск травмирования, который зависит не только от опасных действий человека, но и от внешних воздействий.

Поэтому на государственном уровне разрабатываются меры экономического, технического, организационного и других направлений деятельности, обеспечивающих безопасность человека от воздействия возникающих опасных и (или) вредных производственных факторов. На исключение вышеуказанных факторов в структуре общей теории безопасности направлены основные принципы (общие положения) обеспечения безопасности ТС [7].

Основные принципы обеспечения безопасности ТС позволяют совершенствовать технологические процессы, проводить модернизацию оборудования, устранять или ограничивать источники опасности и зоны их распространения, а также использовать средства

индивидуальной и коллективной защиты. Зная принципы, можно эффективно решать практические задачи, в том числе в области обеспечения безопасности. Исходя из реализации этих задач, принципы обеспечения безопасности ТС можно условно разделить на четыре класса.

Ориентирующие содержат основные идеи, используемые технологами, конструкторами и проектировщиками для определения направления поиска безопасных решений, и служат методологической и информационной базой в области безопасности производственной деятельности предприятия. К ним относятся: *системность, взаимосвязь, гуманизация, классификация, деструкция, снижение и ликвидация опасности, активность человека, замена оператора роботом.*

Технические предусматривают комплекс типовых технических и технологических решений, основанных на использовании физических законов и направленных на непосредственное предотвращение действия опасных и (или) вредных факторов (физических, химических, биологических, психофизиологических). Они включают: *защиту расстоянием, прочность, слабое звено, единичный отказ (резервирование), экранирование, блокировку, флегматизацию, вакуумирование, компрессию, герметизацию.*

Управленческие предоставляют возможность руководству предприятия на основе нормативно-правовых актов определить ответственность должностных лиц за работу по обеспечению безопасных условий труда. Управленческие принципы включают: *плановость, стимулирование, управление безопасностью, эффективность, ответственность, обратную связь, адекватность, контроль, компенсацию.*

Организационные способствуют реализации положений научной организации деятельности предприятия в целях повышения безопасности человека и включают следующие принципы: *защита временем, несовместимость, эргономичность, информация, нормирование, подбор кадров, рациональная организация.*

В работе ТС руководствоваться только одним из этих принципов невозможно, поскольку все они тесно связаны между собой и представляют комплексную систему.

Анализируя вышеприведенные принципы обеспечения безопасности ТС, можно сделать вывод, что они являются основными направлениями производственной деятельности организации «человек – среда обитания» и элементарными составляющими процесса обеспечения безопасности.

Принципы обеспечения безопасности необходимо рассматривать во взаимосвязи, как элементы, дополняющие друг друга. Некоторые принципы относятся к нескольким классам одновременно, образуя систему, но каждый из них обладает относительной самостоятельностью и имеет определенные пределы применения. Каким принципам отдать предпочтение в конкретном случае, прежде всего зависит от достигнутого уровня безопасности, а также от соответствующих управленческих и организационных мероприятий и технических средств конкретной организации.

Научной основой планирования мероприятий по предупреждению несчастных случаев является прогнозирование безопасности труда на основании выявления зависимости травматизма от производственных факторов.

Анализ оперативных данных Департамента государственной инспекции труда Министерства труда и социальной защиты Республики Беларусь (за январь-декабрь 2017 г. в сравнении с январем-декабром 2016 г.) по состоянию на 07.02.2018 г. проведенный по Республике Беларусь, показывает, что количество погибших на производстве в нашей стране сократилось на 3,4 %.

Об улучшении условий труда свидетельствует уменьшение коэффициента частоты травматизма в Республике Беларусь на 1,7 % в 2017 г. Значения коэффициентов частоты травматизма работающих за 2016–2017 гг. приведены в таблице 1.

Анализируя данные таблицы 1, видим, что значение коэффициента частоты травматизма увеличилось в Брестской области на 37,5 %, а в Гомельской – на 38,2 % и уменьшилось в Гродненской области на 36,3 %, Витебской области – на 14,5 %, Могилевской области – на 5,5 %, Минской области – на 1,8 % и в г. Минске – на 12,5 %.

Количество потерпевших, получивших тяжелые производственные травмы (январь-декабрь 2017 г. в сравнении с январем-декабром 2016 г.) в Республике Беларусь уменьшилось на 4,5 %, в том числе, по областям: Витебской – на 27,6 %, Гродненской – на 18,7 %, Гомельской – на 11,7 %, Брестской – на 6,1 % и в г. Минске – на 2,7 %. В то же время этот показатель в Минской области увеличился на 10,7 %, в Могилевской – на 7,2 %.

