



ISSN: 2617-6998; (E) ISSN 2617-7005

# НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

# ПОЖАРНАЯ И ТЕХНОСФЕРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ:

*проблемы и пути  
совершенствования*

**№ 2(12)  
2022**



МИНИСТЕРСТВО ПО ДЕЛАМ ГРАЖДАНСКОЙ ОБОРОНЫ,  
ЧРЕЗВЫЧАЙНЫМ СИТУАЦИЯМ И ЛИКВИДАЦИИ  
ПОСЛЕДСТВИЙ СТИХИЙНЫХ БЕДСТВИЙ  
ДОНЕЦКОЙ НАРОДНОЙ РЕСПУБЛИКИ

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ  
ДОНЕЦКОЙ НАРОДНОЙ РЕСПУБЛИКИ

ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«АКАДЕМИЯ ГРАЖДАНСКОЙ ЗАЩИТЫ  
МИНИСТЕРСТВА ПО ДЕЛАМ ГРАЖДАНСКОЙ ОБОРОНЫ,  
ЧРЕЗВЫЧАЙНЫМ СИТУАЦИЯМ И ЛИКВИДАЦИИ  
ПОСЛЕДСТВИЙ СТИХИЙНЫХ БЕДСТВИЙ  
ДОНЕЦКОЙ НАРОДНОЙ РЕСПУБЛИКИ»

THE MINISTRY FOR CIVIL DEFENCE,  
EMERGENCIES AND ELIMINATION OF CONSEQUENCES  
OF NATURAL DISASTERS  
OF DONETSK PEOPLE'S REPUBLIC

THE MINISTRY OF EDUCATION AND SCIENCE  
OF DONETSK PEOPLE'S REPUBLIC

STATE BUDGET EDUCATIONAL INSTITUTION  
OF HIGHER EDUCATION  
"THE CIVIL DEFENCE ACADEMY  
OF THE MINISTRY FOR CIVIL DEFENCE,  
EMERGENCIES AND ELIMINATION OF  
CONSEQUENCES OF NATURAL DISASTER  
OF THE DONETSK PEOPLE'S REPUBLIC"

# ПОЖАРНАЯ И ТЕХНОСФЕРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ: проблемы и пути совершенствования

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

# FIRE AND TECHNOSPHERIC SAFETY: problems and ways of improvement

SCIENTIFIC JOURNAL

Выпуск 2(12)

Issue 2(12)

2022

Пожарная и техносферная безопасность: проблемы и пути совершенствования: научный журнал. – Донецк : ГБОУ ВО «АГЗ МЧС ДНР». – 2022. – Вып. 2(12). – 274 с.

Научный журнал «Пожарная и техносферная безопасность: проблемы и пути совершенствования» выпускается по решению Учёного совета ГОУВПО «Академия гражданской защиты» МЧС ДНР (Протокол № 4 от 30.11.2018 г.).

ISSN: 2617-6998; (E) ISSN 2617-7005.

Целью научного журнала «Пожарная и техносферная безопасность: проблемы и пути совершенствования» является содействие обмену опытом и повышению уровня профессиональной подготовки специалистов в области пожарной и техносферной безопасности, обсуждение актуальных вопросов современного состояния и перспектив развития систем управления пожарной и техносферной безопасностью, выработка совместных подходов к решению существующих проблем в данных областях, развитие интереса к фундаментальным и прикладным исследованиям в рамках основных направлений научной деятельности Академии.

Материалы сборника рассчитаны на сотрудников учебных и научно-исследовательских организаций и учреждений, преподавателей, аспирантов, докторантов, студентов, курсантов, сотрудников МЧС и представителей промышленного комплекса.

В журнал включаются материалы участников научных и научно-технических мероприятий, проходящих в ГБОУ ВО «АГЗ МЧС ДНР», а также материалы, присылаемые авторами в адрес Редакции сборника.

Материалы, публикуемые в сборнике, проходят обязательное рецензирование и проверку на уникальность информации.

**Учредитель и издатель:** Государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Академия гражданской защиты Министерства по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий Донецкой Народной Республики».

Рекомендован к изданию решением Учёного совета ГБОУ ВО «АГЗ МЧС ДНР» (Протокол № 4 от 28.10.2022 г.).

© Авторы статей, 2022  
© ГБОУ ВО «АГЗ МЧС ДНР», 2022

Fire and technospheric safety: problems and ways of improvement: the scientific journal. – Donetsk : "The Civil Defence Academy of EMERCOM of the DPR". – 2022. – Issue 2(12). – 274 p.

Scientific journal "Fire and technospheric safety: problems and ways of improvement" has been issued by the Academic Council of "The Civil Defence Academy" of EMERCOM of DPR on November 30, 2018 (Minutes No 4).

ISSN: 2617-6998; (E) ISSN 2617-7005.

The purpose of the journal "Fire and technospheric safety: problems and ways of improvement" is to facilitate the experience exchange and increase the level of professional training of specialists in the field of fire and technospheric safety, as well as discussion essential issues of the current state and future perspective of management systems of fire and technospheric safety, formulation of collaborative approaches to the solution of contemporary problems in these fields, development of interest in fundamental and applied research in the framework of the main directions of scientific activity of the Academy.

The materials of the digest are intended for members of educational and research organizations and institutions, teachers, post-graduate students, doctoral candidates, students, cadets, EMERCOM officers and representatives of the industrial estates.

The journal includes the materials of participants in scientific and technical events held in "The Civil Defence Academy" of EMERCOM of DPR, and the materials sent by authors to the collection Editorial office.

Materials published in the digest will be peer-reviewed and checked for duplication.

**Founder and Publisher:** State Educational Institution of Higher Professional Education "The Civil Defence Academy of the Ministry for Civil Defence, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disaster of the Donetsk People's Republic".

Recommended for publication by the Academic Council of "The Civil Defence Academy of EMERCOM of the DPR" on October 28, 2022 (Minutes № 4).

© (Author's Full Name), 2022  
© "The Civil Defence Academy of EMERCOM of the DPR", 2022

## РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

---

## EDITORIAL BOARD

**СТЕФАНЕНКО Павел Викторович** / главный редактор /  
Доктор педагогических наук, профессор, профессор кафедры гуманитарных дисциплин факультета «Техносферной безопасности» ГБОУ ВО «АГЗ МЧС ДНР», заслуженный работник образования Украины, академик Международной Академии безопасности жизнедеятельности, Почетный начальник Академии гражданской защиты

**СТАРОСТЕНКО Михаил Борисович** / заместитель главного редактора /  
Кандидат технических наук, доцент, полковник службы гражданской защиты, заместитель начальника академии (по учебной работе) ГБОУ ВО «АГЗ МЧС ДНР»

**МИХАЙЛОВ Дмитрий Александрович** / ответственный секретарь /  
Кандидат технических наук, доцент кафедры математических дисциплин факультета «Пожарной безопасности» ГБОУ ВО «АГЗ МЧС ДНР»

**ЕРЁМИН Александр Владимирович**  
Подполковник службы гражданской защиты, первый заместитель начальника академии ГБОУ ВО «АГЗ МЧС ДНР»

**КИРЬЯН Андрей Петрович**  
Кандидат технических наук, полковник службы гражданской защиты, заместитель начальника академии ГБОУ ВО «АГЗ МЧС ДНР»

**ЖИВОВ Андрей Алексеевич**  
Полковник службы гражданской защиты, начальник факультета «Техносферной безопасности» ГБОУ ВО «АГЗ МЧС ДНР»

**СЕРИКОВ Александр Владимирович**  
Подполковник службы гражданской защиты, заместитель начальника факультета (начальник курса) факультета «Пожарной безопасности» ГБОУ ВО «АГЗ МЧС ДНР»

**ВОРОПАЕВ Игорь Олегович**  
Подполковник службы гражданской защиты, начальник кафедры организации пожарно-профилактической работы факультета «Пожарной безопасности» ГБОУ ВО «АГЗ МЧС ДНР»

**СЕРЁГИН Алексей Борисович**  
Подполковник службы гражданской защиты, начальник кафедры обеспечения пожарной безопасности факультета «Пожарной безопасности» ГБОУ ВО «АГЗ МЧС ДНР»

**МНУСКИН Юрий Витальевич**  
Кандидат технических наук, заведующий кафедрой естественнонаучных дисциплин факультета «Техносферной безопасности» ГБОУ ВО «АГЗ МЧС ДНР»

**Pavel STEFANENKO** / Editor in Chief /  
Doctor of Pedagogic Sciences, Professor, Professor of the Department of Humanitarian Disciplines of the Technospheric Safety Faculty of "The Civil Defence Academy of EMERCOM of the DPR", Fellow of Educational Society of Ukraine, Member of International Civil Protection Academy, Honorary Head of the Civil Defence Academy

**Michail STAROSTENKO** / Deputy Editor /  
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Colonel of Civil Protection Service, Deputy Head of the Academy (for Academic Affairs) of "The Civil Defence Academy of EMERCOM of the DPR"

**Dmitry MIKHAILOV** / Executive Secretary /  
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Mathematical Disciplines of the Fire Safety Faculty of "The Civil Defence Academy of EMERCOM of the DPR"

**Alexander EREMIN**  
Lieutenant Colonel of the Civil Protection Service, First Deputy Chief of "The Civil Defence Academy of EMERCOM of the DPR"

**Andrey KIRYAN**  
Candidate of Technical Sciences, Colonel of the Civil Protection Service, First Deputy Chief of "The Civil Defence Academy of EMERCOM of the DPR"

**Andrey ZHIVOV**  
Colonel of the Civil Protection Service, Head of Faculty of the Technosphere Safety Faculty of "The Civil Defence Academy of EMERCOM of the DPR"

**Alexander SERIKOV**  
Lieutenant Colonel of the Civil Protection Service, Deputy Head of Faculty (Head of Course) of the Fire Safety Faculty of "The Civil Defence Academy of EMERCOM of the DPR"

**Igor VOROPAEV**  
Lieutenant Colonel of the Civil Protection Service, Head of the Department of Organization of Fire and Preventive Work of the Fire Safety Faculty of "The Civil Defence Academy of EMERCOM of the DPR"

**Alexey SERYOGIN**  
Lieutenant Colonel of the Civil Protection Service, Head of the Department of Fire Safety of the Fire Safety Faculty of "The Civil Defence Academy of EMERCOM of the DPR"

**Yuri MNUSKIN**  
Candidate of Technical Sciences, Head of the Department of Natural Science of the Technospheric Safety Faculty of "The Civil Defence Academy of EMERCOM of the DPR"

**ПАНИОТОВА Диана Юрьевна**

Кандидат педагогических наук, доцент, заведующий кафедрой гуманитарных дисциплин факультета «Техносферной безопасности» ГБОУ ВО «АГЗ МЧС ДНР»

**РУДАКОВА Ольга Анатольевна**

Кандидат физико-математических наук, заведующий кафедрой математических дисциплин факультета «Пожарной безопасности» ГБОУ ВО «АГЗ МЧС ДНР»

**ГРЕБЕНКИНА Александра Сергеевна**

Кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры математических дисциплин факультета «Пожарной безопасности» ГБОУ ВО «АГЗ МЧС ДНР»

**ЗАГОРУЙ Виктор Александрович**

Майор службы гражданской защиты, начальник кафедры гражданской обороны и защиты населения факультета «Техносферной безопасности» ГБОУ ВО «АГЗ МЧС ДНР»

**КИПРЯ Александр Владимирович**

Кандидат химических наук, доцент, доцент кафедры естественнонаучных дисциплин факультета «Техносферной безопасности» ГБОУ ВО «АГЗ МЧС ДНР»

**МАНЖОС Юрий Викторович**

Кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры гражданской обороны и защиты населения факультета «Техносферной безопасности» ГБОУ ВО «АГЗ МЧС ДНР»

**МНУСКИНА Юлия Владимировна**

Кандидат химических наук, доцент, доцент кафедры гражданской обороны и защиты населения факультета «Техносферной безопасности» ГБОУ ВО «АГЗ МЧС ДНР»

**ПЕТРОВ Александр Викторович**

Кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры аварийно-спасательных работ и техники факультета «Техносферной безопасности» ГБОУ ВО «АГЗ МЧС ДНР»

**ТОЛКАЧЕВ Олег Эдуардович**

Кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры организации службы, пожарной и аварийно-спасательной подготовки факультета «Пожарной безопасности» ГБОУ ВО «АГЗ МЧС ДНР»

**ХАЗИПОВА Вера Владимировна**

Кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры естественнонаучных дисциплин факультета «Техносферной безопасности» ГБОУ ВО «АГЗ МЧС ДНР»

**ЧЕРКЕСОВ Владимир Владимирович**

Доктор медицинских наук, старший научный сотрудник, профессор кафедры аварийно-спасательных работ и техники факультета «Техносферной безопасности» ГБОУ ВО «АГЗ МЧС ДНР»

**Diana PANIOTOVA**

Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Humanitarian Disciplines of the Technospheric Safety Faculty of "The Civil Defence Academy of EMERCOM of the DPR"

**Olga RUDAKOVA**

Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Head of the Department of Mathematical Disciplines of the Fire Safety Faculty of "The Civil Defence Academy of EMERCOM of the DPR"

**Alexandra GREBENKINA**

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Mathematical Disciplines of the Fire Safety Faculty of "The Civil Defence Academy of EMERCOM of the DPR"

**Viktor ZAGORUY**

Major of the Civil Protection Service, Head of the Department of Civil Defence and Population Protection of the Technosphere Safety Faculty of "The Civil Defence Academy of EMERCOM of the DPR"

**Alexander KIPRYA**

Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Natural Science of the Technospheric Safety Faculty of "The Civil Defence Academy of EMERCOM of the DPR"

**Yuri MANZHOS**

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Civil Defense and Population of the Technospheric Safety Faculty of "The Civil Defence Academy of EMERCOM of the DPR"

**Yulia MNUSKINA**

Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Civil Defense and Population Protection of the Technospheric Safety Faculty of "The Civil Defence Academy of EMERCOM of the DPR"

**Alexander PETROV**

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Emergency Rescue Operations and Machines of the Technospheric Safety Faculty of "The Civil Defence Academy of EMERCOM of the DPR"

**Oleg TOLKACHEV**

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Service Organization, Fire and Rescue Training of the Fire Safety Faculty of "The Civil Defence Academy of EMERCOM of the DPR"

**Vera KHAZIPOVA**

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Natural Science of the Technospheric Safety Faculty of "The Civil Defence Academy of EMERCOM of the DPR"

**Vladimir CHERKESOV**

Doctor of Medical Sciences, Senior Research Fellow, Professor of the Department of Emergency Rescue Operations and Machines of the Faculty Disciplines of the Technospheric Safety Faculty of "The Civil Defence Academy of EMERCOM of the DPR"

## СОДЕРЖАНИЕ

## CONTENTS

<p><b>Акимов В. А., Бедило М. В., Иванова Е. О.</b> Крупные природные пожары как источники наиболее катастрофических чрезвычайных ситуаций природного характера</p>	11	<p><b>V. Akimov, M. Bedilo, E. Ivanova</b> Large natural fires as sources of the most catastrophic natural emergencies</p>
<p><b>Акимов В. А., Бедило М. В., Иванова Е. О.</b> Методика прогнозирования лесных пожаров с использованием метода Байеса</p>	17	<p><b>V. Akimov, M. Bedilo, E. Ivanova</b> Forest fire prediction method using the Bayesian treatment</p>
<p><b>Александрова А. А., Сердюк А. И.</b> Проблемы пожарной безопасности при использовании водорода в качестве автомобильного топлива</p>	27	<p><b>A. Alexandrova, A. Serdyuk</b> Fire safety issues when using hydrogen as a vehicle fuel</p>
<p><b>Ашихмина Т. В., Куприенко П. С., Жидова М. В.</b> Анализ экологических факторов задымления при пожаре на полигоне твердых коммунальных отходов и оценка потенциального риска вреда здоровью населения</p>	32	<p><b>T. Ashikhmina, P. Kuprienko, M. Zhidova</b> Analysis of environmental factors of smoke during a fire at a public solid waste polygon and assessment of the potential risk of harm to population health</p>
<p><b>Булатов В. О., Захматов В. Д., Булгаков И. Э.</b> Предложения по совершенствованию технологий пожаротушения объектов защиты</p>	42	<p><b>V. Bulatov, V. Zakhmatov, I. Bulgakov</b> Proposals for improving fire extinguishing technologies for protection facilities</p>
<p><b>Булатов В. О., Комаров М. И.</b> Вопросы совершенствования штатной экипировки пожарно-спасательных подразделений МЧС России для выполнения задач по прямому назначению в зонах вооружённых конфликтов и массовых беспорядков</p>	49	<p><b>V. Bulatov, M. Komarov</b> Issues of improving the standard equipment of fire and rescue units of the ministry of Emergency Situations of Russia to perform tasks for their intended purpose in areas of armed conflict and mass riots</p>
<p><b>Власов К. С., Данилов М. М., Леднев М. С., Максимкин В. А.</b> Теория принятия решений при организации связи и ведении боевых действий по тушению пожаров</p>	58	<p><b>K. Vlasov, M. Danilov, M. Lednev, V. Maksimkin</b> Theory of decision-making in the organization of communication and combat fire extinguishing actions</p>
<p><b>Гаффанова А. Р.</b> Анализ чрезвычайных ситуаций на тепловых электростанциях</p>	63	<p><b>A. Gaffanova</b> Analysis of emergency situations at thermal power plants</p>
<p><b>Головенко В. Р.</b> Актуальные вопросы совершенствования технических средств эвакуации людей и подавления огня на взлетных полосах</p>	68	<p><b>V. Golovenko</b> Actual issues of improvement of technical means of evacuation of people and suppression of fire on runways</p>

<b>Головенко В. Р.</b> Виды поиска и эвакуация пострадавших в авиакатастрофах пожарно-спасательными подразделениями	<b>75</b>	<b>V. Golovenko</b> Types of search and evacuation of victims of air crashes by fire and rescue units
<b>Денисов А. Н., Пилецкий Р. В.</b> Оценка параметров, влияющих на управление пожарно-спасательными подразделениями при тушении пожаров на химически опасных объектах	<b>79</b>	<b>A. Denisov, R. Piletskii</b> Evaluation of parameters affecting management of fire and rescue units when extinguishing fires at chemically hazardous facilities
<b>Деревянский В. Ю.</b> Оценка причин аварийности и травматизма интегральным методом	<b>87</b>	<b>V. Derevyanskiy</b> Estimation of reasons of accident rate and traumatism by integral method
<b>Долженков А. Ф., Козлитин А. А., Лебедева В. В.</b> Огнезащитные покрытия на связующих, растворимых в воде и органических растворителях	<b>98</b>	<b>A. Dolzhenkov, A. Kozlitin, V. Lebedeva</b> Fire retardant coatings based on water-soluble binding agents and organic solvents
<b>Киричевский Р. В., Михайлов Д. В., Голдованский А. В.</b> Анализ математических моделей людских потоков при эвакуации в зданиях	<b>104</b>	<b>R. Kirichevskiy, D. Mikhaylov, A. Goldovanskiy</b> Analysis the mathematical models of human flows during evacuation in buildings
<b>Кирьян А. А.</b> Оптимизация работы газодымозащитной службы в пожарно-спасательных подразделениях МЧС ДНР	<b>109</b>	<b>A. Kiryan</b> Optimization of the work of the gas and smoke protection service in the fire and rescue units of EMERCOME of the DPR
<b>Кохонович А. Н., Григорьева Е. М., Аксютин П. Г.</b> Государственное регулирование и проблемы стандартизации в области пожарной безопасности	<b>115</b>	<b>A. Kohonovich, E. Grigorieva, P. Aksyutin</b> State regulation and problems of standardization in the field of fire safety
<b>Кравченко М. В., Кравченко Н. М.</b> Эффективная технология моделирования подземных пожаров	<b>121</b>	<b>M. Kravchenko, N. Kravchenko</b> Efficient technology for simulation of underground fires
<b>Кривошея Д. Г., Ефименко В. Л.</b> Использование систем дистанционного зондирования поверхности Земли и геоинформационных систем для мониторинга пожароопасной обстановки	<b>129</b>	<b>D. Krivosheya, V. Efimenko</b> Use of Earth observing system and geographic information systems to monitor fire hazards
<b>Кучер Т. В., Акатова И. И.</b> Анализ основных показателей по пожарам в ДНР	<b>138</b>	<b>T. Kucher, I. Akatova</b> Analysis of the main parameters on fires in the DPR
<b>Ладнюк В. А., Макаров М. Ю.</b> Перспективы развития организации тушения пожаров в высотных зданиях	<b>143</b>	<b>V. Ladnyuk, M Makarov</b> Prospects for the development of the fire extinguishing organization in high-rise buildings