Таблица 1. – Коэффициенты частоты (Кч) травматизма работающих в Республике Беларусь

Наименование территории	Годы	Кч на 100 тыс. работающих
Брестская область	2016	2,29
	2017	3,15
Витебская область	2016	4,30
	2017	3,68
Гомельская область	2016	2,59
	2017	3,58
Гродненская область	2016	3,83
	2017	2,44
Минская область	2016	4,54
	2017	4,46
г. Минск	2016	1,53
	2017	1,34
Могилевская область	2016	3,51
	2017	3,32
Республика Беларусь	2016	2,98
	2017	2,93

Из приведенных данных видно, что количество потерпевших, получивших тяжелые производственные травмы, увеличилось в Гомельской и Брестской областях. Лидирующее место по травматизму на производстве занимает Минская область.

Анализ причин, приводящих к несчастным случаям, проведенный за январь-декабрь 2017 г., показывает, что наибольшее количество несчастных случаев происходит по организационным причинам из-за нарушения потерпевшим трудовой дисциплины, требований нормативных правовых актов, технических нормативных правовых актов, локальных нормативных актов по охране труда – от 17,6 до 21,1 %, невыполнения руководителями и специалистами обязанностей по охране труда – 14,8–15,5 %, также по личной неосторожности потерпевшего – 0,5–9,6 %.

С учетом постоянного совершенствования ТС травматизм из-за конструктивных недостатков, недостаточной надежности средств производства (машин, механизмов, оборудования, оснастки, инструмента, транспортных средств) составляет 0,7–0,8 %, несовершенства, несоответствия технологического процесса требованиям по охране труда – 1,1–1,2 %. Отсутствие, некачественная разработка проектной документации на строительство, реконструкцию производственных объектов, сооружений, оборудования приводит к тому, что возникают травмы в 0,5–1,7 % случаев.

Особое внимание необходимо обращать на то, что на практике бывают случаи эксплуатации неисправных машин, механизмов, оборудования, оснастки, инструмента, транспортных средств, которые составляют 1,6–2,3 %, а также нарушения требований безопасности при эксплуатации транспортных средств, машин, механизмов, оборудования, оснастки, инструмента, приводящие к 2,9–4,3 % травм.

В то же время имеются случаи неудовлетворительного содержания и недостатки в организации рабочих мест, приводящие к травмам в 4,5–4,8 % случаев.

Проанализировав причины несчастных случаев при эксплуатации производственного оборудования, машин, механизмов и др., следует отметить, что соблюдение основных принципов обеспечения безопасности работы технических систем позволяет минимизировать физиологические последствия травм и заболеваний работающих.

Значение принципов состоит в формировании знаний об опасностях функционирующих ТС и требований к проведению защитных мероприятий и методам их расчета. Пользуясь этими принципами, можно находить оптимальные решения защиты от опасностей на основе сравнительного анализа конкурирующих вариантов.

Использование сложной техники предъявляет высокие требования к квалификации оператора. Поэтому современные ТС необходимо рассматривать как сложные автоматизированные системы, в которых вместе с контурами автоматического регулирования, состоящими только из технических звеньев, включены и функционируют контуры, замыкаемые через человеческое звено [8]. В связи с этим в условиях современного производства особенно важно учитывать принцип гуманизации, который предполагает, что при проектиро-

вании технологических процессов и оборудования, организации труда необходимо соблюдать нормативные условия производственного процесса [9].

Чтобы обеспечить безопасность производственной деятельности, необходимо:

- проведение активного и реактивного мониторинга условий труда;
- выбор безопасных технологий и оборудования;

– использование эффективных средств коллективной и индивидуальной защиты, применение автоматизации и дистанционного управления;

- оценка аварийных ситуаций, их локализация и ликвидация опасностей при авариях.

В условиях современного производства необходимо обращать особое внимание на принцип глубоко эшелонированной защиты, предполагающий [10]:

– установление барьеров при распространении энергии или устранении контакта с опасными элементами объекта;

- разработку мероприятий по сохранению целостности и эффективности этих барьеров.

Примерами физических барьеров безопасности служат различные защитные оболочки и кожухи (капоты), экраны, отсеки и т. п. Чем больше физических барьеров, тем более безопасным является объект.

Работоспособность барьеров и безопасность объекта обеспечиваются комплексом мероприятий [11], таких как:

– проектирование, предполагающее выбор всех параметров и характеристик надежности и безопасности с запасом;

- использование в проекте свойств защищенности и регулирования;

– введение в проект систем блокировок и защит, предназначенных для предотвращения аварий или ограничения их последствий;

- обучение работников;

– профилактические меры по устранению причин возможных отказов и корректирующие меры, препятствующие перерастанию отказов элементов объекта в происшествие и аварии;

- соблюдение требований инструкций по эксплуатации объекта.

Следующим важным принципом обеспечения безопасности является принцип единичного отказа, который реализуется путем резервирования элемента системы безопасной защиты. Применение резервирования себя оправдывает, поскольку увеличение стоимости за счет введения дополнительных элементов компенсируется повышением надежности, а следовательно, снижаются затраты на проведение текущего ремонта.

Важное место в обеспечении безопасности, кроме рассмотренных выше мероприятий, занимают следующие правила:

- применение апробированных технологий;

- изучение опыта эксплуатации существующих объектов;

- принятие решений на основе фактов.

Последний принцип особенно важен для раскрытия роли вероятностного анализа в обосновании безопасности.

При обеспечении безопасности работы ТС необходимо использовать ряд принципов, среди которых ведущими являются технические и организационные.

Средством решения проблемы надежности и безопасности ТС служит использование автоматики для обеспечения ее работы в различных условиях эксплуатации, обучение и переподготовка кадров.

Заключение. Таким образом, безопасность работы ТС можно обеспечить, если рационально выбрать принципы действия составляющих элементов, а также подобрать конструктивные схемы и материалы. Рабочие процессы необходимо выполнять с соблюдением условий труда. Следует учитывать, что в конструкциях необходимо проектировать специальные защитные и ограждающие устройства. Для повышения безопасности производства работ планируется рациональное использование средств механизации, автоматизации, дистанционного управления.

При создании технической документации соответствующим организациям необходимо включать требования безопасности на разработку, монтаж, эксплуатацию, ремонт, хранение и транспортирование оборудования, выполнение эргономических требований.

Для того, чтобы исключить воздействие на работающих опасных и (или) вредных производственных факторов, необходимо соблюдать основные принципы обеспечения безопасности технических систем (ориентирующие, технические, управленческие и организа-

ционные). Соблюдение принципов безопасного взаимодействия «человек – среда обитания» в производстве направлено на сохранение жизни и здоровья работников в соответствии с требованиями системы управления охраной труда.

ЛИТЕРАТУРА

1. Беларусь намерена следовать концепции «нулевого травматизма» в сфере охраны труда – Старовойтов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.belta.by/society/view/belarus-namerena-sledovat-kontseptsii-nulevogo-travmatizma-v-sfere-ohrany-truda-starovojtov-300272-2018/>. – Дата доступа: 04.06.2018.
2. Романовская, И.А. В режиме активного поиска / И.А. Романовская // Охрана труда и социальная защита. – 2018. – № 4 (301). – С. 4–7.
3. Охрана труда: учеб. пособие / А.А. Челноков, Л.Ф. Ющенко. – 2-е изд., испр. – Минск: Выш. шк., 2006. – 463 с.
4. Система стандартов безопасности труда. Процессы производственные: ГОСТ 12.3.002-2014. – Введ. 01.05.2017; взамен ГОСТ 12.3.002-75. – Минск: Госстандарт, 2017. – 12 с.
5. Система стандартов безопасности труда. Оборудование производственное. Общие требования безопасности к рабочим местам: ГОСТ 12.2.061-81. – Введ. 01.07.1982. – Минск: Госстандарт, 2009. – 4 с.
6. Безопасность жизнедеятельности: учебник / под ред. Э.А. Арустамова. – 10-е изд., перераб. и доп. – М.: Дашков и К°, 2006. – 476 с.
7. Система стандартов безопасности труда. Оборудование производственное. Общие требования безопасности: ГОСТ 12.2.003-91. – Введ. 01.01.1992; взамен ГОСТ 12.2.003-74. – Минск: Госстандарт, 2011. – 9 с.
8. Курдюмов, В.И. Безопасность жизнедеятельности: проектирование и расчет средств обеспечения безопасности: учеб. пособие / В.И. Курдюмов, Б.И. Зотов. – М.: Юрайт, 2017. – 230 с.
9. Анурьев, В.И. Справочник конструктора-машиностроителя: в 3 т. / В.И. Анурьев. – 9-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 2006. – Т. 1. – 928 с.
10. Безопасность жизнедеятельности: учебник для вузов / С.В. Белов, А.В. Ильницкая, А.Ф. Козьянов [и др.]; под ред. С.В. Белова. – М.: Высш. шк., 2007. – 616 с.
11. Павлова, Е.И. Экология транспорта: учебник для вузов / Е.И. Павлова. – М.: Транспорт, 2000. – 248 с.