<b>Мартиросян И. Ю.</b> Применение азотфосфорсодержащего огнезащитного состава для защиты от термической деструкции древесины методом синхронного термического анализа <i>(публикация отозвана 06.04.2026)</i>	<b>147</b>	<b>I. Martirosyan</b> The use of nitrogen-phosphorus-containing flame retardant composition for protection against thermal destruction of wood by the method of synchronous thermal analysis <i>(the publication was withdrawn 06.04.2026)</i>
<b>Марченко Т. А., Раздайводин А. Н., Радин А. И.</b> Опыт организации лесопожарного мониторинга в зонах радиоактивного загрязнения	<b>155</b>	<b>T. Marchenko, A. Razdayvodin, A. Radin</b> Experience in organizing forest fire monitoring in areas of radioactive contamination
<b>Маштак В. А., Кондашов А. А., Удавцова Е. Ю., Бобринев Е. В.</b> Применение математического моделирования для определения оптимальных мест дислокации специализированных пожарно-спасательных частей	<b>162</b>	<b>V. Mashtakov, A. Kondashov, E. Udavtsova, E. Bobrinev</b> Application of mathematical modeling for determination of optimum positions of specialized fire and rescue parts
<b>Маштак В. А., Удавцова Е. Ю., Бобринев Е. В., Кондашов А. А., Шавырина Т. А.</b> Изучение динамики пожаров и их последствий, возникших по технологическим причинам	<b>170</b>	<b>V. Mashtakov, E. Udavtsova, E. Bobrinev, A. Kondashov, T. Shavyrina</b> Study of the dynamics of fires and their consequences arising from technological reasons
<b>Михайлов Д. В., Кукушкин В. П.</b> Рабочая карта руководителя спасательной службы при проведении аварийно-спасательных работ и требования, предъявляемые к ней	<b>175</b>	<b>D. Mikhaylov, V. Kukushkin</b> Work card of the manager when carrying out emergency rescue operations and requirements for it
<b>Перевалов А. С., Рассохин М. А., Юркин А. В.</b> Перспективы применения системы жалюзи при автоматическом тушении резервуарного парка	<b>183</b>	<b>A. Perevalov, M. Rassokhin, A. Yurkin</b> Prospects for the use of the shutter system for automatic extinguishing of the tank farm
<b>Петров А. В.</b> Обеспечение пожарной безопасности образовательных учреждений	<b>187</b>	<b>A. Petrov</b> Ensuring fire safety in educational institutions
<b>Преликова Е. А.</b> Разработка сайта о раздельном сборе отходов как способ воспитания экологической культуры	<b>191</b>	<b>E. Prelikova</b> Development of a website about separate waste collection as a way of fostering ecological culture
<b>Разиньков Николай Дмитриевич</b> Пойменные пожары на реках: причины и следствия	<b>197</b>	<b>Nikolay Razinkov</b> Floodplain fires on rivers: causes and consequences
<b>Рассохин М. А., Перевалов А. С., Арканов П. В., Василевский П. В.</b> Перспективы применения пиротехнических ножниц НП-4 при проведении аварийно-спасательных работ	<b>202</b>	<b>M. Rassokhin, A. Perevalov, P. Arkanov, P. Vasilevskiy</b> Prospects for the use of pyrotechnics scissors NP-4 during emergency rescue operations

<b>Реформатская И. И., Ащеулова И. И., Петрилин Д. А., Бабуринов А. В.</b> Роль химического состава коррозионных отложений в процессе возгорания нефтяных резервуаров	206	<b>I. Reformatskaya, I. Ascheulova, D. Petrilin, A. Baburin</b> The role of the chemical composition of corrosive deposits in the process of ignition of oil tanks
<b>Рубан А. С., Мнускина Ю. В.</b> Физико-химическое обоснование применения различных компонентов огнетушащих порошков	210	<b>A. Ruban, Yu. Mnuskina</b> Prospects for the development of the fire extinguishing organization in high-rise buildings
<b>Русских Е. В.</b> Устройства тепловизионного контроля для повышения пожарной безопасности электроустановок	220	<b>E. Russkikh</b> Thermal imaging control devices for improving the fire safety of electrical installations
<b>Семенова Т. Ю.</b> Обстановка с лесными пожарами, причины распространения и их влияние на экологию	224	<b>T. Semenova</b> The situation with forest fires, the causes of fire spread and their impact on the environment
<b>Сериков А. В.</b> Формирование предложений по обеспечению пожарной безопасности объектов торговли на основании статистических данных по пожарам территории Ростовской области	230	<b>A. Serikov</b> Formation of proposals to ensure fire safety of trading facilities based on statistical data on fires in the Rostov region
<b>Страшевский В. С., Плотников Д. А.</b> Некоторые особенности выбора монтажных страховочных привязей для верхолазных работ в строительстве	236	<b>V. Stashevsky, D. Plotnikov</b> Some features of the choice of mounting belts for works at height in construction
<b>Титов С. А., Барбин Н. М., Кобелев А. М., Прытков Л. Н.</b> Разработка и создание электронной базы данных по чрезвычайным ситуациям на атомных электростанциях	243	<b>S. Titov, N. Barbin, A. Kobelev, L. Prytkov</b> Development and creation electronic database on emergencies at nuclear power plants
<b>Томаровщенко О. Н., Прушковский И. В.</b> Анализ аварийности и показателей травматизма при хранении и складировании растительного сырья	247	<b>O. Tomarovshchenko, I. Prushkovsky</b> Analysis of accidents risk and injury rates during the storage and safekeeping of plant raw material
<b>Харин В. В., Бобринев Е. В., Кондашов А. А., Удавцова Е. Ю., Стрельцов О. В.</b> Анализ эффективности деятельности подразделений пожарной охраны по спасению людей на пожарах по федеральным округам Российской Федерации за период 2020–2021 гг.	252	<b>V. Kharin, E. Bobrinev, A. Kondashov, E. Udavtsova, O. Streltsov</b> Analysis of the efficiency of fire protection units' activities in rescuing people from fire in the federal district of the Russian Federation for the period 2020–2021
<b>Чернышова А. Г., Капизова А. М.</b> Средства пожарной автоматики на предприятиях газовой промышленности	257	<b>A. Chernyshova, A. Kapizova</b> Fire-fighting systems at gas industry enterprises

<b>Эксаров В. В., Онищенко С. А.</b> Применение современных материалов для улучшения качества маски дыхательного аппарата	<b>263</b>	<b>V. Eksarov, S. Onishchenko</b> Application of modern materials to improve the quality of a breathing mask
<b>Ягодка Е. А., Богатов А. А., Кокорин Е. В.</b> Особенности применения требований пожарной безопасности в современных условиях	<b>267</b>	<b>E. Yagodka, A. Bogatov, E. Kokorin</b> Features of the application of fire safety requirements in modern conditions

## КРУПНЫЕ ПРИРОДНЫЕ ПОЖАРЫ КАК ИСТОЧНИКИ НАИБОЛЕЕ КАТАСТРОФИЧНЫХ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ ПРИРОДНОГО ХАРАКТЕРА

### LARGE NATURAL FIRES AS SOURCES OF THE MOST CATASTROPHIC NATURAL EMERGENCIES

**Акимов Валерий Александрович**

Д-р техн. наук, профессор  
Главный научный сотрудник  
E-mail: [akimov@vniigochs.ru](mailto:akimov@vniigochs.ru)

**Бедило Максим Владимирович**

Канд. воен. наук, доцент  
Начальник института  
E-mail: [mbedilo@vniigochs.ru](mailto:mbedilo@vniigochs.ru)

ФГБУ «Всероссийский научно-исследовательский институт по проблемам гражданской обороны и чрезвычайных ситуаций МЧС России» (Федеральный центр высоких технологий)

**Иванова Екатерина Олеговна**

Старший научный сотрудник  
E-mail: [fleurdelys-ket@yandex.ru](mailto:fleurdelys-ket@yandex.ru)

13 НИО 1 НИЦ ФГБУ «Всероссийский научно-исследовательский институт по проблемам гражданской обороны и чрезвычайных ситуаций МЧС России» (Федеральный центр высоких технологий)

*Рассмотрены проблемы моделирования и прогнозирования крупных лесных пожаров в Российской Федерации. Трудности решения этой проблемы обусловлены: сложным характером и изменчивостью поведения пожаров; недостаточностью или неточностью информации о характеристиках леса, топографии местности, локальных метеоданных; не всегда достоверной отчетной информацией, поступающей с мест.*

**Ключевые слова:** крупные природные пожары, моделирование и прогнозирование

**Valery Akimov**

Doctor of Technical Sciences, Professor  
Chief Researcher  
E-mail: [akimov@vniigochs.ru](mailto:akimov@vniigochs.ru)

**Maksim Bedilo**

Candidate of Military Sciences, Associate Professor  
Head of Institute  
E-mail: [mbedilo@vniigochs.ru](mailto:mbedilo@vniigochs.ru)

All-Russian Research Institute on Civil Defence and Emergency Situations of the Ministry of Emergency Situations of Russia (Federal Center for Science and High Technologies)

**Ekaterina Ivanova**

Senior Researcher  
E-mail: [fleurdelys-ket@yandex.ru](mailto:fleurdelys-ket@yandex.ru)

13 Research Department 1 Research Center “All-Russian Research Institute on Civil Defence and Emergency Situations of the Ministry of Emergency Situations of Russia” (Federal Center for Science and High Technologies)

*The problems of modeling and forecasting large forest fires in the Russian Federation are considered. Difficulties in solving this problem are: the complex nature and variability of the behavior of fires; insufficiency or inaccuracy of information about the characteristics of the forest, the topography of the area, local weather data; not always reliable reporting information coming from the field.*

**Keywords:** large natural fires, modeling and forecasting of forest fires, classification of

лесных пожаров, классификация моделей лесных пожаров, модель ИСДМ-Рослесхоз, система прогнозирования поведения лесного пожара CFFBPS.

*forest fire models, ISDM-Rosleskhoz model, CFFBPS forest fire behavior prediction system.*

### Введение

По степени катастрофичности в Российской Федерации можно выделить следующие ЧС природного характера [1; 2]: «опасные гидрологические явления, опасные метеорологические явления, опасные геофизические явления, крупные природные пожары».

Природные пожары, неконтролируемые процессы горения, стихийно возникающие и распространяющиеся в природной среде, бывают лесными, степными и торфяными. При этом в Российской Федерации наибольший материальный ущерб, вред жизни и здоровью граждан, интересам общества и государства, наносят лесные пожары.

В целом количество горючих материалов в малопродуктивных лесах составляет  $1 \text{ кг/м}^2$ , в наиболее продуктивных лесах –  $25\text{--}30 \text{ кг/м}^2$ . Примерно  $15\text{--}20 \%$  этого материала приходится на легко воспламеняемую, полностью сгораемую часть – мох, опад, подстилку. Средняя величина сгораемых горючих материалов в лесах при крупных лесных пожарах –  $5\text{--}10 \text{ кг/м}^2$ . Средняя температура горения лесных горючих материалов  $500\text{--}900 \text{ }^\circ\text{C}$ .

### Изложение основного материала

Учитывая разнообразие природных условий, рельефа, метеоусловий и т.д. реальные показатели лесных пожаров (интенсивность горения, скорость распространения и т.д.) существенно варьируются. В ряде справочных материалах [3; 4] используются эмпирические коэффициенты влияния на скорость распространения лесных пожаров, но на практике они практически не применяются, в том числе из-за большой изменчивости исходных данных.

Проблема прогнозирования параметров лесных пожаров и оценки их последствий не получила своего удовлетворительного решения, несмотря на ее важность для различных отраслей народного хозяйства России. Трудности решения этой проблемы обусловлены: сложным характером и изменчивостью поведения пожаров, а тем более многодневных лесных пожаров, которые развиваются на большой площади в изменяющихся природных и погодных условиях; недостаточностью или неточностью информации о характеристиках леса, топографии местности, локальных метеоданных; не всегда достоверной отчетной информацией, поступающей с мест.

Математическому моделированию возникновения верховых лесных пожаров посвящены работы ряда авторов [5–7]. Эти модели строятся на основе использования физических параметров и экспериментальных данных возникновения загорания в нижних ярусах леса от очагов низовых лесных пожаров, и затем распространения верховых лесных пожаров. Каждая из этих работ ценна конкретными данными о скоростях процесса, но, учитывая большое разнообразие растительности, характера рельефа местности и погодных условий выводы экспериментаторов не могут быть широко применены.

Известны многочисленные попытки рассматривать горение на кромке пожара как процесс тепло- и массообмена и выразить скорость распространения пожара на основе законов физики через параметры горючего материала и условия среды [8–11]. Однако предложенные математические модели распространения горения по площади на практике не нашли применения из-за сложности получения необходимых исходных данных.

Математическая модель Г.А. Доррера [12] описывает процесс распространения лесного пожара как бегущую волну в неоднородной и анизотропной среде. Это сложная система моделирования процессов распространения и локализации лесных пожаров, включающая ряд вспомогательных математических моделей, например, модели пространственной структуры слоев лесного горючего, динамики его влагосодержания и т.д.

Значительный вклад в математическое моделирование лесных пожаров внесли исследования, выполненные под научным руководством А.М. Гришина и его последователями.

Общая математическая модель лесных пожаров А.М. Гришина [13; 14], учитывающая законы сохранения массы, импульса, энергии, а также физико-химические процессы, описывает возникновение и развитие горения во всех ярусах леса.

С точки зрения методологии построения, модели лесных пожаров условно можно разделить на три принципиально различные группы [15; 16]:

1) модели, базирующиеся на физике горения, описывают физические механизмы составляющих пожар процессов для получения интересующих параметров пожара. Все необходимые константы вычисляются на основе исходной теории. Модели не используют экспериментальных данных;

2) интерполяционные модели используют экспериментальные данные, полученные на природных пожарах, для определения статистических зависимостей между входными и выходными характеристиками модели пожара. Эти модели не учитывают физические процессы рассматриваемого пожара. Точность применения таких моделей в прогнозировании распространения пожара ограничена подобием условий, при которых происходили природные пожары;

3) экспериментально-аналитические модели комбинируют физическую теорию со статистическими методами для вывода зависимостей, описывающих развитие пожара. Незвестные параметры (константы) определяются экспериментально.

Позднее на основе обзора литературных данных по проблеме моделирования распространения лесных пожаров А.А. Кулешов [17] разделил существующие математические модели на четыре группы: модели прогноза динамики распространения лесного пожара; модели прогноза геометрических параметров лесного пожара; модели прогноза характеристик течения, тепло - и массопереноса во фронте и зоне пожара; общие математические модели, в рамках которых могут быть спрогнозированы различные характеристики во фронте и в зоне лесного пожара.

Методы математического моделирования и вычислительные технологии постоянно совершенствуются, позволяя детально описывать все физико-химические процессы, происходящие при горении леса. Однако время моделирования лесного пожара для всех существующих информационных систем гораздо больше, чем реальное время распространения этого пожара.

Использование информационных систем с экспериментальными моделями лесных пожаров позволяет быстро моделировать распространение горящей кромки пожара за счет применения более простых, по сравнению с аналитическими, математических моделей. Хотя эти модели, полученные на основании результатов обработки экспериментальных данных, имеют более низкую точность и эффективность.

Обзор научных публикаций показывает, что в мировой практике разработано более сорока моделей распространения низовых лесных пожаров, и около десяти моделей верховых лесных пожаров. Однако только несколько моделей доведены до уровня практического использования в программных комплексах.

На современном этапе в нашей стране, наиболее перспективной моделью для задач, связанных с оценкой целесообразности тушения лесных пожаров в зоне контроля является модель, реализованная в ИСДМ-Рослесхоз [18]. Это объясняется её комплексностью и многолетней верификацией, отладкой на реальных пожарах в лесном фонде Российской Федерации.

Данная модель основана на канадской системе прогнозирования поведения пожара CFFBPS (Canadian Forest Fire Behavior Prediction System). Она основана на экспериментальных данных, полученных на нескольких сотнях природных пожаров [19]. По данным наблюдений за пожарами была составлена система уравнений, определяющих зависимость скорости развития фронта горения от типов природных горючих материалов, метеорологических условий и характеристик рельефа, которые и были положены в основу системы CFFBPS.

Условно модель можно разделить на несколько частей.

Первая часть модели оценивает параметры индекса пожарной опасности. Сначала модель подсчитывает индекс влажности горючих материалов, который определяется через метеорологические характеристики (температуру и влажность воздуха, количество осадков) и значения данного параметра в предыдущий момент времени.

Индекс влажности горючих материалов отвечает только за верхний тонкий слой горючих материалов, влажность которых изменяется быстро во времени. Для учета влажности других горючих материалов канадский индекс пожарной опасности также включает индекс засухи, значение которого изменяется значительно медленнее, только при сильных осадках и длительных периодах высоких температур.

На втором этапе определяется скорость пожара и его форма. Сначала модель рассчитывает общий индекс скорости пожара как функции от влажности топлива и скорости ветра. Затем модель осуществляет подсчет скорости фронтового распространения пожара для конкретного типа топлива.

Скорость распространения пожара в тыловом направлении определяется по формулам, аналогичным формулам фронтового распространения.

Модель предполагает, что пожар имеет форму эллипса, на оси которого находится источник пожара, а его положение определяется фронтовой и тыловой скоростью пожара. Длина основной оси эллипса определяется по сумме фронтовой и тыловой скоростей пожара, скорость бокового распространения пожара определяется по соотношению длины к ширине эллипса.

Третья часть модели отвечает за учет ряда вспомогательных факторов, например, рельефа и возможности возникновения верхового пожара. Рельеф в модели переводится в эквивалентный ему по воздействию ветер. Зависимость скорости распространения пожара от рельефа при отсутствии ветра известна, и по ней, посредством обращения зависимости скорости пожара от ветра, вычисляется ветер, эквивалентный рельефу по воздействию. Этот ветер суммируется с ветром, полученным по метеоданным, и используется при подсчете скорости пожара. Модель может достаточно точно учитывать рельеф с уклоном до 30 градусов, но при более крутых склонах может вести себя некорректно.

Модель предоставляет возможность осуществлять как детерминированное, так и вероятностное прогнозирование развития пожара. Вероятностное моделирование динамики распространения огня исходит из предположения о наличии погрешностей во входных данных модели и ряде ее параметров, распределение которых известно. Для стохастического прогнозирования развития пожаров используется метод Монте-Карло, основанный на получении множества реализаций случайного процесса, в каждой из которых его вероятностные составляющие заменяются их реализациями. При моделировании развития пожара методом Монте-Карло на каждой реализации случайно выбираются значения стохастических элементов модели — погрешностей во входных данных и параметрах модели. На основании этих погрешностей строится детерминистический прогноз, представляющий собой регулярную сетку, на которой указаны клетки, перешедшие в состояние активного горения за период моделирования.

Для решения задач прогнозирования развития действующих в данный момент пожаров необходимо обеспечить оперативное получение данных о текущей области активного горения, о метеоусловиях, типах и состоянии горючих материалов. Технология регулярного получения этих данных реализована в системе ИСДМ-Рослесхоз [20]. Интеграция модели в систему ИСДМ позволяет решать задачи оперативной оценки потенциального вреда от пожаров.

### **Выводы и перспективы дальнейших исследований**

Таким образом, в данной статье представлены вербальные и математические основы моделирования наиболее катастрофичных чрезвычайных ситуаций природного характера, источниками которых являются крупные природные пожары.

Перспективы дальнейших исследований в области моделирования и прогнозирования лесных пожаров могут быть связаны с использованием метода Байеса в качестве математической основы моделирования природных чрезвычайных ситуаций [21].