BASIC PRINCIPLES OF SECURITY SAFETY OF WORK OF TECHNICAL SYSTEMS

Victor Osnovin, PhD in Technical Sciences, Associate Professor

Larisa Osnovina, PhD in Technical Sciences, Associate Professor

Olga Sokol

Educational Establishmen «Belarusian State Agrarian Technical University», Minsk, Belarus

Natalia Maltsevich, PhD in Economic Sciences, Associate Professor

State Educational Establishment «School of Business of Belarusian State University», Minsk, Belarus

Roman Starosto

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

Purpose. The aim of the work was to study the basic principles of ensuring the safety of technical systems aimed at eliminating the negative impact of hazardous and harmful production factors for workers.

Methods. Systematic approach to the object of research, methods of analysis and generalization are used.

Findings. A systematic presentation of the term «technical systems» is given. The basic principles of ensuring the safety of technical systems are formulated and the state of industrial injuries in the Republic of Belarus for 2016-2017 is analyzed.

Application field of research. The principles presented in the work should find the application in the design and operation of equipment to improve its safety.

Conclusions. In the sphere of production there are no absolutely safe production facilities, therefore the measures are needed to reduce the impact of harmful factors on working personal. Observance of the basic principles of the safety of technical systems in the design and operation of machinery will increase its safety, reduce injuries, and preserve the life and health of workers.

Keywords: Technical systems, environment, basic principles, safety of technical systems.

(The date of submitting: May 3, 2018)

REFERENCES

1. *Belarus' namerena sledovat' kontseptsii «nulevogo travmatizma» v sfere okhrany truda* – Starovoytov [Belarus intends to follow the concept of «zero traumatism» in the field of labor protection – Starovoytov], available at <http://www.belta.by/society/view/belarus-namerena-sledovat-kontseptsii-nulevogo-travmatizma-v-sfere-okhrany-truda-starovojtov-300272-2018> (accessed: June 4, 2018). (rus)
2. Romanovskaya I.A. V rezhime aktivnogo poiska [In the active search mode]. *Okhrana truda i sotsial'naya zashchita*. 2018. No. 4 (301). Pp. 4–7. (rus)
3. Chelnokov A.A., Yushchenko L.F. *Okhrana truda* [Labor protection]: tutorial. Minsk: Vysheyshaya shkola, 2006. 463 p. (rus)
4. *Occupational safety standards system. Production processes. GOST 12.3.002-2014*. Affirmed 01.05.2017. Minsk: Gosstandard, 2017. 12 p. (rus)
5. *Occupational safety standards system. Equipment for production. General safety requirements for workplaces: GOST 12.2.061-81*. Affirmed 01.07.1982. Minsk: Gosstandart, 2009. 4 p. (rus)
6. *Bezopasnost' zhiznedeyatel'nosti* [Safty of human life support]: textbook. Ed. by E.A. Arustamov. Moscow: Publishing house Dashkov and Co., 2006. 476 p. (rus)
7. *Occupational safety standards system. Equipment for production. General safety requirements: GOST 12.2.003-91*. Affirmed 01.01.1992; in exchange for GOST 12.2.003-74. Minsk: Gosstandart, 2011. 9 p. (rus)
8. Kurdyumov V.I., Zotov B.I. *Bezopasnost' zhiznedeyatel'nosti: proektirovanie i raschet sredstv obespecheniya bezopasnosti* [Safty of human life support: design and calculation of safety equipment]: tutorial. Moscow, Yurayt, 2017. 230 p. (rus)
9. Anur'ev V.I. *Spravochnik konstruktora-mashinostroytelya* [Handbook of the designer-machine builder], in 3 parts. Moscow: Mashinostroyeniye, 2006. Part 1. 928 p. (rus)
10. Belov S.V., Il'nitskaya A.V., Koz'yanov A.F. et al. *Bezopasnost' zhiznedeyatel'nosti* [Safty of human life support]: textbook for universities. Moscow: Vysshaya shkola, 2007. 616 p. (rus)
11. Pavlova E.I. *Ekologiya transporta* [Transport Ecology]: textbook for universities. Moscow: Transport, 2000. 248 p. (rus)

АВТОРЫ СТАТЕЙ

Арестович Дмитрий Николаевич, кандидат технических наук

Государственное учреждение образования «Университет гражданской защиты
Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь»,
доцент кафедры управления защитой от чрезвычайных ситуаций
220118, Беларусь, г. Минск, ул. Машиностроителей, 25
тел.: +375 (17) 345-35-57, e-mail: oic@ucp.by

Богданович Алексей Борисович, кандидат исторических наук, доцент

Государственное учреждение образования «Университет гражданской защиты
Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь»,
заведующий кафедрой гуманитарных наук
220118, Беларусь, г. Минск, ул. Машиностроителей, 25
тел.: +375 (17) 340-09-16

Ботян Сергей Сергеевич

Государственное учреждение образования «Университет гражданской защиты
Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь»,
старший преподаватель кафедры пожарной безопасности
220118, Беларусь, Минск, ул. Машиностроителей, 25
тел.: +375 (17) 341-75-11, e-mail: aseckis@mail.ru

Бордак Сергей Сергеевич

Государственное учреждение образования «Университет гражданской защиты
Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь»,
старший преподаватель кафедры гражданской защиты
220118, Беларусь, г. Минск, ул. Машиностроителей, 25
тел.: +375 (17) 340-35-59, e-mail: bordak.ucp@gmail.com

Голякова Ирина Викторовна, кандидат юридических наук, доцент

Государственное учреждение образования «Университет гражданской защиты
Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь»,
начальник факультета безопасности жизнедеятельности
220118, Беларусь, г. Минск, ул. Машиностроителей, 25
тел.: +375 (17) 340-69-55

Дадашов Ильгар Фирдовси оглы, кандидат технических наук

Академия МЧС Азербайджанской Республики, начальник кафедры
AZ 1089, Азербайджанская Республика, г. Баку,
р-н Сураханский, пос. Говсан, ул. им. Эльман Гасымова, 8
тел.: +994 (12) 512-41-74, e-mail: ilgardashov@mail.ru

Данилова-Третьяк Светлана Михайловна, кандидат технических наук, доцент,

Государственное научное учреждение «Институт тепло- и массообмена имени А.В. Лыкова
Национальной академии наук Беларуси», ученый секретарь
220072, Беларусь, Минск, ул. П. Бровки, 15
тел. +375 (17) 284-21-35, e-mail: dts@hmti.ac.by

Дмитракович Николай Михайлович, кандидат технических наук

Государственное учреждение образования «Университет гражданской защиты
Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь»,
начальник кафедры управления защитой от чрезвычайных ситуаций
220118, Беларусь, г. Минск, ул. Машиностроителей, 25
тел.: +375 (17) 341-72-11, e-mail: ontrnic@mail.ru

Жаворонков Илья Сергеевич

Государственное учреждение образования «Университет гражданской защиты Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь»,
научный сотрудник отдела научной и инновационной деятельности
220118, Беларусь, г. Минск, ул. Машиностроителей, 25
тел.: +375 (17) 341-32-99, e-mail: ZhavoronkovIlya@yandex.ru

Ильюшонок Александр Васильевич, кандидат физико-математических наук, доцент

Государственное учреждение образования «Университет гражданской защиты Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь»,
заведующий кафедрой естественных наук
220118, Беларусь, г. Минск, ул. Машиностроителей, 25
тел.: +375 (17) 341-74-11, e-mail: Piyushonok@gmail.com

Камлюк Андрей Николаевич, кандидат физико-математических наук, доцент

Государственное учреждение образования «Университет гражданской защиты Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь»,
заместитель начальника университета по научной и инновационной деятельности
220118, Беларусь, г. Минск, ул. Машиностроителей, 25
тел.: +375 (17) 345-41-35, e-mail: kan@ucp.by

Картиевич Виктор Александрович, кандидат исторических наук, доцент

Государственное учреждение образования «Университет гражданской защиты Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь»,
доцент кафедры гуманитарных наук
220118, Беларусь, г. Минск, ул. Машиностроителей, 25
тел.: +375 (17) 340-09-16

Кудряшов Вадим Александрович, кандидат технических наук, доцент

Государственное учреждение образования «Университет гражданской защиты Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь»,
начальник отдела научной и инновационной деятельности
220118, Беларусь, Минск, ул. Машиностроителей, 25
тел.: +375 (17) 341-32-99, e-mail: vadkud@gmail.com