### **Библиографический список**

1. Акимов, В. А. Исследование чрезвычайных ситуаций природного, техногенного и биолого-социального характера современными научными методами : монография / В. А. Акимов, М. В. Бедило, С. П. Суцев. – Москва : ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), 2021. – 180 с.
2. Акимов, В. А. Приложения общей теории безопасности к исследованию чрезвычайных ситуаций природного, техногенного и биолого-социального характера / В. А. Акимов // Технологии гражданской безопасности. – 2021. – Т.18. – С. 12–27.
3. Фролов, Н. С. Полевой справочник лесного пожарного / Н. С. Фролов, Н. А. Коршунов, В. В. Шуратков. – Пушкино : ФБУ «Авиалесоохрана», 2018. – 182 с.
4. Коршунов, Н.А. Справочник руководителя тушения лесного пожара / Н. А. Коршунов, Е. А. Щетинский, М. А. Воронов, Е. А. Павлухина. – изд. 3-е, доп. – Пушкино : ФАУ ДПО ВИПКЛХ, 2017. – 192 с.
5. Alexander, M. E. Models for predicting crown fire behavior / M. E. Alexander // V Short Course on Fire Behaviour, Figueira da Foz, Portugal. Association for the Development of Industrial Aerodynamics, Forest Fire Research Centre. – 2006. – pp. 173–225.
6. Van Wagner, C. E. Conditions for the start and spread of crown fire / C. E. Van Wagner // Canadian Journal of Forest Research. – 1977. – Т. 7. – N 1. – pp. 23–34.
7. Weber, R. O. Modeling fire spread through fuel beds / R. O. Weber // Prog. Everg. Combust. Sci. – 1990T. – 17. – pp. 65–82.
8. Гришин, А. М. Математические модели лесных пожаров / А. М. Гришин. – Томск : Изд-во ТГУ, 1981. – 278 с.
9. Конев, Э. В. Физические основы горения растительных материалов / Э. В. Конев. – Новосибирск : Наука, 1977. – 239 с.
10. Курбатский, И. П. Современная теория распространения лесных низовых пожаров / И. П. Курбатский, Г. П. Телицин // Современные исследования типологии и пирологии леса. – Архангельск, 1976. – С. 90–96.
11. Гостинцев, Ю. А. Конвективная колонка над линейным пожаром в однородной изотермической атмосфере / Ю. А. Гостинцев, Л. А. Суханов // Физика горения и взрыва, 1977. – № 5. – С. 675–685.
12. Доррер, Г. А. Математические модели динамики лесных пожаров / Г. А. Доррер. – Москва : Лесная промышленность, 1979. – 161 с.
13. Гришин, А. М. Математическое моделирование лесных пожаров и новые способы борьбы с ними / А. М. Гришин. – Новосибирск : Наука, 1992. – 407 с.
14. Гришин, А. М. Общая математическая модель лесных пожаров и ее приложения для охраны и защиты лесов / А. М. Гришин // Сопряженные задачи механики и экологии : избранные доклады международной конференции, 2000. – С. 88–137.
15. Воробьев, О. Ю. Среднемерное моделирование / О. Ю. Воробьев. – Москва : Наука, 1984. – 136 с.
16. Воробьев, О. Ю. Вероятностное множественное моделирование распространения лесных пожаров / О. Ю. Воробьев, Э. Н. Валендик. – Новосибирск : Наука, 1978. – 160 с.
17. Кулешов, А. А. Математические модели лесных пожаров / А. А. Кулешов // Математическое моделирование. – 2002. – Т. 14. – № 11. – С. 33–42.
18. Котельников, Р. В. Информационная система дистанционного мониторинга Федерального агентства лесного хозяйства (ИСДМ-Рослесхоз) : учебное пособие / Р. В. Котельников, В. Л. Семенов, В. Е. Щетинский. – Москва : ФБУ «Авиалесоохрана», 2015. – 386 с.
19. The Rising Cost of Wildfire Operations: Effects on the Forest Service's Non-Fire Work. – USDA, 2015. – 17 p.

20. Лупян, Е. А. Организация работы со спутниковыми данными в информационной системе дистанционного мониторинга лесных пожаров Федерального агентства лесного хозяйства (ИСДМ-Рослесхоз) / Е. А. Лупян, С. А. Борталев, Д. В. Ершов // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. – 2015. – Т. 12. – № 5. – С. 222–250.

21. Акимов, В. А. АПК «Безопасный город»: оценка вероятности ЧС / В. А. Акимов, С. В. Колдеганов, А. В. Мишурный // Гражданская защита. – № 5. – 2022. – С. 36–38.

## МЕТОДИКА ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДА БАЙЕСА

### FOREST FIRE PREDICTION METHOD USING THE BAYESIAN TREATMENT

**Акимов Валерий Александрович**

Д-р техн. наук, профессор  
Главный научный сотрудник  
E-mail: akimov@vniigochs.ru

**Бедило Максим Владимирович**

Канд. воен. наук, доцент  
Начальник института  
E-mail: mbedilo@vniigochs.ru

**Иванова Екатерина Олеговна**

Старший научный сотрудник  
E-mail: fleurdelys-ket@yandex.ru

ФГБУ «Всероссийский научно-исследовательский институт по проблемам гражданской обороны и чрезвычайных ситуаций МЧС России» (Федеральный центр науки и высоких технологий)

*Рассмотрена методика прогнозирования лесных пожаров, включающая описание процессов формирования априорной информации для прогнозирования верховых и низовых лесных пожаров, обработки данной информации с использованием байесовских классификаторов, а также методов анализа неблагоприятных событий, связанных с лесными пожарами.*

**Ключевые слова:** лесные пожары, методика прогнозирования лесных пожаров, байесовские классификаторы, основные исходные данные, площадь лесного пожара, длина кромки лесного пожара.

**Valery Akimov**

Doctor of Technical Sciences, Professor  
Chief Researcher  
E-mail: akimov@vniigochs.ru

**Maksim Bedilo**

Candidate of Military Sciences, Associate Professor  
Head of Institute  
E-mail: mbedilo@vniigochs.ru

**Ekaterina Ivanova**

Senior Researcher  
E-mail: fleurdelys-ket@yandex.ru

All-Russian Research Institute for Civil Defense and Emergency Situations of the Emergencies Ministry of Russia (Federal Center for Science and High Technologies)

*A technique for forecasting forest fires is considered, including a description of the processes of generating a priori information for forecasting crown and ground forest fires. This information was processed using Bayesian classifiers, as well as methods for analyzing adverse events associated with forest fires.*

**Keywords:** forest fires, forest fire forecasting methodology, Bayesian classifiers, basic input data, forest fire area, length of forest fire edge.

**Введение**

Методика прогнозно-аналитической модели для прогнозирования лесных пожаров (далее – ПАМ-ЛП) содержит описание процессов формирования априорной информации для прогнозирования верховых и низовых лесных пожаров (далее – ЛП), обработки данной

информации с использованием байесовских классификаторов, а также методов анализа неблагоприятных событий для муниципальных районов и городских округов, связанных с ЛП [1; 2].

### Изложение основного материала

Описание процессов формирования априорной информации для прогнозирования ЛП на контролируемой территории, обработки данной информации, а также методов анализа неблагоприятных событий, связанных с ЛП, представлены в проекте национального стандарта [3].

В качестве математической основы методики ПАМ-ЛП используются байесовские классификаторы, эффективность работы которых напрямую зависит от качества и достоверности входных данных.

Состав входных данных, характеризующих основные параметры ЛП, приведен в таблице 1.

Таблица 1

Входные данные, характеризующие основные параметры ЛП

№ п/п	Наименование параметра	Ед. измерения
1.	Дата и время наблюдения ЛП	-
2.	Широта точки регистрации очага ЛП	-
3.	Долгота точки регистрации очага ЛП	-
4.	Вид ЛП (низовой, верховой)	-
5.	Начальная площадь низового ЛП	га
6.	Площадь низового ЛП на дату и время наблюдения	га
7.	Скорость распространения фронта низового ЛП	м/мин
8.	Скорость распространения фронта верхового ЛП	м/мин

Состав входных данных, характеризующих распределение ЛП за наблюдаемый период времени, представлен в таблице 2.

Таблица 2

Входные данные, характеризующие распределение ЛП в течение каждого месяца пожароопасного сезона

№ п/п	Наименование параметра	Ед. измерения
1.	Дата наблюдения	-
2.	Общее количество зарегистрированных низовых ЛП за период 10 суток до даты наблюдения	ед.
3.	Общее количество зарегистрированных верховых ЛП за период 10 суток до даты наблюдения	ед.

Входные данные, характеризующие пожароопасный сезон, следует подготавливать по каждому лесничеству, в котором осуществляется наблюдение наличия (отсутствия) ЛП.

Состав входных данных, характеризующих пожароопасный сезон, приведен в таблице 3.

Таблица 3

Входные данные, характеризующие пожароопасный сезон

№ п/п	Наименование причины возникновения ЛП	Ед. измерения
1.	Среднемесячное многолетнее значение количества низовых ЛП	ед.
2.	Среднемесячное многолетнее значение общей площади низовых ЛП	га
3.	Среднемесячное многолетнее значение количества верховых ЛП	ед.
4.	Среднемесячное многолетнее значение общей площади верховых ЛП	га
5.	Среднее многолетнее значение количества низовых ЛП за наблюдаемый месяц	ед.
6.	Среднее многолетнее значение общей площади низовых ЛП за наблюдаемый месяц	га
7.	Среднее многолетнее значение количества верховых ЛП за наблюдаемый месяц	ед.
8.	Среднее многолетнее значение общей площади верховых ЛП за наблюдаемый месяц	га

Состав входных данных, характеризующих распределение ЛП в течение месяца пожароопасного сезона в зависимости от причин их возникновения, приведен в таблице 4.

Таблица 4

Входные данные, характеризующие распределение ЛП в течение месяца пожароопасного сезона в зависимости от причин их возникновения

№ п/п	Наименование причины возникновения ЛП	Ед. измерения
1.	Год наблюдения	-
2.	Месяц наблюдения	-
3.	Количество ЛП, возникших из-за гроз	ед.
4.	Количество ЛП, возникших по вине лесопользователей, осуществляющих заготовку древесины	ед.
5.	Количество ЛП, возникших в результате проводимого выжигания травы на лесных участках	ед.
6.	Количество ЛП, возникших в результате нарушения гражданами (включая местное население и туристов) правил пожарной безопасности в лесах	ед.
7.	Количество ЛП, возникших по вине поисковых, геодезических, геологических, лесоустроительных и других экспедиций, партий и отрядов, проводящих изыскательные работы в лесах	ед.
8.	Количество ЛП, возникших из-за близости железной дороги	ед.
9.	Количество ЛП, возникших от линий электропередач	ед.
10.	Количество ЛП, возникших по другим причинам	ед.

Состав входных данных, характеризующих метеорологическую обстановку в стандартный срок наблюдения в течение суток, приведен в таблице 5.

Таблица 5

Входные данные, характеризующие метеорологическую обстановку в стандартный срок наблюдения

№ п/п	Наименование параметра	Ед. измерения
1.	Дата и время наблюдения	-
2.	Наименование или код метеостанции	-
3.	Географические координаты места расположения метеостанции	-
4.	Температура воздуха	°С
5.	Атмосферное давление	мм. ртутного столба
6.	Относительная влажность	%
7.	Направление ветра	градус
8.	Скорость ветра	м/с
9.	Количество осадков за сутки	мм
10.	Температура точки росы	°С

Состав входных данных, характеризующих метеорологическую обстановку за сутки, приведен в таблице 6.

Таблица 6

Входные данные, характеризующие метеорологическую обстановку за сутки

№ п/п	Наименование параметра	Ед. измерения
1.	Дата наблюдения	-
2.	Наименование или код метеостанции	-
3.	Географические координаты места расположения метеостанции	-
4.	Преобладающая температура воздуха ночью	°С
5.	Преобладающая температура воздуха днем	°С
6.	Максимальная температура воздуха ночью	°С
7.	Максимальная температура воздуха днем	°С
8.	Количество осадков	мм

Состав входных данных, характеризующих метеорологическую обстановку за месяц, приведен в таблице 7.

Таблица 7

Входные данные, характеризующие метеорологическую обстановку за месяц

№ п/п	Наименование параметра	Ед. измерения
1.	Год	-
2.	Месяц	-
3.	Средняя многолетняя температура ночью	°С
4.	Средняя многолетняя температура днем	°С
5.	Средняя многолетняя сумма осадков	мм
6.	Среднее многолетнее число дней с осадками более 0,1 мм	день

Продолжение таблицы 7

№ п/п	Наименование параметра	Ед. измерения
7.	Аномалия средней месячной температуры воздуха	отклонение от нормы
8.	Месячная сумма осадков (в % от нормы)	отклонение от нормы
9.	Среднее число дней с грозой	день
10.	Средняя продолжительность гроз	ч

Состав входных данных, характеризующих пожарную опасность по условиям погоды, приведен в таблице 8.

Таблица 8

Входные данные, характеризующие пожарную опасность по условиям погоды

№ п/п	Наименование параметра	Ед. измерения
1.	Дата наблюдения	-
2.	Наименование или код метеостанции	-
3.	Географические координаты места расположения метеостанции	-
4.	Комплексный показатель пожарной опасности	-
5.	Класс пожарной опасности	-
6.	Комплексный показатель пожарной опасности по методике ПВ-1 (на основе влажности напочвенного покрова)	-
7.	Класс пожарной опасности по методике ПВ-1 (на основе влажности напочвенного покрова)	-

Состав входных данных, характеризующих среднесуточное распределение классов пожарной опасности по условиям погоды, приведен в таблице 9.

Таблица 9

Входные данные, характеризующие среднесуточное распределение классов пожарной опасности по условиям погоды

№ п/п	Наименование параметра	Ед. измерения
1.	Среднее многолетнее значение количества дней с первым классом пожарной опасности по условиям погоды за наблюдаемый месяц	ед.
2.	Среднее многолетнее значение количества дней со вторым классом пожарной опасности по условиям погоды за наблюдаемый месяц	ед.
3.	Среднее многолетнее значение количества дней с третьим классом пожарной опасности по условиям погоды за наблюдаемый месяц	ед.
4.	Среднее многолетнее значение количества дней с четвертым классом пожарной опасности по условиям погоды за наблюдаемый месяц	ед.
5.	Среднее многолетнее значение количества дней с пятым классом пожарной опасности по условиям погоды за наблюдаемый месяц	ед.

Состав входных данных, характеризующих лесные участки, приведен в таблице 10.

Таблица 10

Входные данные, характеризующие лесные участки

№ п/п	Наименование параметра	Ед. измерения
1.	Местонахождение лесного участка (лесничество, квартал, таксационный выдел)	-
2.	Доля территории, покрытая лесом	-
3.	Класс природной пожарной опасности	-
4.	Доля темнохвойных	-
5.	Доля сосняков	-
6.	Доля лиственничников	-
7.	Доля мягколиственных	-
8.	Доля кустарников	-
9.	Средняя высота древостоя	м
10.	Тип леса (теневыносливые, светолюбивые)	-
11.	Степень сомкнутости полога (густые, редкие)	-
12.	Средний возраст насаждений (молодые, спелые и перестойные)	-
13.	Наличие в составе лесогорючих материалов лишайников	бинарный
14.	Наличие в составе лесогорючих материалов мха	бинарный
15.	Наличие в составе лесогорючих материалов хвои	бинарный
16.	Наличие в составе лесогорючих материалов листьев	бинарный
17.	Наличие в составе лесогорючих материалов сухих злаков	бинарный
18.	Наличие в составе лесогорючих материалов кустарников	бинарный
19.	Наличие в составе лесогорючих материалов отходов лесозаготовок	бинарный

Состав входных данных, характеризующих ландшафт территории, приведен в таблице 11.

Таблица 11

Состав входных данных, характеризующих ландшафт территории

№ п/п	Наименование параметра	Ед. измерения
1.	Цифровая модель высот лесничества (участкового лесничества, лесного квартала, таксационного выдела), на территории которого расположен лесной участок	-

Состав входных данных, характеризующих объекты лесной инфраструктуры, приведен в таблице 12.

Таблица 12

Входные данные, характеризующие объекты лесной инфраструктуры

№ п/п	Наименование параметра	Ед. измерения
1.	Площадь лесничества (таксационного выдела)	км <sup>2</sup>
2.	Протяженность лесных дорог	км
3.	Протяженность лесных проездов	Км

Продолжение таблицы 12

№ п/п	Наименование параметра	Ед. измерения
4.	Протяженность лесных просек	км
5.	Протяженность троп	км
6.	Количество мостов железнодорожных	ед.
7.	Количество мостов автодорожных	ед.
8.	Количество мостов пешеходных	ед.
9.	Количество мостов комбинированных	ед.
10.	Количество лесных складов	ед.
11.	Количество систем для осушения лесных площадей (дамбы, перепускные сооружения, шлюзы, устройства регулирования уровня вод)	ед.
12.	Количество сооружений противозерозионных, гидротехнических и противоселевых	ед.
13.	Количество сооружений противооползневых	ед.
14.	Количество обустроенных мест для разведения костра и отдыха	ед.
15.	Количество складов горюче-смазочных материалов	ед.
16.	Количество лесопогрузочных пунктов	ед.
17.	Количество предприятий лесозаготовительных без переработки древесины	ед.
18.	Количество предприятий лесосплавных	ед.
19.	Количество предприятий лесоперевалочных	ед.
20.	Количество рейдов сортировочно-сплоточных	ед.
21.	Протяженность дороги железной узкой колеи	км
22.	Количество площадок производственных	ед.
23.	Количество некапитальных строений, сооружений для бытовых нужд	ед.
24.	Количество некапитальных строений, сооружений, необходимых для заготовки пищевых лесных ресурсов, сбора лекарственных растений (в том числе сушилка, грибоварня, склад)	ед.

Состав входных данных, характеризующих объекты, не связанные с созданием лесной инфраструктуры, приведен в таблице 13.

Таблица 13

Входные данные, характеризующие объекты, не связанные с созданием лесной инфраструктуры, расположенные на лесном участке

№ п/п	Наименование параметра	Ед. измерения
1.	Общее количество объектов для осуществления работ по геологическому изучению и разработке месторождений углеводородного сырья	ед.
2.	Общее количество объектов для осуществления работ по геологическому изучению недр, разработки месторождений полезных ископаемых	ед.
3.	Общее количество объектов для использования водохранилищ и иных искусственных водных объектов, а также гидротехнических сооружений и специализированных портов	ед.

Продолжение таблицы 13

№ п/п	Наименование параметра	Ед. измерения
4.	Общее количество объектов для использования линий электропередачи, линий связи, дорог, трубопроводов и других линейных объектов, а также сооружений, являющихся неотъемлемой технологической частью указанных объектов	ед.
5.	Общее количество объектов для переработки древесины и иных лесных ресурсов	ед.
6.	Общее количество объектов для осуществления рекреационной деятельности	ед.
7.	Общее количество объектов для осуществления религиозной деятельности	ед.
8.	Общая протяженность газопровода магистрального	км
9.	Общая протяженность газопровода	км
10.	Общая протяженность линий электропередачи воздушной, кабельной всех классов напряжения	км
11.	Общая протяженность нефтепровода межпромышленного	км
12.	Общее количество карьеров	ед.
13.	Общее количество плотин	ед.
14.	Протяженность дорог автомобильных	км
15.	Протяженность железнодорожных путей	км

Состав входных данных, характеризующих использование лесного участка, следует определять путем выбора соответствующих значений из списка, приведенного в таблице 14, при этом в общем случае на одном лесном участке может осуществляться несколько видов деятельности.

Таблица 14

## Основные виды использования лесного участка

№ п/п	Вид использования лесного участка
1.	Заготовка древесины
2.	Заготовка живицы
1.	Заготовка и сбор не древесных лесных ресурсов
2.	Заготовка пищевых лесных ресурсов и сбор лекарственных растений
3.	Осуществление видов деятельности в сфере охотничьего хозяйства
4.	Ведение сельского хозяйства
5.	Осуществление научно-исследовательской деятельности, образовательной деятельности
6.	Осуществление рекреационной деятельности
7.	Создание лесных плантаций и их эксплуатация
8.	Выращивание лесных плодовых, ягодных, декоративных растений, лекарственных растений
9.	Выращивание посадочного материала лесных растений (сеянцев, саженцев)
10.	Выполнение работ по геологическому изучению недр, разработка месторождений полезных ископаемых
11.	Строительство и эксплуатация водохранилищ и иных искусственных водных объектов, а также гидротехнических сооружений, морских портов, морских терминалов, речных портов, причалов

Продолжение таблицы 14

№ п/п	Вид использования лесного участка
12.	Строительство, реконструкция, эксплуатация линейных объектов
13.	Переработка древесины и иных лесных ресурсов
14.	Осуществление религиозной деятельности

На основе отдельных входных данных осуществляется подготовка расчетных параметров ПАМ-ЛП.

Например, площадь лесного пожара ( $S_{ЛП}$ , га) через время, соответствующее шагу прогноза, рекомендуется определять по формуле

$$S_{ЛП} = n_1 \cdot S_{ЛП}^{1В} + m_1 \cdot S_{ЛП}^{1Ср}, \quad (1)$$

где  $S_{ЛП}^{1В}$  – площадь ячейки матрицы регулярной сетки с высоким уровнем угрозы по гипотезе № 1, га;

$S_{ЛП}^{1Ср}$  – площадь ячейки матрицы регулярной сетки со средним уровнем угрозы по гипотезе № 1, га;

$n_1$  – количество ячеек матрицы регулярной сетки с высоким уровнем угрозы по гипотезе № 1, ед.;

$m_1$  – количество ячеек матрицы регулярной сетки со средним уровнем угрозы по гипотезе № 1, ед.

Под гипотезой № 1 понимается вероятность распространения лесного пожара на контролируемой территории в течение суток через каждые 3 ч.

Определение длины кромки лесного пожара ( $D_{кромки}$ , м), через время, соответствующее шагу прогноза, следует определять по формуле:

$$D_{кромки} = 0,5 \cdot \sqrt{S \cdot 10000}, \quad (2)$$

где  $S$  – площадь лесного пожара, га.

Доля контролируемой территории с высоким уровнем угрозы возможности возникновения и распространения лесного пожара ( $P_B$ ) определяется по формуле:

$$P_B = n_3 \frac{S_{ЛП}^{3В}}{S_{КТ}}, \quad (3)$$

где  $S_{ЛП}^{3В}$  – площадь ячейки матрицы регулярной сетки с высоким уровнем угрозы по гипотезе № 3, га;

$S_{КТ}$  – общая площадь регулярной сетки для КТ, га;

$n_3$  – количество ячеек матрицы регулярной сетки с высоким уровнем угрозы по гипотезе № 3, ед.

Под гипотезой № 3 понимается возможность возникновения и распространения лесного пожара на контролируемой территории в течение ближайших 10 суток.

Общие требования к типовой прогнозной и аналитической модели с использованием метода Байеса содержатся в [4].

### **Выводы и перспективы дальнейших исследований**

Таким образом, в данной статье описаны научно-методические основы прогнозно-аналитической модели для прогнозирования лесных пожаров, эффективность которой напрямую зависит от качества и достоверности входных данных.

Перспективы дальнейших исследований связаны с разработкой базовых моделей среднесрочного и долгосрочного прогнозирования лесных пожаров и их внедрением в муниципальных образованиях Российской Федерации в рамках аппаратно-программного комплекса «Безопасный город» [5].

### **Библиографический список.**

1. Акимов, В. А. Исследование чрезвычайных ситуаций природного, техногенного и биолого-социального характера современными научными методами : монография / В. А. Акимов, М. В. Бедило, С. П. Суцев. – Москва : ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), 2021. – 180 с.
2. Методика прогнозной и аналитической модели «Лесной пожар». – Москва : ООО НЦИ, 2022. – 107 с.
3. Проект ГОСТ Р Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Безопасный город. Прогнозирование лесных пожаров. Общие требования [Электронный ресурс] // ГК «ЛИДЕРИНФО» : сайт. – Электрон. дан. – Томск, 2022. – Режим доступа: <https://tsk.kodeks.ru/news/read/nachalos-publichnoe-obsujdenie-proektov-nacionalnyh-standartov-na-bezopasnost-v-chrezvychaynyh-situaciyah-v-usloviyah-goroda/novosti-st>. – Загл. с экрана.
4. Проект ГОСТ Р Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Безопасный город. Типовая прогнозная и аналитическая модель с использованием метода Байеса. Общие требования [Электронный ресурс] // ГК «ЛИДЕРИНФО» : сайт. – Электрон. дан. – Томск, 2022. – Режим доступа: <https://tsk.kodeks.ru/news/read/nachalos-publichnoe-obsujdenie-proektov-nacionalnyh-standartov-na-bezopasnost-v-chrezvychaynyh-situaciyah-v-usloviyah-goroda/novosti-st>. – Загл. с экрана.
5. Акимов, В. А. АПК «Безопасный город» : оценка вероятности ЧС / В. А. Акимов, С. В. Колеганов, А. В. Мишурный // Гражданская защита. – № 5. – 2022. – С. 36–38.

## ПРОБЛЕМЫ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ВОДОРОДА В КАЧЕСТВЕ АВТОМОБИЛЬНОГО ТОПЛИВА

### FIRE SAFETY ISSUES WHEN USING HYDROGEN AS A VEHICLE FUEL

**Александрова**  
**Александра Александровна**  
Студент  
E-mail: [aleksandra.a.a.s.338@mail.ru](mailto:aleksandra.a.a.s.338@mail.ru)

**Сердюк Александр Иванович**  
Д-р хим. наук, профессор  
Профессор

ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»

*Водород, как автомобильное топливо будущего, представляет пожарную опасность по следующим показателям: более широкий концентрационный интервал взрываемости, высокая скорость горения, невидимость горящего водорода при дневном освещении. Для защиты от пожара на электроводородных автомобилях должно быть предусмотрено экстренное отключение подачи водорода в двигатель при возникновении аварии. Для тушения небольших очагов водородного пламени пригодны обычные углекислотные огнетушители с помощью сильной струи CO<sub>2</sub>.*

**Ключевые слова:** водород, пожарная опасность, аварии с водородом, электроводородные автомобили.

#### Введение

Все виды традиционного автомобильного топлива являются исчерпаемым природным сырьем, поэтому необходима их замена на возобновляемые источники энергии. Кроме того, при сгорании такого топлива в атмосферу выделяются оксид углерода, несгоревшие или не полностью сгоревшие углеводороды, а также оксиды азота. Основными нетоксичными продуктами сгорания топлива являются углекислый газ (основной парниковый газ) и вода. В настоящее время самыми распространенными возобновляемыми источниками электроэнергии является энергия воды, используемая в гидроэлектростанциях, энергия ветра, используемая в ветровых агрегатах, и энергия солнца, применяемая в солнечных батареях. Путем применения полученной электрической энергии за счет электролиза воды получают водород, который может быть использован в качестве топлива для автомобильного транспорта. Продукт его сгорания водорода – вода, не является парниковым газом, по мнению некоторых ученых.

**Alexandra Alexandrova**  
Student  
E-mail: [aleksandra.a.a.s.338@mail.ru](mailto:aleksandra.a.a.s.338@mail.ru)

**Alexander Serdyuk**  
Doctor of Chemical Sciences, Professor  
Professor

Donbass National Academy of Civil Engineering and Architecture

*Hydrogen, as an automobile fuel of the future, is a fire hazard in terms of the following indicators: a wider explosive concentration range, a high burning rate, and the invisibility of burning hydrogen in daylight. To protect against fire on electric hydrogen vehicles, an emergency shutdown of the hydrogen supply to the engine should be provided in the event of an accident. To extinguish small pockets of hydrogen flames, ordinary carbon dioxide fire extinguishers are suitable with a strong CO<sub>2</sub> jet.*

**Keywords:** hydrogen, fire hazard, accidents with hydrogen, electric hydrogen vehicles.

Для уменьшения токсичности выхлопных газов используются электромобили источником энергии которых является литий-ионные аккумуляторы, расположенные в автомобиле. Их недостатком является длительное время зарядки аккумулятора, большая масса аккумулятора и ограниченный пробег на одной зарядке аккумулятора.

### **Изложение основного материала**

При использовании водорода в двигателе основным продуктам является вода – 9 кг на 1 кг водорода, если же в двигателе водород сгорает, то будут еще образовываться в большом количестве оксиды азота. В настоящее время используется система обратная получение водорода электролизом из воды, а именно в присутствии катализатора (платина) водород взаимодействует с кислородом воздуха при нормальной температуре с получением электроэнергии, которая приводит к движению электромоторы и колеса автомобиля [1–7]. Мировые автомобильные концерны разрабатывают авто на водородных топливных элементах. Среди самых популярных моделей Toyota Mirai, Honda Clarity, Mercedes-Benz GLC F-CELL, BMW Hydrogen 7 и Hyundai Nexu [7]. Рассмотрим преимущество и недостатки водорода, как автомобильного топлива, в первую очередь с точки зрения пожарной опасности по сравнению с природным газом, который почти на 90 % состоит из углеводородов, главным образом метана. Газ содержит и более тяжёлые углеводороды – этан, пропан, бутан, а также меркаптаны и сероводород (обычно эти примеси вредны), азот и углекислый газ (они в принципе бесполезны, но и не вредны), пары воды, полезные примеси гелия и других инертных газов. От серосодержащих соединений (меркаптанов и сероводород) газ очищается на ранних стадиях. В настоящее время Еврокомиссия определила природный газ как переходный зелёный источник энергии и разрешила инвестировать в газовую сферу до 2030 года.

Основными физическими свойствами водорода, определяющими его производство, потребление и пожарную опасность, являются [1]:

1. Взрывоопасная концентрация водорода в смеси с воздухом сохраняется в интервале от 4 % до 75 %, а природного газа значительно уже – в среднем от 4,4 % до 17 %.

2. Скорость горения водорода значительно выше, чем природного газа. Поэтому пожар на водородосодержащих объектах, как правило, не приводит к загоранию других пожароопасных предметов, но его практически невозможно потушить.

3. Теплотворная способность водорода –  $10840 \text{ КДж/м}^3$ , а природного газа в среднем –  $37300 \text{ КДж/м}^3$ . Это объясняется тем, что в единице объема водорода содержится в 8,5 раз меньше, чем метана. Плотность водорода  $0,0897 \text{ кг/м}^3$ , природного газа в среднем –  $0,765 \text{ кг/м}^3$ .

4. Водород обладает повышенной текучестью, поэтому емкости с водородом трудно герметизировать, предотвратить утечку и возможность возгорания.

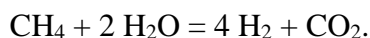
5. При горении водорода в воздухе, кроме водяного пара, образуются оксиды азота  $\text{NO}_x$ , которые относятся к парниковым газам и их выбросы лимитируются.

6. Водород хранится в вакуумных сосудах Дьюара при атмосферном давлении, но при этом потеря водорода составляет 1 % в сутки. Второй способ хранения водорода – в емкостях под давлением до 700 атмосфер. Этот способ позволяет хранить ограниченное количество продукта. Например, полная емкость стандартного пропанового баллона составляет  $0,065 \text{ м}^3$ . Вес пропана в баллоне – 21,2 кг. Давление в баллоне равно 1,6 МПа. Полный вес заправленного баллона – 43,2 кг. Теплотворная способность пропана – 48 МДж/кг. Энергоемкость одного стандартного баллона, заполненного пропаном, равна 1017,6 МДж. Если пропановый баллон заполнить водородом при давлении  $150 \text{ кгс/см}^2$ , то в баллон вмещается всего лишь 0,8 кг водорода. Энергоемкость пропанового баллона, заполненного водородом, равна 97 МДж. то есть в 10 раз меньше энергоемкости баллона, заполненного пропаном. Это есть второй способ хранения водорода - в емкостях под давлением. Этот способ позволяет хранить ограниченное количество продукта. Масса хранимого водорода в этом случае в 26,5 раз меньше, чем пропана.

Рассмотрим промышленные методы производства водорода. К основным способам относятся [2; 3].

1. Паровая конверсия метана и природного газа.

В сумме этот процесс можно записать уравнением:



Смесь газов охлаждают и промывают водой под давлением. При этом  $\text{CO}_2$  растворяется, а малорастворимый в воде водород идет на промышленные нужды.

2. Газификация угля.

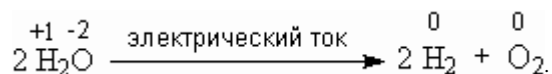
Над раскаленным до бела углем до  $1000^\circ\text{C}$  пропускают водяной пар и получают водород и оксид углерода.

На настоящий момент наиболее экономически выгодным считается производство водорода из ископаемого сырья и в данный момент наиболее доступным и дешёвым процессом является паровая конверсия метана. Согласно прогнозам, она будет использоваться в начальной стадии перехода к водородной экономике для упрощения преодоления проблемы «курицы и яйца», когда из-за отсутствия инфраструктуры нет спроса на водородные автомобили, а из-за отсутствия водородных автомобилей не строится инфраструктура.

Вышеприведенные два метода дают 95 % синтезированного в мире водорода, который перед использованием в качестве топлива очищают от примесей, отравляющих катализатор. Но, в качестве побочного продукта выделяется диоксид углерода, то есть, это не возобновляемые источники энергии, дающие парниковый газ в атмосферу не ниже, чем при прямом сжигании природного газа и каменного угля.

3. Электролиз воды.

Наиболее чистый водород в промышленности получают электролизом воды:



Этот способ требует больших затрат энергии, поэтому распространен меньше, чем высокотемпературная реакция кокса или метана с водой.

Основным источником электроэнергии для электролиза воды являются тепловые электростанции, работающие на угле и выбрасывающие в воздух углекислый газ и другие вредные вещества.

В настоящее время существует множество других методов промышленного производства водорода: разрабатывались технологии производства водорода из мусора, этанола, металлургического шлака, биомассы и другие технологии [3–5].

Наиболее перспективными источниками электроэнергии являются возобновляемые источники энергии: гидроэлектростанции, ветровые станции и солнечные батареи. Наиболее успешной в этом направлении является Германия. Но только 13–15 % потребляемой в Германии электроэнергии генерируют за счет возобновляемых источников энергии.

В долгосрочной перспективе, однако, необходим переход на возобновляемые источники энергии, так как одной из главных целей внедрения водородной энергетики является снижения выброса парниковых газов. Снизить уровень выбросов углерода в производственных отраслях можно за счет водорода, полученного с использованием низкоуглеродных технологий, для этого можно применять технологии улавливания и хранения углекислого газа, а также электролиза воды, в первую очередь с помощью энергии объектов атомной, гидро-, ветряной и солнечной энергетики.

Условная цветовая градация получаемого водорода зависит от способа его выработки и углеродного следа, то есть количества вредных выбросов [1].

– «зеленый» – произведён с помощью энергии из возобновляемых источников методом электролиза воды, считается самым чистым;

– «голубой» – произведенный из природного газа; в этом случае отход – углекислый газ накапливается в специальных хранилищах;

– «желтый» – произведенный при помощи атомной энергии;

– при производстве «серого» водорода вредные выбросы при сгорании угля – углекислый газ идут в атмосферу.

Себестоимость «зеленого» водорода около 10 долларов за кг (что «абсолютно нерентабельно», по мнению главы Фонда национальной энергетической безопасности); «голубой» и «желтый» водород в несколько раз дешевле «зеленого» – от 2 долларов за килограмм.

Производство водорода может быть сосредоточено на централизованных крупных предприятиях, что понизит себестоимость производства, но требует дополнительных расходов на доставку водорода к водородным автозаправочным станциям. Другим вариантом является маломасштабное производство непосредственно на специально оборудованных водородных автозаправочных станциях. Но на автозаправочных станциях совершенно недопустимо попадание воздуха (кислорода) в емкости и трубопроводы, заполненные жидким водородом с точки зрения пожарной и взрывоопасной ситуаций. Воздух замерзает и осажается на стенках выше уровня жидкости водорода или опускается на дно емкости. Ломающиеся кристаллы кислорода или твердого воздуха могут являться источником воспламенения или взрыва. По этой причине азот, которым продуваются магистрали и емкости перед заполнением их водородом, должен содержать не более 0,5–1 % кислорода. Разлитый жидкий водород представляет опасность, т.к. он быстро испаряется, образуя пожаро- и взрывоопасные смеси. Гремучая смесь – это смесь 1 части водорода (по объему) с 2,5 частями воздуха. Водородное пламя почти невидимо при дневном свете. В связи с этим необходимо использовать датчики для его детектирования. Наиболее распространенные оптические датчики детектируют ультрафиолетовые и инфракрасное излучение. Вздущивающиеся краски также успешно используют для этой цели. Эти краски обугливаются и набухают при сравнительно низкой температуре (около 470 К) и выделяют едкие газы.

Для защиты от пожара на электроводородных автомобилях предусмотрено экстренное отключение подачи водорода в двигатель при возникновении аварии. Обычные углекислотные огнетушители вполне приемлемы для тушения небольших очагов водородного пламени с помощью сильной струи  $\text{CO}_2$  [8]. Но, если все же случится разрушение баллона с водородом, то произойдет очень мощный взрыв.

Пожарную опасность также представляют и водородные заправочные станции, количество которых в мире растет. Активнее всего – в Японии, Китае, Германии, США, Канаде и Норвегии [6; 7].

Как сообщает норвежское издание NRK, на одной из водородных заправок города Сандвик (Норвегия) в 2019 году произошел масштабный взрыв, в результате которого ранения получили два человека, они сейчас находятся в реанимации. Ударная волна была такой силы, что у проезжавших рядом автомобилей сработали подушки безопасности.

В связи с вышеизложенным, автомобили с аккумуляторными батареями значительно пожаробезопасней автомобилей с топливными водородными элементами, и, соответственно, дешевле.

### **Выводы и перспективы дальнейших исследований**

Таким образом, водород, как топливо будущего, представляет пожарную опасность по следующим показателям: более широкий концентрационный интервал взрываемости, высокая скорость горения, невидимость горящего водорода при дневном освещении, большая вероятность утечки водорода в процессе эксплуатации, использование баллонов под высоким давлением до 700 атмосфер для его транспортировки и эксплуатации и очень мощный взрыв при утечке и возгорании водорода. Для защиты от пожара на электроводородных автомобилях должно быть предусмотрено экстренное отключение подачи водорода в двигатель при возникновении аварии. Но для тушения небольших очагов водородного пламени пригодны обычные углекислотные огнетушители с помощью сильной струи  $\text{CO}_2$ .

**Библиографический список**

1. Водородный транспорт [Электронный ресурс] // Википедия переиздание : сайт. – Электрон. дан. – [б. м.], 2022. – Режим доступа: [https://wiki2.org/ru/%D0%92%D0%BE%D0%B4%D0%BE%D1%80%D0%BE%D0%B4%D0%BD%D1%8B%D0%B9\\_%D1%82%D1%80%D0%B0%D0%BD%D1%81%D0%BF%D0%BE%D1%80%D1%82](https://wiki2.org/ru/%D0%92%D0%BE%D0%B4%D0%BE%D1%80%D0%BE%D0%B4%D0%BD%D1%8B%D0%B9_%D1%82%D1%80%D0%B0%D0%BD%D1%81%D0%BF%D0%BE%D1%80%D1%82). – Загл. с экрана.
2. Велесюк, А. Водородная энергетика – тренд XXI века [Электронный ресурс] / А. Велесюк // Атомный Эксперт : сайт. – Электрон. дан. – [б. м.], 2016–2022. – Режим доступа: [https://atomicexpert.com/hydrogen\\_energy](https://atomicexpert.com/hydrogen_energy). – Загл. с экрана.
3. Реутов, Б. Ф. Развитие НИОКР в области водородной энергетики в России / Б. Ф. Реутов // Энергия : экономика, техника, экология. – 2006. – № 5. – С. 10–17.
4. Козлов, С. И. Водородная энергетика : современное состояние, проблемы, перспективы : монография / С. И. Козлов, В. Н. Фатеев. – Москва : Газпром ВНИИГАЗ, 2009. – 520 с.
5. Панич, А. Альтернативные источники энергии [Электронный ресурс] / А. Панич // Строительство и недвижимость : сайт. – Электрон. дан. – [б. м.], 1995–2022. – Режим доступа: <https://nestor.minsk.by/sn/2003/21/sn32118.html>. – Загл. с экрана.
6. Водород как универсальный энергоноситель и техника безопасности при работе с водородом [Электронный ресурс] // Системы пожарной безопасности : сайт. – Электрон. дан. – [б. м.], 2008–2022. – Режим доступа: <http://fireengine.ru/article/technika-bezopasnosti/vodorod>. – Загл. с экрана.
7. Водородные автомобили: ТОП-7 моделей на 2019 год [Электронный ресурс] // AUTOGEEK : сайт. Электрон. дан. – [б. м.], 2013–2022. – Режим доступа: <https://autogeek.com.ua/hydrogen-fuel-cell-electric-vehicles>. – Загл. с экрана.
8. Гельфанд, Б. Е. Водород : параметры горения и взрыва : монография / Б. Е. Гельфанд, О. Е. Попов, Б. Б. Чайванов. – Москва : Физматлит, 2008. – 288 с.