Курочкин Александр Сергеевич

Государственное учреждение образования «Университет гражданской защиты Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь»,
220118, Беларусь, г. Минск, ул. Машиностроителей, 25
e-mail: Alexander.kurochkin96@mail.ru

Ласута Геннадий Федорович, кандидат сельскохозяйственных наук

Министерство по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь,
Заместитель Министра
220030, г. Минск, ул. Революционная, 5

Левкевич Виктор Евгеньевич, доктор технических наук, доцент

Белорусский национальный технический университет,
профессор кафедры водоснабжения и водоотведения
220013, Беларусь, г. Минск, пр. Независимости, 65
тел.: +375 (17) 267-71-74, e-mail: eco2014@tut.by

Лешенюк Николай Степанович, доктор физико-математических наук, профессор

Государственное учреждение образования «Университет гражданской защиты Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь»,
профессор кафедры естественных наук
220118, Беларусь, г. Минск, ул. Машиностроителей, 25
тел.: +375 (17) 341-74-11, e-mail: nleshenyuk@mail.ru

Мальцевич Наталья Викторовна, кандидат экономических наук, доцент

Государственное учреждение образования «Институт бизнеса
Белорусского государственного университета»,
заместитель декана по инновационной деятельности и практике факультета бизнеса
220007, Беларусь, г. Минск, ул. Московская, 5
тел.: +375 (17) 511-08-77, e-mail: tasha_osn@mail.ru

Медведева Людмила Владимировна, доктор педагогических наук, профессор

Санкт-Петербургский университет Государственной противопожарной службы МЧС России,
заведующий кафедрой физико-технических основ обеспечения пожарной безопасности
196105, Россия, г. Санкт-Петербург, Московский пр-т, 149
тел.: +8 (812) 476-82-00, e-mail: luvlmed@mail.ru

Миканович Андрей Станиславович, кандидат технических наук, доцент

Государственное учреждение образования «Университет гражданской защиты
Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь»,
начальник кафедры пожарной безопасности
220118, Беларусь, г. Минск, ул. Машиностроителей, 25
тел.: +375 (17) 341-75-11, e-mail: mast1978@gmail.com

Морозов Артем Александрович

Государственное учреждение образования «Университет гражданской защиты
Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь»,
преподаватель кафедры ликвидации чрезвычайных ситуаций
220118, Беларусь, г. Минск, ул. Машиностроителей, 25
тел.: +375 (17) 340-35-59, e-mail: morozow974@gmail.com

Николаева Кристина Викторовна

Государственное научное учреждение «Институт тепло- и массообмена имени А.В. Лыкова
Национальной академии наук Беларуси», младший научный сотрудник
220072, Беларусь, Минск, ул. П. Бровки, 15
тел.: +375 (17) 284-12-50, e-mail: nikolajewa@hmti.ac.by

Пармон Валерий Викторович, кандидат технических наук, доцент

Государственное учреждение образования «Университет гражданской защиты
Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь»,
начальник кафедры автоматических систем безопасности
220118, Беларусь, г. Минск, ул. Машиностроителей, 25
тел.: +375 (17) 341-73-22, e-mail: niipb@yahoo.ru

Пастухов Сергей Михайлович, кандидат технических наук, доцент

Государственное учреждение образования «Университет гражданской защиты
Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь»,
первый заместитель начальника университета
220118, Беларусь, г. Минск, ул. Машиностроителей, 25
тел.: +375 (17) 341-77-11, e-mail: plamennyj98@gmail.com

Полевода Иван Иванович, кандидат технических наук, доцент

Государственное учреждение образования «Университет гражданской защиты
Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь»,
начальник университета
220118, Беларусь, г. Минск, ул. Машиностроителей, 25
тел.: +375 (17) 340-53-93, e-mail: ip@ucp.by

Основин Виктор Николаевич, кандидат технических наук, доцент

Учреждение образования «Белорусский государственный аграрный технический
университет», заведующий кафедрой механики материалов и деталей машин
220023, Беларусь, г. Минск, пр. Независимости, 99
тел.: +375 (17) 366-55-60, e-mail: sopromat239@mail.ru

Основина Лариса Григорьевна, кандидат технических наук, доцент

Учреждение образования «Белорусский государственный аграрный технический университет», доцент кафедры управления охраной труда
220023, Беларусь, г. Минск, пр. Независимости, 99
тел.: +375 (17) 268-83-74, e-mail: Lora-f@tut.by