УДК 614.84

## АНАЛИЗ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ ЗАДЫМЛЕНИЯ ПРИ ПОЖАРЕ НА ПОЛИГОНЕ ТВЕРДЫХ КОММУНАЛЬНЫХ ОТХОДОВ И ОЦЕНКА ПОТЕНЦИАЛЬНОГО РИСКА ВРЕДА ЗДОРОВЬЮ НАСЕЛЕНИЯ

### ANALYSIS OF ENVIRONMENTAL FACTORS OF SMOKE DURING A FIRE AT A PUBLIC SOLID WASTE POLYGON AND ASSESSMENT OF THE POTENTIAL RISK OF HARM TO POPULATION HEALTH

**Ашихмина Татьяна Валентиновна**

Канд. геогр. наук

Доцент

E-mail: tv6234@yandex.ru

**Куприенко Павел Сергеевич**

Д-р техн. наук

Профессор

E-mail: togochs@mail.ru

**Жидова Маргарита Валерьевна**

Студент

E-mail: zhidovamargarita@gmail.com

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет»

*В статье представлены результаты расчетов и моделирования зон токсического задымления от пожара на полигоне твердых коммунальных отходов. Произведены: анализ экологических аспектов задымления, скрининговая оценка потенциального риска причинения вреда здоровью населения близлежащих территорий химическими соединениями при горении отходов на полигоне.*

**Ключевые слова:** полигон ТКО, пожар, экологические факторы, риски для здоровья населения, моделирование, рассеивание выбросов, зоны токсического задымления.

#### Введение

Размещение твердых коммунальных отходов (ТКО) на специально выделенных территориях на протяжении многих десятилетий являлось наиболее распространенным способом обращения с такими отходами. Экологическая опасность объектов размещения ТКО (полигонов) значительно обусловлена процессами выброса газообразных веществ в период эксплуатации объектов и более интенсивными выбросами токсичных веществ во время пожаров. Учитывая относительную близость таких объектов к населенным пунктам, представляется актуальной задача оценки риска здоровью населения от негативного воздействия загрязняющих веществ, выделяющихся при горении отходов.

**Tatyana Ashikhmina**

Candidate of Geographical Sciences

Associate Professor

E-mail: tv6234@yandex.ru

**Pavel Kuprienko**

Doctor of Technical Sciences

Professor

E-mail: togochs@mail.ru

**Margarita Zhidova**

Student

E-mail: zhidovamargarita@gmail.com

Voronezh State Technical University

*The article presents the results of calculations and modeling of zones of toxic smoke from a fire at a municipal solid waste landfill. Produced: an analysis of the environmental aspects of smoke, a screening assessment of the potential risk of harm to the health of the population of nearby territories by chemical compounds during the combustion of waste at the landfill.*

**Keywords:** polygon TKO, fire, environmental factors, public health risks, modeling, dispersion of emissions, toxic smoke zones.

**Изложение основного материала**

Эмиссии газообразных загрязняющих веществ происходят на протяжении всего периода эксплуатации полигонов. Образующийся при трансформации отходов биогаз включает различные компоненты (табл. 1) [1].

Таблица 1

Среднестатистический состав биогаза полигона ТКО

Компоненты биогаза	Класс опасности	Весовое процентное содержание компонентов
Метан	IV	52,915
Толуол	III	0,723
Аммиак	IV	0,533
Ксилол	IV	0,443
Углерода оксид	IV	0,252
Азота диоксид	III	0,111
Формальдегид	II	0,096
Этилбензол	IV	0,095
Ангидрид сернистый	III	0,070
Сероводород	II	0,026
Диоксид углерода	IV	44,736

Состав биогаза значительно усложняется в случае пожаров на полигоне (табл. 2) [2].

Таблица 2

Состав продуктов, образующихся при горении ТКО на полигонах, %

Продукты горения	Наименование отходов				
	Бумага и картон	Текстиль	Резина	Кожа	Древесина с лакокрасочным покрытием
Бензол	0,25	0,38	1,80	0,71	0,67
Толуол	0,25	0,22	2,50	0,22	0,38
Ксилол	0,03	0,04	0,69	0,25	0,07
Кумол	0,01	0,01	0,37	0,08	0,04
Стирол	0,06	0,06	0,62	0,15	-
Нафталин	0,02	0,01	0,45	0,06	-
Фенол	0,09	0,15	0,04	0,22	-
Крезол	0,07	0,11	-	0,18	-
Ксиленол	0,02	-	-	0,01	-
Метиловый спирт	0,47	0,63	-	-	-
Водород	0,65	0,38	0,26	0,24	0,40
Оксид углерода	2,45	1,45	1,50	2,45	2,05
Диоксид углерода	67,3	42,6	41,6	58,2	72,4
Метан	3,20	3,10	2,20	1,35	2,40
Этилен	2,00	1,98	2,00	2,00	1,20
Этан	0,40	0,40	0,42	0,40	0,30
Пропилен	2,38	2,10	3,32	2,18	1,68
Бутилен	0,20	0,14	0,75	0,23	0,18
Ацетальдегид	2,96	3,70	1,89	0,56	0,80
Ацетон	0,26	0,60	0,08	0,18	0,08

Продолжение таблицы 2

Продукты горения	Наименование отходов				
	Бумага и картон	Текстиль	Резина	Кожа	Древесина с лакокрасочным покрытием
Аллиловый спирт	0,28	0,23	0,03	0,09	0,18
Уксусная кислота	0,24	0,25	0,06	0,61	0,11
Доля в общем количестве отходов, %	25-30	4-7	2-4	2-4	1,5-3

Анализ приведенных данных позволяет сделать вывод, что перечень загрязняющих веществ, выбрасываемых в атмосферу при горении отходов, включает в 2 раза больше наименований, чем при выделении с биогазом в период эксплуатации полигона.

Экологические аспекты горения отходов на полигонах ТКО включают две составляющие:

– возникновение процесса горения обусловлено климатическими условиями (режимом температуры и осадков), составом и количеством отходов, количеством и временем выделения биогаза из тела полигона;

– факторами воздействия процесса горения отходов на окружающую среду являются продукты горения различных видов отходов, влияющие на состав и состояние атмосферы и оказывающих токсичное воздействие на население.

Экологическая опасность продуктов горения обусловлена:

- снижением прозрачности атмосферы;
- тепловым загрязнением атмосферы;
- выбросом токсичных веществ;
- усилением парникового эффекта.

Снижение прозрачности атмосферы обусловлено выбросом сажи и твердых частиц. Исследованиями Хаджмурадов М.А. и др. установлено, что в зонах горения температура на поверхности почвы составляла 33–37 °С (при температуре окружающего воздуха 0 °С), возрастая в глубь почвы до 85 °С, что связано с протеканием экзотермических химических реакций и микробиологической активностью [3]. Парниковый эффект обусловлен высокими концентрациями метана и диоксида углерода, составляющих основную массу биогаза. При горении отходов выбросы диоксида углерода возрастают на порядок.

Также, образующиеся при горении отходов токсичные химические соединения являются потенциально опасными для здоровья персонала объекта и жителей близлежащих населенных территорий (табл. 2). Гигиеническая и токсикологическая характеристика химических веществ, выбрасываемых полигоном ТКО, представлена на рис. 1 [4].

Принимая во внимание многокомпонентность отходов, сложность процессов их преобразования, а также ограниченный объем информации по экологическому состоянию таких объектов, оценка их негативного воздействия на окружающую среду и здоровье населения проводилась на основе расчетов и моделирования процессов рассеяния загрязняющих веществ от объекта размещения отходов, в том числе в период их максимального залпового выброса в условиях пожара.

Объектом исследования является полигон ТКО в Новоусманском районе Воронежской области, который располагается в северо-восточной части с. Новая Усмань, на 23-м км автодороги Воронеж-Тамбов.

Размещение отходов на объекте осуществляется с 2006 года. Возгорание отходов происходит, как правило, в теплый период года с положительными среднемесячными температурами (рис. 2), а наиболее пожароопасный период установлен с середины апреля до конца сентября [5; 6; 7].

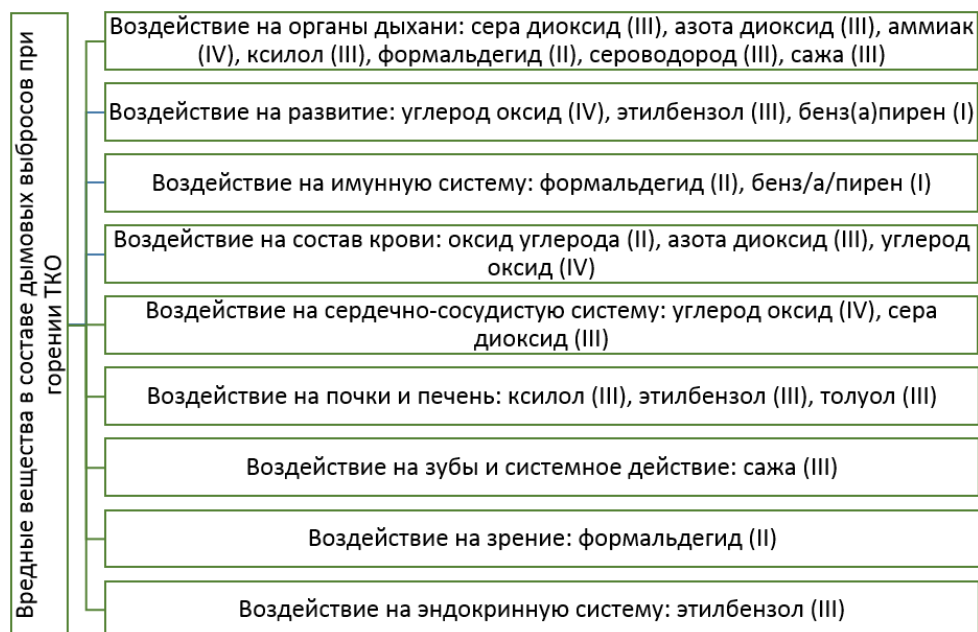


Рис. 1. Воздействие химических веществ разных классов опасности, выбрасываемых полигоном ТКО, на здоровье людей (составлено авторами по [4])



Рис. 2. Температурный график

Анализ масштабов задымления при пожаре на объекте проводился для реальной ситуации с возгоранием отходов в 2014 году, а также в условиях моделирования процессов рассеяния загрязняющих веществ при возгорании отходов, накопившихся на полигоне к 2021 году [8; 9]. Рассеяние токсичных веществ в атмосфере определяется режимом ветра, температурой, влажностью, временем года, атмосферными осадками и явлениями.

Расчет массы загрязняющих веществ произведен согласно Временным рекомендациям по расчету выбросов вредных веществ в атмосферу в результате сгорания на полигонах твердых бытовых отходов и размера предьявляемого иска за загрязнение атмосферного воздуха и результаты представлены в табл. 3, 4. Параметры, принятые для расчетов и моделирования: масса сгоревших ТКО – 10 % от всей массы размещенных отходов, ширина зоны горения 110 м; средняя скорость ветра за расчетный период 2 м/с., степень устойчивости приземного слоя атмосферы – 2014 год – инверсия, 2021 год – конвекция [10; 11].

Расчет зоны загрязнения производился с учетом метеорологических условий расчетного периода согласно методическим указаниям по прогнозированию чрезвычайных ситуаций природного характера [12].

Таблица 3

Расчетные параметры выбросов газообразных загрязняющих веществ при горении отходов на исследуемом полигоне ТКО

Загрязняющее вещество	Выброс загрязняющих веществ при пожаре, т		Глубина пороговой зоны распространения, м		Ширина пороговой зоны распространения, м	
	2014 г.	2021 г.	2014 г.	2021 г.	2014 г.	2021 г.
Сернистый ангидрид	17,61	165,01	2850	7 070	2 390	5 766
Окислы азота	29,35	2751,65	900	10 127	814	8 212
Окись углерода	146,75	1375,83	4000	10 127	3 376	8 212

Таблица 4

Результаты расчета массы сажи и твердых частиц, выбрасываемых в атмосферу при возгорании отходов на исследуемом объекте

Параметры	Период проведения исследований	
	2014 год	2021 год
Общая масса отходов, т	58700	550330
Выброс загрязняющих веществ при пожаре, т: твердые частицы сажа	7,3375	68,7913
	3,66875	34,3956

Проведенные расчеты позволяют предположить, что масса сажи и твердых загрязняющих веществ в выбросах при пожаре возрастает пропорционально количеству отходов на объекте и фактор, обуславливающий прозрачность атмосферы, имеет тенденцию к усилению воздействия по мере накопления отходов на действующем полигоне [9].

На основе проведенных расчетов составлена карта рассеяния токсичных веществ при залповом выбросе во время пожара в 2014 году (рис. 3).

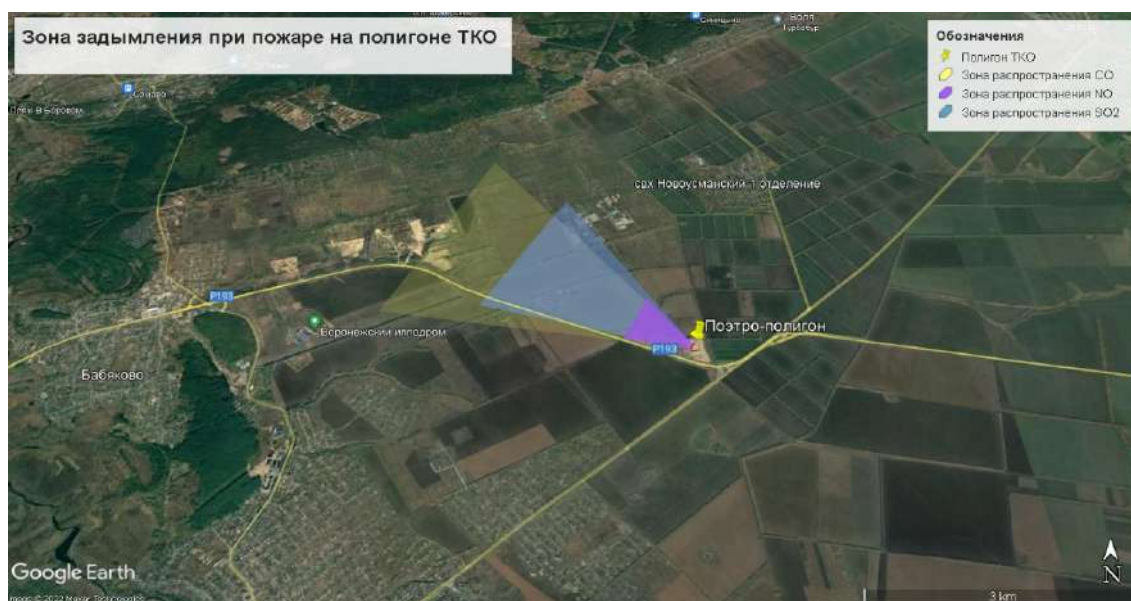


Рис. 3. Зона задымления при пожаре на полигоне ТКО

Расчеты показали, что в зону задымления при пожаре на полигоне в 2014 г. попали поселок 1-го отделения совхоза «Новоусманский» и автомагистраль.

Информационное моделирование процессов рассеяния загрязняющих веществ для ситуации с возгоранием отходов в 2021 году произведено на основе усредненных метеорологических параметров пожароопасного периода с учетом направления перемещения воздушных масс над объектом во время пожара. Роза ветров в районе расположения объекта на период апрель - сентябрь показана на рис. 4.

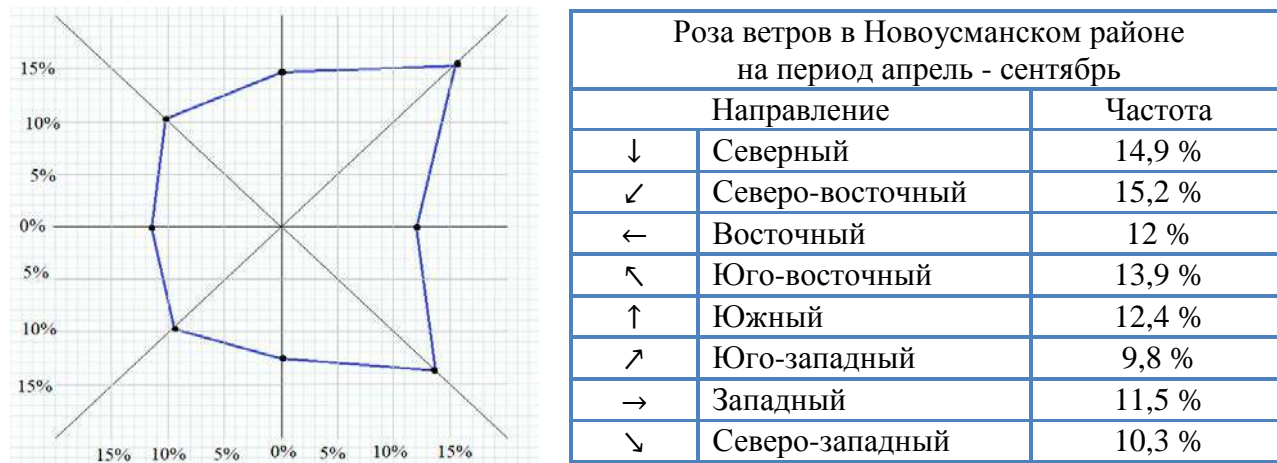


Рис. 4. Роза ветров в Новоусманском районе на период апрель–сентябрь

Основным направлением ветра в расчетный период является северо-восточный (15,2 %). Кроме того, преобладающими направлениями ветра можно назвать северный (14,9 %) и юго-восточный (13,9 %). Самый редкий ветер в Воронеже – юго-западный (9,8 %).

Зона возможного загрязнения атмосферы сернистым ангидридом, окислами азота, окисью углерода во время возгорания отходов на Новоусманском полигоне ТКО в расчетный период 2021 года показана на рис. 5; 6.

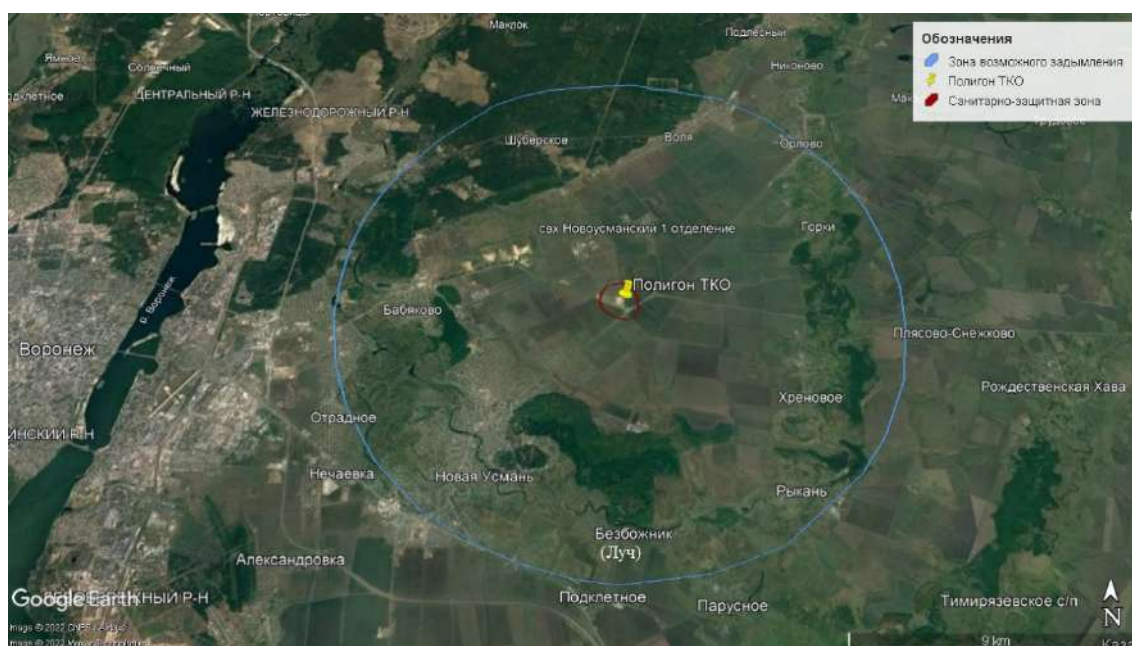


Рис. 5. Зона возможного распространения загрязняющих веществ при горении отходов на объекте исследования

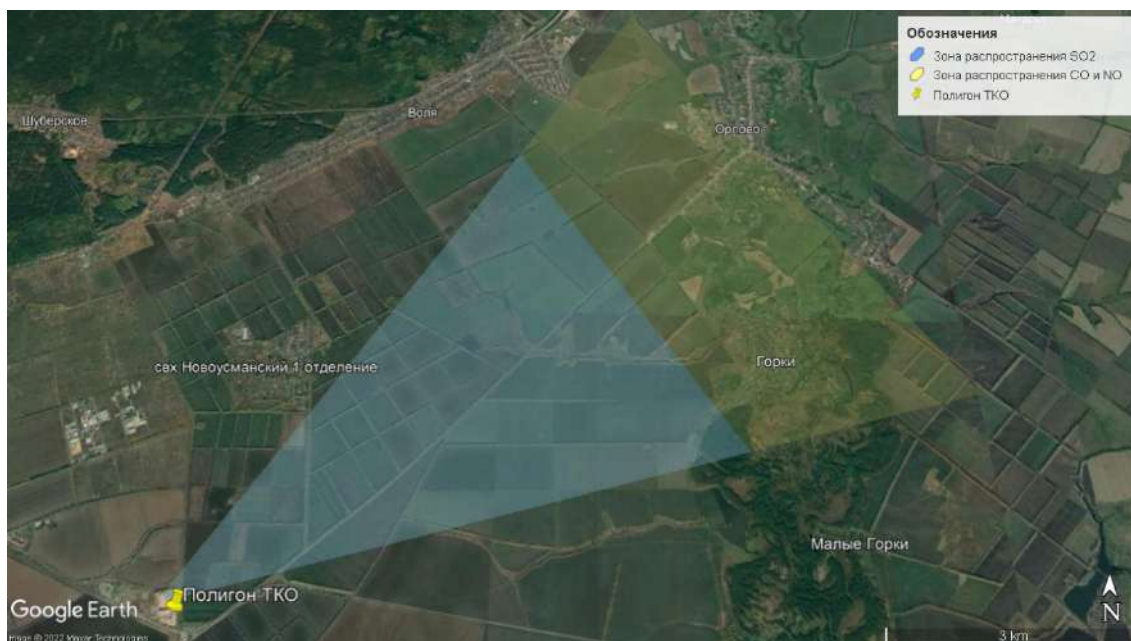


Рис. 6. Наиболее вероятное направление распространения загрязняющих веществ при горении отходов на полигоне

Очевидно, что загрязняющие вещества, выделяющиеся при пожаре на полигоне, распространяются далеко за пределы его санитарно-защитной зоны. В зоне задымления и, соответственно, в зоне потенциального риска вреда здоровью населения, может оказаться значительное количество населенных пунктов. Необходимо отметить также, что в непосредственной близости от полигона располагаются объекты транспортной инфраструктуры – АГЗС, ТКО НР АЗС и участок трассы Р193 «Воронеж-Тамбов» (рис. 7). Персонал этих объектов, водители автотранспорта, а также работники полигона во время пожара на объекте подвержены повышенному риску причинения вреда здоровью, как от продуктов горения отходов, так и от других опасных факторов пожара.



Рис. 7. Расположение объекта исследования относительно транспортной инфраструктуры

На основании проведенных расчетов и построения зоны возможного токсического задымления сделана предварительная, скрининговая оценка потенциального риска причинения вреда здоровью населения близлежащих территорий химическими соединениями при горении отходов на полигоне (табл. 5).

Полигон ТКО, расположенный в Новой Усмани, эксплуатируется на протяжении 15 лет. Возгорания отходов происходят ежегодно, ориентировочно, от одного до трех раз за пожароопасный период. Проведенное моделирование процессов рассеяния загрязняющих веществ при возгорании отходов показало, что всего в зоне задымления могут оказаться 12 населенных пунктов, четыре из них – с. Горки, пос. Луч, пос. Малые горки, пос. Шуберское полностью попадают под воздействие токсичных веществ, остальные попадают частично, от 10 до 90 % территории и населения. Самым близким к полигону населенным пунктом является свх Новоусманский 1 отделение, имеющим также наибольшую вероятность попадания в зону токсического задымления в соответствии с господствующим направлением переноса воздушных масс в пожароопасный период года.

Таблица 5

Оценка потенциального риска причинения вреда здоровью населения, попадающего в зону токсического задымления от пожара на полигоне ТКО в Новоусманском районе

Населенный пункт	Общая численность населения, чел.	Примерная доля площади и населения, попадающий в зону задымления	Расстояние от полигона, км	Время воздействия, годы	Периодичность воздействия	Вероятность попадания населенного пункта в зону задымления в долях единицы
свх Новоусманский 1 отделение	1185	65 %	3	2006–2021	1-3 раза в год	$1,50 \cdot 10^{-1}$
с. Орлово	147	33 %	10			$1,52 \cdot 10^{-1}$
пос. Воля	7 789	70 %	7,3			$1,39 \cdot 10^{-1}$
с. Горки	389	100 %	7,5			$1,24 \cdot 10^{-1}$
с. Рыкань	847	90 %	8,7			$1,20 \cdot 10^{-1}$
с. Хреновое	2 079	10 %	7,2			$0,98 \cdot 10^{-1}$
пос. Луч	32	100 %	7			$1,15 \cdot 10^{-1}$
пос. Малые горки	44	100 %	8			$1,03 \cdot 10^{-1}$
с. Новая Усмань	29 270	60 %	5			
пос. Отрадное	1 355	18 %	10			
с. Бабяково	4 998	42 %	7			
пос. Шуберское	2 238	100 %	7,5			

Высокую вероятность оказаться в зоне задымления при горении отходов на полигоне имеет с. Орлово, находящееся на наибольшем удалении от объекта из всех перечисленных населенных пунктов. с. Новая Усмань и пос. Отрадное расположены в направлении наименее вероятного распространения загрязняющих веществ от пожара на полигоне ТКО. В целом, пос. Отрадное имеет наилучшее расположение, как по удаленности от исследуемого объекта, так и по вероятности распространения токсического задымления.

#### Выводы и перспективы дальнейших исследований

Таким образом, расчет и моделирование зоны токсического задымления при пожаре на полигоне ТКО позволяют проанализировать факторы экологической опасности объекта, а

также произвести предварительную оценку потенциального риска причинения вреда здоровью населения на близлежащей территории.

Проведенные расчеты и моделирование показали, что загрязняющие вещества, выделяющиеся при пожаре на полигоне ТКО в Новоусманском районе Воронежской области, распространяются далеко за пределы его санитарно-защитной зоны. В зоне токсического задымления может оказаться значительное количество населенных пунктов. Вероятность такого события в значительной степени определяется направлением переноса воздушных масс во время пожара.

Проведенная оценка потенциального риска причинения вреда здоровью населения от пожара на полигоне позволила выделить населенные пункты, имеющие наибольшую вероятность попадания в зону токсического задымления. Вероятностные оценки необходимо дополнять мониторингом токсического задымления в населенных пунктах, находящихся в зоне воздействия полигона ТКО.

Применение предложенного подхода к анализу экологических факторов задымления при пожаре на полигоне ТКО и оценке потенциального риска вреда здоровью населения рекомендуется на этапе проектирования и выбора участка для объекта размещения отходов, а также для определения приоритетного направления углубленных исследований степени воздействия таких объектов на окружающую среду и здоровье людей, разработки риск-обоснованных природоохранных, в том числе мониторинговых, мероприятий и решений по защите населения, попадающего в зону воздействия объектов.

#### **Библиографический список.**

1. Абрамов, Н. Ф. Методика расчета количественных характеристик выбросов загрязняющих веществ в атмосферу от полигонов твердых бытовых и промышленных отходов / Н. Ф. Абрамов, Э. С. Санников, Н. В. Русаков [и др.]. – Москва, 2004. – 21 с.
2. Международные карты химической безопасности (ICSC) [Электронный ресурс] // ILO : сайт. – Электрон. дан. – [б. м.], 1996–2018. – Режим доступа: [https://www.ilo.org/dyn/icsc/showcard.listcards3?p\\_lang=ru](https://www.ilo.org/dyn/icsc/showcard.listcards3?p_lang=ru). – Загл. с экрана.
3. Хаджмурадов, М. А. Проблема ограничения эмиссии метана в атмосферу из свалок бытовых отходов [Электронный ресурс] / М. А. Хаджмурадов, Л. В. Карнацевич, В. Г. Колобородов // Waste : сайт. – Электрон. дан. – [б. м.]. – Режим доступа: <https://waste.ua/cooperation/2004/thesis/chashmuradov.html>. – Загл. с экрана.
4. Юшин, В. В. Особенности процедуры оценки риска негативного воздействия объектов размещения отходов на окружающую среду и здоровье населения / В. В. Юшин, В. М. Попов, И. О. Кирильчук, А. Ю. Коровина // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Техника и технологии. – 2018. – № 3(28). – С. 36–49.
5. Об установлении особого противопожарного режима на территории Воронежской области [Электронный ресурс] : Постановление Правительства Воронежской области № 166 от 07.04.2021 г. // Официальный интернет-портал правовой информации : сайт. – Электрон. дан. – [б. м.]. – Режим доступа: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/3600202104070001?index=3&rangeSize=1>. – Дата обращения: 30.09.2022. – Загл. с экрана.
6. Об отмене на территории Воронежской области особого противопожарного режима [Электронный ресурс] : Постановление Правительства Воронежской области № 555 от 29.09.2021 г. // Официальный интернет-портал правовой информации : сайт. – Электрон. дан. – [б. м.]. – Режим доступа: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/3600202110010020>. – Дата обращения: 30.09.2022. – Загл. с экрана.
7. Климатические итоги 2021 года в Воронеже [Электронный ресурс] // Gismeteo : сайт. – Электрон. дан. – [б. м.]. – Режим доступа: <https://www.gismeteo.ru/news/weather/klimaticheskie-itogi-2021-goda-v-voronezhe>. – Загл. с экрана.
8. Экономические деловые новости регионов Черноземья [Электронный ресурс] // ABIREG : сайт. – Электрон. дан. – [б. м.], 2009–2022. – Режим доступа: [https://abireg.ru/n\\_40279.html](https://abireg.ru/n_40279.html). – Загл. с экрана.

9. Об утверждении Территориальной схемы обращения с отходами на территории Воронежской области [Электронный ресурс] : Приказ Департамента природных ресурсов и экологии Воронежской области № 356 от 26 августа 2016 г. // Официальный интернет-портал правовой информации : сайт. – Электрон. дан. – [б. м.]. – Режим доступа: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/3601202102050002>. – Загл. с экрана.

10. Временные рекомендации по расчету выбросов вредных веществ в атмосферу в результате сгорания на полигонах твердых бытовых отходов и размера предъявляемого иска за загрязнение атмосферного воздуха [Электронный ресурс] : Утверждены Министерством экологии и природных ресурсов Российской Федерации 2 ноября 1992 г. // Контур Норматив : сайт. – Электрон. дан. – [б. м.]. – Режим доступа: <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=15444>. – Загл. с экрана.

11. Итышев, И. К. О проблемах пожарной безопасности твердых бытовых отходов и мест их хранения / И. К. Итышев, С. О. Потапова // Пожарная безопасность : проблемы и перспективы. – 2018. – № 9. – С. 292–300.

12. Храмцов, Б. А. Прогнозирование чрезвычайных ситуаций природного характера : метод. указания / Б. А. Храмцов, Т. Г. Болотских, А. М. Юрьев. – Белгород : Изд-во БГТУ им. В. Г. Шухова, 2006. – С. 25–27.

УДК 614.84

## ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО СОВЕРШЕНСТВОВАНИЮ ТЕХНОЛОГИЙ ПОЖАРОТУШЕНИЯ ОБЪЕКТОВ ЗАЩИТЫ

### PROPOSALS FOR IMPROVING FIRE EXTINGUISHING TECHNOLOGIES FOR PROTECTION FACILITIES

**Булатов Вячеслав Олегович**

Канд. техн. наук

Доцент

E-mail: 79112231238@ya.ru

**Захматов Владимир Дмитриевич**

Д-р техн. наук, профессор

Старший научный сотрудник

E-mail: zet.pulse@gmail.com

ФГБОУ ВО СПб Университет ГПС МЧС  
России**Булгаков Ильяс Эдемович**

Преподаватель

E-mail: sherhit38@yandex.ru

Санкт-Петербургское государственное  
бюджетное профессиональное учреждение  
«Пожарно-спасательный колледж «Санкт-  
Петербургский центр подготовки  
спасателей»

*В целях совершенствования технологий пожаротушения объектов защиты, предлагаются к внедрению три патентных заявки: «медицинский огнетушитель», «упреждающее пожаротушение» и «противопожарно-противоосколочные подушки».*

**Ключевые слова:** технологии пожаротушения, доврачебная помощь, алгоритмы работы.

#### Введение

Вопросы пожарной безопасности объектов защиты являются одними из важнейших для обеспечения их функционирования по основному назначению. На обеспечение пожарной безопасности и устойчивости к возможным воздействиям различного характера (от природных и техногенных, до воздействия различных средств поражения, включая террористические проявления) направлены многолетние усилия многих организаций и специалистов [1]. С целью дальнейшего совершенствования технологий пожаротушения нами

**Vyacheslav Bulatov**

Candidate of Technical Sciences

Associate Professor

E-mail: 79112231238@ya.ru

**Vladimir Zakhmatov**

Doctor of Technical Sciences, Professor

Senior Researcher

E-mail: zet.pulse@gmail.com

St. Petersburg University of the State Fire  
Service of the Ministry of Emergency  
Situations of Russia**Ilyas Bulgakov**

Lecturer

E-mail: sherhit38@yandex.ru

St. Petersburg State Budgetary Professional  
Institution “Fire and Rescue College  
“St. Petersburg Rescue Training Center”

*In order to improve the fire extinguishing technologies of the objects of protection, three patent applications are proposed for implementation: “medical fire extinguisher”, “proactive fire extinguishing” and “fire-fighting anti-shatter pillows”.*

**Keywords:** fire extinguishing technologies, first aid, work algorithms.

предлагается внедрение трех патентных заявок в дополнение к предпринимаемым в этом направлении усилиям.

### Изложение основного материала

Первая патентная заявка связана с повышением шансов на выживание и сохранение здоровья (включая быстрое возвращение в строй) персонала защищаемых объектов и пожарных (пожарных-спасателей), прибывающих для ликвидации пожара (аварийной ситуации), подвергшихся воздействию опасных факторов пожара, прежде всего огня (включая разлив и горение жидкостей на человеке) [2]. Нами предлагается создание т. н. «медицинского» импульсного огнетушителя (распылителя) на базе существующего малогабаритного импульсного огнетушителя (распылителя), использующего воду (рис. 1).



а)



б)



в)

Рис. 1. Испытания прототипа медицинского распылителя: а) начальное состояние манекена; б) момент «выстрела»; в) манекен «спасён» от возгорания

Основная идея заявки заключается в совмещении процесса тушения горящего человека с оказанием ему доврачебной помощи, которая оказывается путём введения в состав огнетушащего вещества (воды) лекарственных препаратов противоожогового, обезболивающего и противошокового действия. Таким образом, у пострадавших повышаются шансы дожить до оказания квалифицированной врачебной помощи и снижается степень полученных ожогов (за счёт максимально быстрого тушения, обеспечивающегося ношением каждым малогабаритных «медицинских» огнетушителей как индивидуальных перевязочных пакетов). Высказанная идея получила одобрение у научного сообщества и была оценена 1-м местом на конкурсе «Есть идея: от идеи к внедрению 2021» в СПб университете ГПС МЧС [2; 3].

Вторая патентная заявка основана на предлагаемом способе т. н. «превентивного» пожаротушения, основная идея которого заключается в запуске систем пожаротушения (спасения) на основе полученных объективных данных о неустранимой угрозе пожара и взрыва до начала непосредственно пожара (взрыва, вспышки, задымления и т. п. проявлений) (рис. 2–4) [4]. Для пояснений выбрана иностранная система (комплекс активной защиты танка «Заслон», имеющий «советское» происхождение – чтобы не создавать проблем, связанных с законом «О государственной тайне».

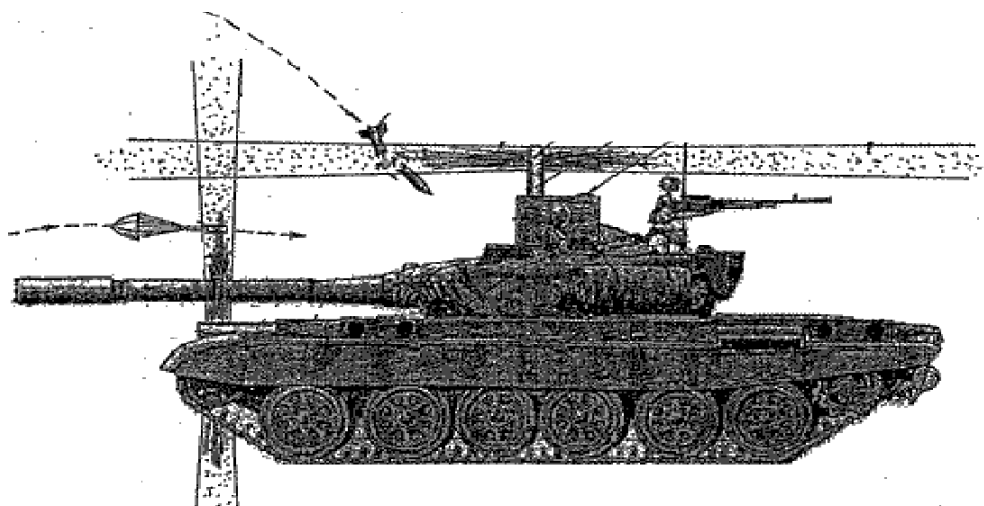


Рис. 2. Схема работы комплекса активной защиты танка (КАЗ) «Заслон» (Украина) в фазе его активного противодействия подлетающим боеприпасам

На рисунке 2 показана схема работы комплекса активной защиты танка «Заслон» (Украина) в фазе его активного противодействия подлетающим боеприпасам, которые автоматическая система сочла опасными (рис. 4 поясняет суть явлений, показанных на рис. 3).

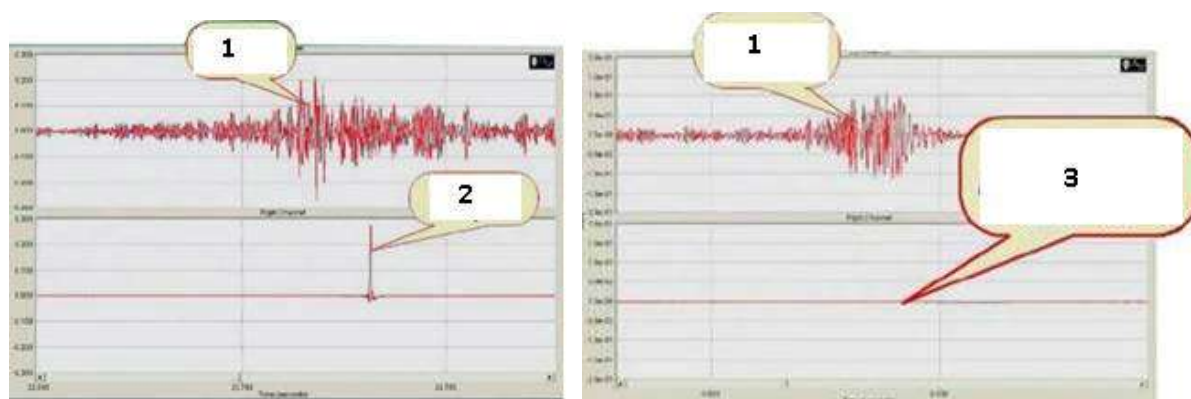


Рис. 3. Диаграмма обнаружения КАЗ «Заслон» (Украина) РПГ (слева) и 30 мм боеприпаса (справа).

Рисунок 3 показывает диаграмму обнаружения КАЗ «Заслон» (Украина) РПГ (на рис. слева) и 30 мм боеприпаса (на рис. справа). В случае перехвата низкоскоростных (70...100 м/с.) противотанковых средств создается задержка срабатывания БЧ. В случае обнаружения средств, не представляющих угрозы танку (30 мм граната и пр.) сигнал на подрыв БЧ не подается.