Садовский Андрей Ярославович

Государственное учреждение образования «Университет гражданской защиты Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь»,
пресс-секретарь
220118, Беларусь, г. Минск, ул. Машиностроителей, 25
тел.: +375 (17) 340-24-50

Сарасеко Елена Григорьевна, кандидат биологических наук

Гомельский филиал Государственного учреждения образования «Университет гражданской защиты Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь»,
доцент кафедры безопасности жизнедеятельности
246023, Беларусь, г. Гомель, ул. Речицкое шоссе, д. 35А
тел.: +8 (232) 46-07-21, e-mail: elen_saraseko@tut.by

Сергеев Всеволод Николаевич, кандидат исторических наук, доцент

Государственное учреждение образования «Университет гражданской защиты Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь»,
доцент кафедры гуманитарных наук
220118, Беларусь, г. Минск, ул. Машиностроителей, 25
тел.: +375 (17) 340-09-16, e-mail: v.n.sergeev@gmail.com

Старосто Роман Сергеевич

Государственное учреждение образования «Университет гражданской защиты Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь»,
преподаватель кафедры службы, надзора и правового обеспечения
220118, Беларусь, г. Минск, ул. Машиностроителей, 25
тел.: +375 (17) 341-72-11, e-mail: starosto@bk.ru

Сокол Ольга Васильевна

Учреждение образования «Белорусский государственный аграрный технический университет», старший преподаватель кафедры механики материалов и деталей машин
220023, Беларусь, г. Минск, пр. Независимости, 99
тел.: +375 (17) 267-14-82, e-mail: oliaialo@gmail.com

Стриганова Марина Юрьевна, кандидат технических наук, доцент

Государственное учреждение образования «Университет гражданской защиты Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь»,
доцент кафедры автоматических систем безопасности
220118, Беларусь, г. Минск, ул. Машиностроителей, 25
тел.: +375 (17) 341-73-22, e-mail: striganovam@tut.by

Субботин Михаил Николаевич, кандидат военных наук, доцент

Государственное учреждение образования «Университет гражданской защиты Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь»,
профессор кафедры гражданской защиты
220118, Беларусь, г. Минск, ул. Машиностроителей, 25
тел.: +375(17) 340-35-59

Суриков Андрей Валерьевич

Государственное учреждение образования «Университет гражданской защиты Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь»,
начальник кафедры организации службы, надзора и правового обеспечения
220118, Беларусь, г. Минск, ул. Машиностроителей, 25
тел.: +375 (17) 341-72-11, e-mail: shurikoff@bk.ru

Тихонов Максим Михайлович, кандидат технических наук, доцент

Государственное учреждение образования «Университет гражданской защиты
Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь»,
начальник кафедры гражданской защиты
220118, Беларусь, г. Минск, ул. Машиностроителей, 25
тел.: +375 (17) 340-35-59, e-mail: timax1978@gmail.com

Точеный Николай Николаевич

Государственное учреждение образования «Университет гражданской защиты
Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь»,
старший-инженер программист отдела технических средств и информационных технологий
220118, Беларусь, г. Минск, ул. Машиностроителей, 25
тел.: +375 (17) 340-15-96, e-mail: colt.tnn@gmail.com

Цыганков Евгений Михайлович

Государственное учреждение образования «Университет гражданской защиты
Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь»,
слушатель факультета подготовки руководящих кадров
220118, Беларусь, г. Минск, ул. Машиностроителей, 25

Чумила Евгений Анатольевич, кандидат педагогических наук

Государственное учреждение образования «Университет гражданской защиты
Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь»,
доцент кафедры службы, надзора и правового обеспечения
220118, Беларусь, г. Минск, ул. Машиностроителей, 25
тел.: +375 (17) 341-72-11, e-mail: cshhuumm@mail.ru

Юржиц Андрей Михайлович

Центральный аппарат Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь,
начальник управления аварийно-спасательных служб и ликвидации чрезвычайных ситуаций
220030, Беларусь, г. Минск, ул. Интернациональная, 5
тел.: +375 (17) 229-34-62

**ПРАВИЛА ПРЕДОСТАВЛЕНИЯ
статей для публикации в научном журнале
«Вестник Университета гражданской защиты МЧС Беларуси»**

1. Направляемые в журнал «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. Рисунки прилагаются дополнительно как отдельные файлы графического формата.