Цифрами на рисунке 3 обозначено: 1 – сигнал от цели; 2 – сигнал на подрыв; 3 – запрет сигнала на подрыв – в случае определения что подлетает не опасный для защищаемого объекта поражающий элемент (например, малокалиберный боеприпас или осколок).

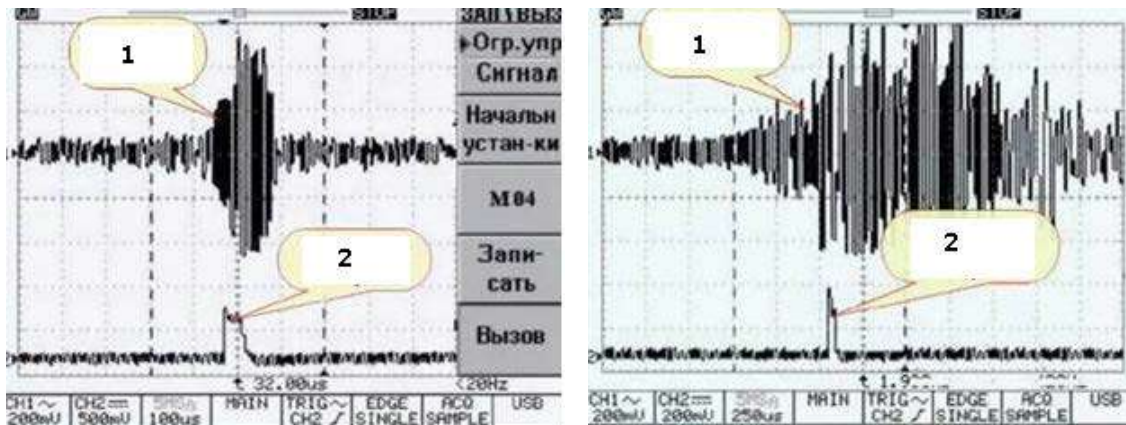


Рис. 4. Диаграмма обнаружения КАЗ «Заслон» (Украина, так как это представлено на мониторе самой системы) цельнокорпусного боеприпаса (БПС) (слева) и бронебойного снаряда танковой пушки БК-18М (справа)

Рисунок 4 показывает диаграмму обнаружения КАЗ «Заслон» (Украина, так как это представлено на мониторе самой системы) цельнокорпусного боеприпаса (БПС) – на рисунке слева и бронебойного снаряда танковой пушки БК-18М – на рисунке справа. Сигнал на подрыв БЧ подается, таким образом, уже давно реализован алгоритм распознавания и классификации по степени опасности подлетающих к защищаемому объекту боеприпасов (снарядов, ракет, гранат и т.д.).

Цифрами на рисунке 4 обозначено: 1 – сигнал от цели; 2 – сигнал на подрыв.

Комплексами активной защиты современные танки оснащаются уже примерно 30 лет, в гражданской сфере ближайшим функциональным аналогом являются т. н. автопилоты (различных уровней), называемые также «адаптивный круиз контроль». Ничто не мешает оснастить подобными «танковым» системам и стационарные объекты защиты. Более того, на необходимость этого, например, прямо указывают многочисленные успешные атаки хуситов по НПЗ Саудовской Аравии с тяжёлыми последствиями [5; 6]. Логично предположить, что если можно успешно атаковать НПЗ, то можно атаковать и любые другие объекты (при условии обеспечения устойчивой связи и управления или обеспечения автономной работы системы самонаведения по известным и отработанным алгоритмам).

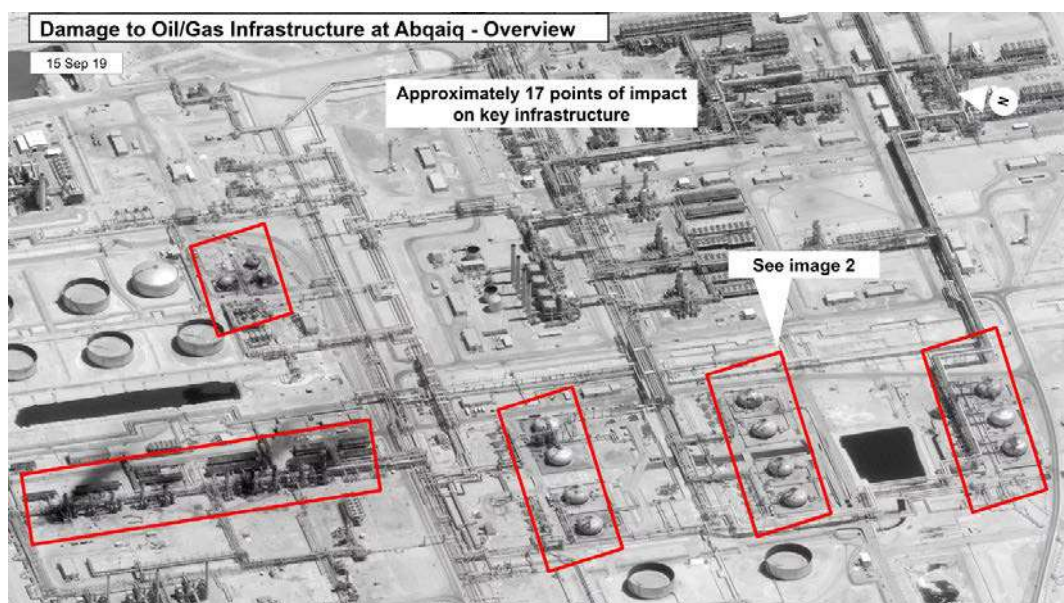


Рис. 5. Последствия атаки беспилотников хуситов по НПЗ [5] в Саудовской Аравии

Третья предлагаемая заявка развивает идею, высказанную во второй патентной заявке и заключается в применении на объектах защиты т. н. «противоосколочно-противопожарных подушек» [7; 4]. Основная идея предлагаемого изобретения заключается в создании своеобразного аналога широко распространённых «подушек безопасности» автомобилей с акцентом на противопожарные свойства (прежде всего, обеспечение нераспространения топливно-воздушных смесей по всему «свободному» объёму защищаемого объекта). Вариант работы предлагаемого изобретения для стационарных объектов приведен ниже (рис. 6).

Цифрами на рисунке 6 обозначены: 1 – очаг возгорания; 2 – опасные факторы пожара; 3 – распыление огнетушащих агентов; 4 – противопожарные подушки в раскрытом положении.

В варианте работы на подвижных и неподвижных объектах защиты (против обычных и специальных боеприпасов) добавляется свойство останавливать (задерживать) первичные и вторичные поражающие элементы (рис. 7).

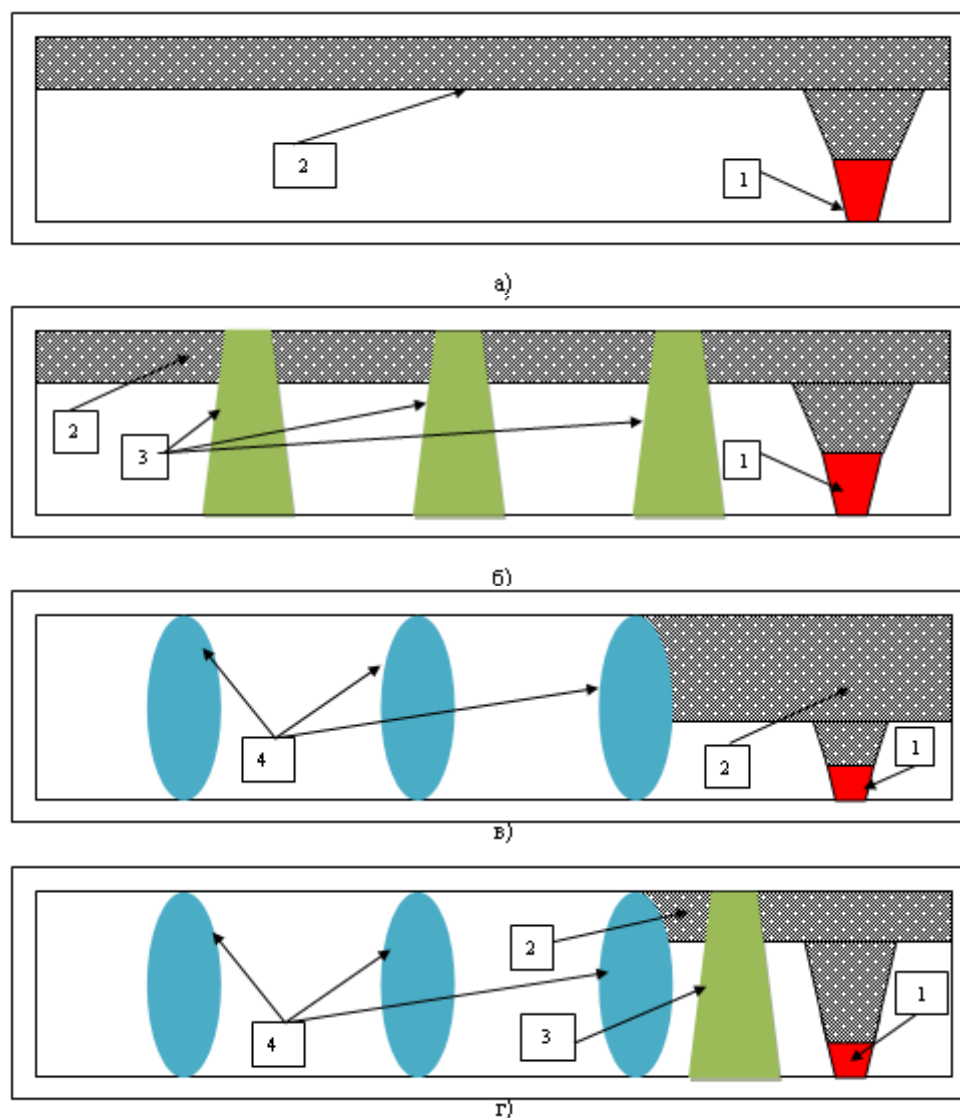


Рис. 6. Принцип работы предложенного изобретения в помещении (коридоре) здания в различных вариантах работы предложенной системы: а) упрощённая модель распространения опасных факторов пожара в помещении (коридоре) без пожаротушения; б) упрощённая модель распространения опасных факторов пожара в помещении (коридоре) при распылении огнетушащих агентов; в) упрощённая модель распространения опасных факторов пожара в помещении (коридоре) при применении противопожарных подушек; г) упрощённая модель распространения опасных факторов пожара в помещении (коридоре) при совместном применении противопожарных подушек и распыления огнетушащих агентов

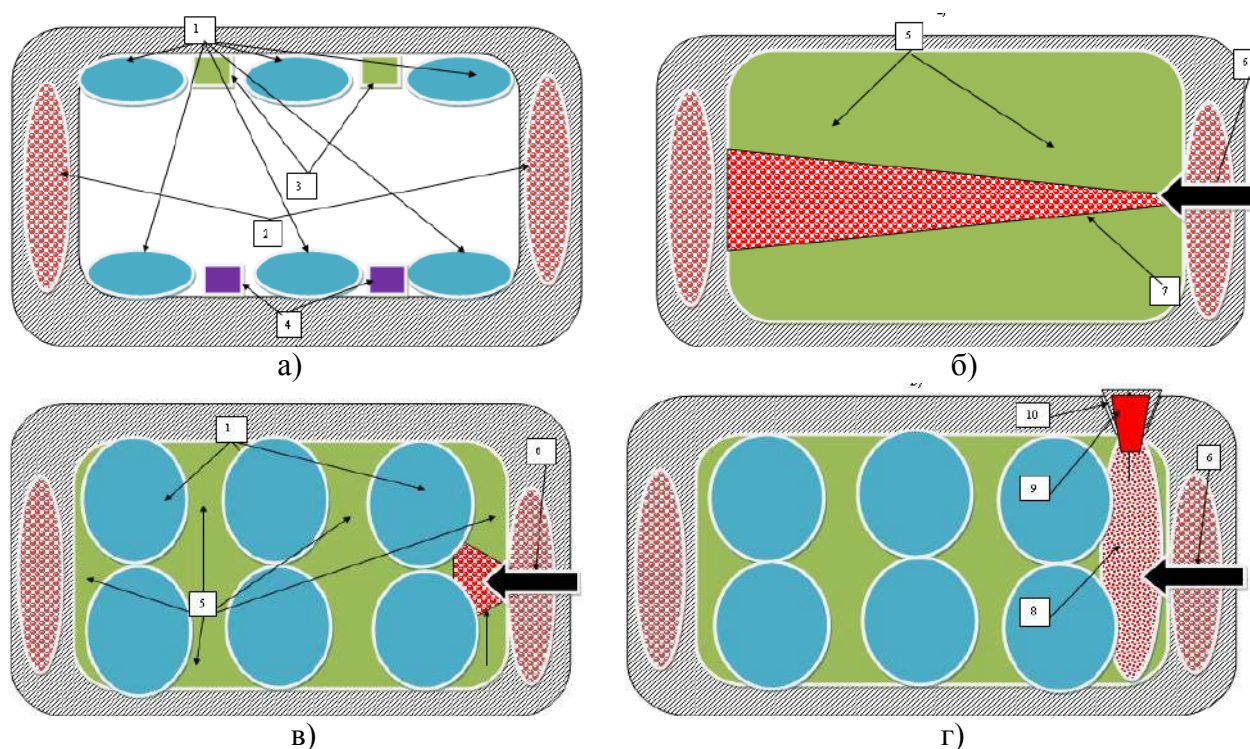


Рис. 7. Принцип работы предложенного изобретения в отсеке транспортного средства: а) исходное состояние системы; б) вариант без применения предлагаемой защиты с помощью противопожарно-противоосколочных подушек, применяется только огнетушащий агент (существующие системы); в) после пробития снарядом и срабатывания подушек с заполнением отсека огнетушащим агентом; г) после пробития снарядом и срабатывания подушек с заполнением отсека огнетушащим агентом в случае достижения параметров между НКПР и ВКПР (в случае неудачи работы систем пожаротушения по подавлению пожара и взрыва), происходит взрыв топливно-воздушной смеси и срабатывают вышибные панели в части отсека, затронутой взрывом

Цифрами на рисунке 7 обозначены: 1 – противопожарно-противоосколочные подушки в сложенном положении; 2 – топливные баки; 3 – контейнеры с огнетушащим агентом и устройство для его подачи; 4 – насосы системы рекуперации огнетушащего агента; 5 – огнетушащий агент заполнил весь свободный объём отсека; 6 – снаряд, пробивший броню и топливный бак; 7 – снаряд, а также топливо и осколки из пробитого бака и обшивки поступают в отсек через пробоину в обшивке в отсек и свободно распространяется в нём (фигура 9 (б)) или до контакта с предложенными противопожарно-противоосколочных подушками (фигура 9 (в)); 8 – взрыв топливно-воздушной смеси; 9 – истекающие наружу продукты взрыва топливно-воздушной смеси; 10 – вышибная панель, срабатывающая от избыточного давления.

### Выводы и перспективы дальнейших исследований

Таким образом, по нашему мнению, предлагаемые нами дополнительные меры, могут существенно улучшить существующие технологии пожаротушения объектов защиты. Мы считаем, что существующие системы пожаротушения поставлены в заведомо проигрышное положение – они, как правило, запускаются после получения объектом существенного ущерба (по факту вспышки, взрыва, задымления и т. д) и поэтому не могут в полной мере реализовать свой защитный потенциал. Для внедрения предложенных технических решений необходимо провести НИОКР, в т.ч. с привлечением медицинских и фармацевтических учреждений.

**Библиографический список**

1. Моторыгин, Ю. Д. Системный анализ моделей описания процессов возникновения и развития пожара : дис. ... д-ра техн. наук : 05.13.01 / Моторыгин Юрий Дмитриевич. – Санкт-Петербург, 2011. – 247 с.

2. Компактный импульсный распылитель противоожогового агента для тушения горячей одежды на человеке и спасения его от ожогов [Электронный ресурс] // Федеральный институт промышленной собственности : сайт. – Электрон. дан. – Москва, 2009–2022. – Режим доступа: [https://www1.fips.ru/registers-doc-view/fips\\_servlet?DB=RUPATAP&m=1503&DocNumber=2021106640&TypeFile=html](https://www1.fips.ru/registers-doc-view/fips_servlet?DB=RUPATAP&m=1503&DocNumber=2021106640&TypeFile=html). – Дата обращения: 08.04.2022. – Загл. с экрана.

3. Об итогах конкурса «Есть идея: от идеи к открытию» : приказ начальника университета № 111-332 от 24.03.2021 г. – Санкт-Петербург : Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России, 2021. – 12 с.

4. Способ превентивного пожаротушения с последующим подавлением условий для воспламенения топливно–воздушной смеси и имеющейся пожарной нагрузки от вторичных источников зажигания [Электронный ресурс] // Федеральный институт промышленной собственности : сайт. – Электрон. дан. – Москва, 2009–2022. – Режим доступа: <https://new.fips.ru/iiss/document.xhtml?faces-redirect=true&id=e43d7e1ae0083ba30c2096ddd5c79061>. – Дата обращения: 08.04.2022. – Загл. с экрана.

5. Атака дронов на нефтяные объекты Саудовской Аравии [Электронный ресурс] // РБК : сайт. – Электрон. дан. – [б. м.]. – Режим доступа: <https://www.rbc.ru/politics/14/09/2019/5d7d05639a79479b16755e08>. – Дата обращения: 08.04.2022. – Загл. с экрана.

6. Саудовская Аравия : атака хуситов парализовала добычу нефти [Электронный ресурс] // PWO.SU : сайт. – Электрон. дан. – [б. м.], 2010–2022. – Режим доступа: [https://pwo.su/30668-saudovskaya-araviya-ataka-h\\_usitov-paralizovala-dobychu-nefti.html](https://pwo.su/30668-saudovskaya-araviya-ataka-h_usitov-paralizovala-dobychu-nefti.html). – Дата обращения: 08.04.2022. – Загл. с экрана.

7. Способ пожаротушения (в том числе, превентивного) и защиты от поражающих факторов обычных боеприпасов подвижных и неподвижных объектов посредством подавления условий для распространения и воспламенения с последующим взрывом топливно–воздушной смеси с помощью применения быстронаполняемых огнетушащим агентом противопожарно–противоосколочных подушек, изготовленных с применением специальных стойких к баллистическим воздействиям огнестойких материалов [Электронный ресурс] // Федеральный институт промышленной собственности : сайт. – Электрон. дан. – Москва, 2009–2022. – Режим доступа: <https://new.fips.ru/iiss/document.xhtml?faces-redirect=true&id=e213286cb4104c7606fe32bf863a45be>. – Дата обращения: 08.04.2022. – Загл. с экрана.

УДК 614.84, 614.89, 614.8.084

**ВОПРОСЫ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ШТАТНОЙ ЭКИПИРОВКИ  
ПОЖАРНО-СПАСАТЕЛЬНЫХ ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ МЧС РОССИИ  
ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ЗАДАЧ ПО ПРЯМОМУ ПРЕДНАЗНАЧЕНИЮ  
В ЗОНАХ ВООРУЖЁННЫХ КОНФЛИКТОВ И МАССОВЫХ БЕСПОРЯДКОВ**

**ISSUES OF IMPROVING THE STANDARD EQUIPMENT OF FIRE AND RESCUE  
UNITS OF THE MINISTRY OF EMERGENCY SITUATIONS OF RUSSIA TO  
PERFORM TASKS FOR THEIR INTENDED PURPOSE IN AREAS OF ARMED  
CONFLICT AND MASS RIOTS**

**Булатов Вячеслав Олегович**

Канд. техн. наук

Доцент

E-mail: 79112231238@ya.ru

ФГБОУ ВО СПб Университет ГПС МЧС  
России**Комаров Максим Ильич**

Канд. экон. наук, доцент

Начальник кафедры

E-mail: mogol.rus@mail.ru

ФГКОУ ВО СПбУ МВД России

**Vyacheslav Bulatov**

Candidate of Technical Sciences

Associate Professor

E-mail: 79112231238@ya.ru

Saint Petersburg University of the State Fire  
Service of the Ministry of Emergency  
Situations of Russia**Maxim Komarov**Candidate of Economic Sciences, Associate  
Professor

Head of Department

E-mail: mogol.rus@mail.ru

St. Petersburg University of the Ministry of  
Internal Affairs of the Russian Federation

*Рассмотрены вопросы пригодности экипировки пожарно-спасательных подразделений для выполнения ими задач по прямому назначению в зонах вооружённых конфликтов и массовых беспорядков. Сделан вывод о необходимости совершенствования экипировки пожарно-спасательных формирований на основе стандартизации и унификации с наработками других силовых структур в области создания средств индивидуальной защиты.*

**Ключевые слова:** гражданская оборона, экипировка пожарно-спасательных подразделений, операции периода военного времени, вооружённые конфликты, массовые беспорядки, средства индивидуальной защиты.