5. Материал излагается в следующем порядке:

- номер УДК (универсальная десятичная классификация);
- название статьи;
- информация о каждом авторе: фамилия, имя, отчество полностью, ученая степень, ученое звание, место работы (полное название, адрес с указанием индекса и страны), должность, рабочий телефон, e-mail. Если авторов много, указывается корреспондент по вопросам содержания статьи;
- аннотация, ясно излагающая содержание статьи и пригодная для опубликования в реферативных журналах (не менее 80 и не более 120 слов);
- ключевые слова и словосочетания статьи (не более 15 слов);
- дата поступления статьи (месяц и год);
- введение; основная часть статьи; заключение, завершаемое четко сформулированными выводами;
- список цитированной литературы.

На отдельной странице на английском языке приводятся следующие сведения: название статьи; информация о каждом авторе: фамилия и имя (указываются по паспорту), ученая степень, ученое звание, страна, город, место работы; аннотация; 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 и 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>.

Необходимо учитывать, что англоязычная аннотация – независимый от статьи источник информации, предназначенный для англоязычных читателей, которые смогут по ней ознакомиться с содержанием работы. Рекомендуемый объем – 150–300 слов. В данной аннотации уместно размещать ключевые фрагменты основной части статьи. Англоязычная аннотация должна включать в себя следующие пункты: *purpose* (раскрывается название статьи, определяется круг рассматриваемых вопросов, обозначаются цель и задачи работы, объект и предмет исследования); *methods* (излагаются подходы, методы и технологии исследования); *findings* (приводятся наиболее значимые теоретические положения, экспериментальные данные, подчеркивается их актуальность и новизна); *application field of research* (описываются возможности использования полученных результатов, отмечается их научно-практическая значимость); *conclusions* (подводятся итоги статьи, даются рекомендации, оценки, обозначаются перспективы исследования).

Основные требования к набору статей, предоставляемых в 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 основное содержание 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 – 5 лет.

1-94 02 02 «Пожарная и промышленная безопасность» с присвоением квалификации «Инженер по пожарной и промышленной безопасности». Форма обучения заочная – 5 лет.

По окончании обучения выдается диплом о высшем образовании государственного образца.

Факультет безопасности жизнедеятельности

Проводит:

Переподготовку лиц с высшим образованием по специальностям:

1-94 02 72 «Инжиниринг безопасности объектов строительства» с присвоением квалификации «Инженер по безопасности». Срок обучения 18 месяцев. Форма обучения заочная (три сессии).

1-94 02 71 «Промышленная безопасность» с присвоением квалификации «Инженер по промышленной безопасности». Срок обучения 18 месяцев. Форма обучения заочная (три сессии).

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.

Курсы повышения квалификации (на базе высшего и среднего специального образования) по образовательным программам:

- «Экспертная деятельность»;
- «Экспертная деятельность» для работников проектных организаций;
- «Экспертная деятельность» для работников органов и подразделений по ЧС;
- «Пожарная безопасность и предупреждение чрезвычайных ситуаций»;
- «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»;
- «Проектирование систем автоматической пожарной сигнализации, систем автоматического пожаротушения, систем противодымной защиты, систем передачи извещений, систем оповещения о пожаре и управления эвакуацией»;
- «Лица, осуществляющие капитальный ремонт (перезарядку) огнетушителей, торговлю средствами противопожарной защиты по перечню, утвержденному Министерством по чрезвычайным ситуациям»;
- «Выполнение работ с огнезащитным составом (инженерно-технические работники)»;
- «Выполнение работ с огнезащитным составом (исполнители работ)»;
- «Обеспечение пожарной безопасности на объектах Республики Беларусь»;
- «Обеспечение пожарной безопасности на объектах с массовым пребыванием людей».

Занятия на курсах повышения квалификации проводятся по мере комплектования учебных групп. За неделю до начала учебных занятий заинтересованным лицам на указанный в заявке факс направляются письма с необходимой информацией.

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 340-71-89 (ФЗО), тел. 340-69-55, факс 340-35-58 (ФБЖ).**

Дополнительная информация размещена на сайте института <http://ucsp.by>.

Научный журнал

Вестник
Университета гражданской защиты МЧС Беларуси
Том 2, № 3, 2018

Корректор О.М. Павлюченко
Компьютерная верстка И.С. Жаворонков
Технический редактор М.В. Лапина
Дизайн обложки И.А. Розенталь

Подписано в печать 17.08.2018.
Формат 60x84 1/8.
Бумага офсетная. Цифровая печать.
Гарнитура Таймс.
Усл. печ. л. 16,16. Уч.-изд. л. 14,33.
Тираж 110 экз. Заказ 050-2018.

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.