*The questions of the suitability of the equipment of fire and rescue units to perform their tasks for their intended purpose in zones of armed conflict and mass riots are considered. The conclusion is made about the need to improve the equipment of fire and rescue units on the basis of standardization and unification with the best practices of other law enforcement agencies in the field of creating personal protective equipment.*

**Keywords:** civil defense, equipment of fire and rescue units, operations of the wartime period, armed conflicts, mass riots, personal protective equipment.

### Введение

Всю историю человечества, с некоторым упрощением, можно свести к войнам за ресурсы и территории. В то же время, как ещё в 19 столетии высказался Карл фон Клаузевиц «Война есть ничто иное, как продолжение политики, с привлечением иных средств» [1]. XX век, а, особенно век XXI-й показали, что человечество научилось вести войны самыми изощрёнными и бесчеловечными способами. Войны бывают как явные, так и тайные, ведущиеся с помощью разведывательно-диверсионных средств, пропаганды и «пятой колонны» (т.е. предателей). Государство обладает широким спектром инструментов реагирования на различные угрозы, одним из которых в Российской Федерации является «Министерство Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий». Готовность и способность МЧС России парировать «угрозы мирного времени» не вызывает сомнений и многократно проверена на практике, как в самой России, так и за её пределами. Однако авторы статьи, опираясь в т.ч. на свой опыт службы в ВС РФ, уже неоднократно высказывали сомнения по поводу возможности сохранения боеспособности (возможности выполнения задач по своему прямому назначению) аварийно-спасательных подразделений МЧС в условиях огневого воздействия по ним со стороны противника.

Со времён II Мировой войны укоренилась общемировая практика систематического истребления сотрудников пожарно-спасательных и медицинских подразделений (учреждений, в т.ч. гражданских), осуществляющих спасение людей и имущества (материальных ценностей).

Тактика применения бомбардировочной авиации периода Второй мировой войны говорит о том, что страны гитлеровской Оси, а также англичане и американцы широко применяли для бомбёжки городов зажигательные бомбы, а также осколочно-фугасные бомбы с мгновенным или замедленным срабатыванием взрывателя (до нескольких десятков минут) в сочетании с повторными налётами авиации [2; 3]. Кроме задач непосредственного уничтожения промышленного потенциала и мирного населения, преследовались задачи, прежде всего, устрашения и деморализации противника. Наиболее «выдающихся» результатов на этом поприще достигли наши союзники по антигитлеровской и антияпонской коалиции, дважды применившие ядерное оружие и добившиеся в результате бомбардировки создания т.н. «огневого смерча» (сплошных пожаров) в г. Дрезден (рис. 1), приведших к гибели, по разным оценкам, от 25 до 100 тысяч человек и более, а также почти полному уничтожению города [4].



Рис. 1. Фото разрушенный в ходе авианалётов с 13 по 15 февраля 1945 года г. Дрезден [5]

### Изложение основного материала

После окончания ВОВ и Второй Мировой войны, войны на планете практически не утихали. Среди множества прошедших войн и конфликтов можно особенно выделить по количеству жертв и разрушений войны в Корее (1950–1953), во Вьетнаме (1957–1975), в Ираке (1990, с 2003), в Югославии (1999), в Ливии (2011), в Сирии (с 2011), в Йемене (с 2014) и т.д. Все эти войны характеризуются широким применением средств воздушного нападения, баллистических и крылатых ракет, РСЗО и артиллерии для уничтожения мирного населения, зданий и сооружений, объектов инфраструктуры (включая объекты энергетики) и культурного наследия.

Появились новые типы авиационных боеприпасов (например, кассетные бомбы, планирующие бомбы с высокоточными системами наведения и различными типами боевых частей, бетонобойные боеприпасы с боевыми частями типа «ударное ядро») и новые виды средств воздушного нападения (вертолёты, беспилотные летательные аппараты). Используются также и типы боеприпасов, формально запрещённые международными конвенциями (например, зажигательные боеприпасы с белым фосфором которые обеспечивают также и химическое заражение), по жилым кварталам (рис. 2). Широко применяются баллистические и крылатые ракеты, реактивные системы залпового огня, в т.ч. с боевыми частями кассетного и зажигательного типа.

Потери мирного населения в ходе этих войн исчисляются сотнями тысяч и даже миллионами. Всё это происходит под традиционные лозунги борьбы за демократию и права человека. При этом, как и прежде, регулярно совершаются повторные налёты (удары) с расчётом на уничтожение прибывших на место пожарно-спасательных подразделений и сотрудников скорой медицинской помощи.



Рис. 2. Срабатывание кассетного боеприпаса над жилыми кварталами.  
Под сработавшим боеприпасом виден мощный пожар в здании

Применяются также боеприпасы с замедлением времени срабатывания взрывателя и самоликвидаторами на случай отказа основного взрывателя, применяются боеприпасы дистанционного минирования местности и кассетные боеприпасы с боевыми элементами осколочного (рис. 3) и кумулятивно-осколочного типа, применяются также высокоточные самоприцеливающиеся боевые элементы с боевой частью типа «ударное ядро». Боевые элементы кассетных боеприпасов имеют достаточно высокий процент отказов, а их самоликвидаторы срабатывают случайным образом в диапазоне времени от нескольких минут до нескольких суток, что серьёзно осложняет проведение аварийно-спасательных работ.



Рис. 3. Неразорвавшийся осколочный боевой элемент 9N235 «Попрыгунья» (96 осколков массой 4,5 г, 360 осколков массой 0,75 г), широко применяемый Вооруженными силами Украины в кассетных снарядах РСЗО «Смерч» и «Ураган»

Для понимания масштабов происходящего на планете, можно отметить тот факт, что, например, в относительно мирном 2016 году США сбросили 26171 бомб в семи странах мира. Из них 12 192 бомб США сбросили в Сирии, 12 095 в Ираке, 1337 в Афганистане, 496 в Ливии, 34 в Йемене, 12 в Сомали и три в Пакистане. Таким образом, целые страны, в которых были хоть и достаточно жёсткие, но светские политические режимы погружаются в хаос и Средневековье с элементами религиозного экстремизма [5].

Анализ защитных свойств штатной экипировки пожарных и спасательных подразделений показывает, что они обеспечивают защиту, в основном, от поражающих факторов пожара, а именно, от высокой температуры, теплового потока, продуктов горения и недостатка кислорода. Защиту от поражающих факторов современных боеприпасов, прежде всего, таких как осколочное и фугасное действие, экипировка пожарного (спасателя) не обеспечивает [6; 7]. Кроме того, применение средств воздушного нападения и артиллерии по нашим подразделениям может быть заранее (от нескольких минут до нескольких десятков секунд) выявляться средствами ПВО (ПРО) и контрбатареиной борьбы, что, теоретически, может кардинально улучшить шансы на выживание работающих пожарных (спасателей) при их своевременном оповещении. Также своевременно они могут оповещаться о повторных ударах (налётах).

По сути, произошло следующее - средства поражения непрерывно развивались более 75 лет после окончания Второй Мировой войны, а средства защиты сотрудников пожарно-спасательных подразделений и экстренных медицинских служб от поражающих факторов боеприпасов, не развивались, и это общемировая проблема, которая иногда частично решается приспособлением стандартных «армейских» и «полицейских» средств защиты, не всегда совместимых с пожарно-спасательным оборудованием и затрудняющих выполнение поставленных задач (рис. 4).

Одним из веяний времени явились т.н. «цветные революции», когда народ «в праведном гневе» «во имя всего хорошего и против всего плохого», свергает «недемократические режимы», «погрязшие в воровстве и коррупции». Сценарий таких событий и даже листовки, используемые ими лозунги, сделаны под копирку и достаточно хорошо изучены, как впрочем, и последствия этих событий – хаос, грабежи, убийства, утрата достижений цивилизации [8; 9]. Однако, в недавних событиях в Казахской республике (январь 2022 года), проявились некоторые элементы новизны «народного» протеста, а именно, «мирные» протестующие начали систематическое уничтожение машин скорой помощи и пожарной охраны, едущих по

вызовам на ситуации чрезвычайного характера, вызванные, прежде всего, этими самыми протестами. Сотрудники же пожарной охраны и медицинские работники подверглись личным нападениям (рис. 5).



Рис. 4. Врачи во время проведения хирургической операции используют стандартные шлемы и бронежилеты

По нашему мнению, эти события дают нам основания утверждать, что организаторы этой травмы преследовали следующие основные цели:

- 1) Нанесение максимального материального урона государству и обществу;
- 2) Нанесение максимальных потерь в жизни и здоровье мирных граждан;
- 3) Дискредитация политического режима, как неспособного справиться даже с небольшими чрезвычайными ситуациями техногенного характера (обычные пожары, которые локализуются и ликвидируются в нормальных условиях за несколько минут);
- 4) Нанесение потерь в людях и материальной части «срочным» службам с целью недопущения впредь минимизации наносимого ущерба;
- 5) Направление недовольства граждан разрастающимся хаосом, в сочетании с мощной пропагандой, против «бездействующего преступного политического режима».



a)



б)



в)

Рис. 5. Нападения на пожарные машины в январе 2022 в Казахстане  
а), б) сгоревшие автоцистерны типа АЦ-5-40 в) момент нападения на автолестницу  
«мирных» протестующих, снятый на видео и выложенный в социальную сеть

На что способны даже стихийные «мирные» протестующие (без руководящей и направляющей внешней силы), если их вовремя не остановить, нам указывает опыт массовых беспорядков в Лос-Анжелесе в 1992-м году, когда за несколько дней простые уличные бандиты и сочувствующие им граждане сожгли 5500 зданий и сооружений, также, по официальным данным, было убито 53 и ранено 2000 человек [10]. Одной из причин масштабов произошедших пожаров явился, конечно, паралич полиции и других экстренных служб Лос-Анжелеса. Другой причиной масштаба произошедших пожаров, явилось желание мародёров надёжно и быстро скрыть следы своих преступлений (рис. 6).

Изложенное выше, даёт нам основания утверждать, что задача пересмотра экипировки пожарно-спасательных подразделений для выполнения ими задач по прямому предназначению в зонах вооружённых конфликтов и массовых беспорядков, назрела и перезрела. Мы считаем, что без решения этой задачи все вложенные силы и средства, а также подготовленный личный состав будут безвозвратно утеряны, а решение поставленных задач – сорвано.



Рис. 6. «Мирный» протест в Лос-Анжелесе, 1992 год

Как мы уже показывали ранее в своих исследованиях, решение сформулированной задачи видится нам в унификации и стандартизации средств индивидуальной защиты с другими силовыми ведомствами (рис. 7) [11] и с обязательным использованием сотрудниками пожарно-спасательных формирований экзоскелетов [12], разработанных ранее по заказу силовых ведомств (рис. 8).

Следующим логичным шагом становится отработка в мирное время «действий по войне», включая взаимодействие с иными силовыми структурами, и вооружение пожарно-спасательных подразделений средствами, обеспечивающими, с одной стороны, самооборону, от «мирных» протестующих, а с другой стороны, не провоцирующих нападения с целью завладения оружием [13].



Рис. 7. Комплект экипировки для танкистов и экипажей боевых бронированных машин, обладающий повышенной огнестойкостью



Рис. 8. Выставочный образец экзоскелета, обеспечивающий возможность стрельбы из пулемёта одной рукой

#### **Выводы и перспективы дальнейших исследований**

Прогноз участия пожарно-спасательных подразделений в операциях периода военного времени и при массовых беспорядках по их основному назначению показывает, что убыль личного состава формирований от безвозвратных и возвратных потерь будет очень трудно восполнить т.к. подготовка спасателя даже минимального уровня «Спасатель Российской Федерации» «с нуля» занимает 2,5 месяца. Таким образом, выполнение задач пожарно-спасательными подразделениями в зонах вооруженных конфликтов (включая задачи Гражданской обороны), может оказаться под угрозой срыва из-за нарастающего некомплекта личного состава, в связи с мероприятиями противника по его систематическому уничтожению. Следовательно, можно сделать вывод о необходимости обеспечения личного состава пожарно-спасательных формирований МЧС России средствами индивидуальной защиты от поражающих факторов современных боеприпасов для решения задач по их прямому предназначению в зонах вооружённых конфликтов и массовых беспорядков, экзоскелетами и специальными средствами условно-нелетального действия. Также важнейшим элементом подготовки пожарно-спасательных формирований к операциям периода военного времени является отработка взаимодействия пожарно-спасательных формирований с другими силовыми структурами, в частности для своевременного предупреждения о применении противником средств воздушного нападения и артиллерии по районам, в которых они выполняют свои задачи.

#### **Библиографический список**

1. Клаuzeвиц, К. О войне / К. Клаuzeвиц. – Москва : Эксмо, Мидгард, 2007. – 458 с.
2. Дональд, Д. Американские военные самолеты Второй мировой войны / Д. Дональд. – Москва : Астрель, АСТ, 2002. – 255 с.
3. Павелек, М. Люфтваффе 1933-1945 / М. Павелек. – Ростов на Дону : Феникс, 2012. – 189 с.
4. Авиация Великобритании во Второй мировой войне. Бомбардировщики. Ч. 1. // Крылья: авиационный сборник. – 1997. – Вып. 12.
5. Уничтожение Дрездена, 1945 год. [Электронный ресурс] // Topwar.ru : сайт. – Электрон. дан. – [б. м.]. – Режим доступа: <https://topwar.ru/8378-unichtozhenie-drezdena-1945-god.html>. – Загл. с экрана.

6. 2016 году США сбросили более 26 тысяч бомб в семи странах мира. [Электронный ресурс] // Каким будет завтра : сайт. – Электрон. дан. – [б. м.], 2022. – Режим доступа: <https://aftershock.news/?q=node/510600>. – Загл. с экрана.

7. Булатов, В. О. О пригодности экипировки пожарно-спасательных формирований к участию в операциях периода военного времени / В. О. Булатов // Комплексная безопасность и физическая защита : материалы тринадцатой междунар. науч.-практ. конф., Санкт-Петербург, 24–26 октября 2017 г. – Санкт-Петербург, 2017

8. Булатов, В. О. О необходимости внесения изменений в штатную экипировку пожарно-спасательных подразделений МЧС России для выполнения задач по прямому назначению в зонах вооружённых конфликтов / В. О. Булатов, М. И. Комаров // Проблемы управления рисками в техносфере. – 2018. – № 1. – С. 133–141.

9. Кровавый кошмар Казахстана. [Электронный ресурс] // Караван : сайт. – Электрон. дан. – [б. м.], 2022. – Режим доступа: <https://www.caravan.kz/articles/krovavyjji-koshmar-kazahstana-806791/>. – Загл. с экрана.

10. Пожары, разрушения, военные патрули: фото протестов в Казахстане // Sputnik : сайт. – Электрон. дан. – [б. м.]. – Режим доступа: <https://tj.sputniknews.ru/20220107/foto-protesty-kazakhstan-1044640199.html>. – Загл. с экрана.

11. Ад в «Городе ангелов». Как был подавлен американский «Майдан» 1992 года. [Электронный ресурс] // Аргументы и факты : сайт. – Электрон. дан. – [б. м.], 2022. – Режим доступа: [https://aif.ru/society/history/ad\\_v\\_gorode\\_angelov\\_kak\\_byl\\_podavlen\\_amerikanskiy\\_maydan\\_1992\\_goda](https://aif.ru/society/history/ad_v_gorode_angelov_kak_byl_podavlen_amerikanskiy_maydan_1992_goda). – Загл. с экрана.

12. Ратник (экипировка) – подробный обзор [Электронный ресурс] // Форма-одежда : сайт. – Электрон. дан. – [б. м.]. – Режим доступа: <https://forma-odezhda.ru/encyclopedia/ratnik-ekipirovka/>. – Загл. с экрана.

13. В России испытали экзоскелет для стрельбы из пулемета одной рукой // Русское оружие : сайт. – Электрон. дан. – [б. м.], 2022. – Режим доступа: <https://rg.ru/2018/03/25/v-rossii-ispytali-ekzoskelet-dlia-strelby-iz-pulemeta-odnoj-rukoj.html>. – Дата обращения: 08.02.2022. – Загл. с экрана.

14. Булатов, В. О. О необходимости внесения изменений в штатную экипировку пожарно-спасательных подразделений МЧС России для выполнения задач по прямому назначению в зонах вооружённых конфликтов [Электронный ресурс] / В. О. Булатов, М. И. Комаров // Каким будет завтра : сайт. – Электрон. дан. – [б. м.], 2022. – Режим доступа: <https://aftershock.news/?q=node/647792>. – Загл. с экрана.

УДК 614.842.8

**ТЕОРИЯ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПРИ ОРГАНИЗАЦИИ СВЯЗИ  
И ВЕДЕНИИ БОЕВЫХ ДЕЙСТВИЙ ПО ТУШЕНИЮ ПОЖАРОВ****THEORY OF DECISION-MAKING IN THE ORGANIZATION OF  
COMMUNICATION AND COMBAT FIRE EXTINGUISHING ACTIONS****Власов Константин Сергеевич**

Канд. техн. наук

Начальник отдела

*E-mail: vlasov-k@yandex.ru*

ФГБУ ВНИИПО МЧС России

**Данилов Михаил Михайлович**

Канд. техн. наук, доцент

Доцент

*E-mail: mdagps@yandex.ru***Леднев Михаил Сергеевич**

Начальник УНК пожаротушения

*E-mail: lednevms@gmail.com***Максимкин Виталий Александрович**

Заместитель начальника кафедры

*E-mail: maksimkin-vitali@mail.ru*

Академия ГПС МЧС России

**Konstantin Vlasov**

Candidate of Technical Sciences

Head of Department

*E-mail: vlasov-k@yandex.ru*

FGBU VNIPO EMERCOM of Russia

**Mikhail Danilov**

Candidate of Technical Sciences, Associate

Professor

Associate Professor

*E-mail: mdagps@yandex.ru***Mikhail Lednev**

Head of Department

*E-mail: lednevms@gmail.com***Vitaly Maksimkin**

Deputy Head of Department

*E-mail: maksimkin-vitali@mail.ru*Academy of the State Fire Service of the  
Ministry of Emergency Situations of Russia

*Как показывает анализ, практика реагирования на пожары является необходимым условием выбора своевременной стратегии тушения пожара и передачи информации. Каждому руководителю тушения пожара приходится на практике решать задачи различной трудности, выполняемые одновременно. В статье рассмотрена схема принятия решений и организация связи при пожаротушении.*

**Ключевые слова:** *принятие решений, тушение пожара, передача информации, виды связи, схема пожарной обстановки.*

*As the analysis shows, the practice of fire response is a necessary condition for choosing a timely strategy for extinguishing a fire and transmitting information. Each fire extinguishing leader has to practically solve tasks of varying difficulty, performed simultaneously. The article considers the decision-making scheme and the organization of communication during firefighting.*

**Keywords:** *decision-making, fire extinguishing, information transfer, types of communication, fire situation diagram.*

**Введение**

Проблема принятия решений составляет суть любой целенаправленной человеческой деятельности. Существуют различные подходы, решения проблем, в том числе, позволяющие

с большим или меньшим успехом решать эти задачи в разных областях человеческой деятельности [1]. Сегодня мы можем наблюдать постоянное усложнение разрабатываемых, управляемых и контролируемых человеком различных видов систем: экономических, технических, социальных и т. д. [2, с. 54]. Исследование операций является одним из главных истоков системного анализа. Базовые концепции анализа различных систем являются следствием идей теории исследования операций, а ее подходы являются сейчас одной из базовых глав системного анализа [3]. Вместе с тем, принятие решений, несмотря на ее многообразие возможных условий и ситуаций, и которых осуществляется выбор, носит достаточно универсальный характер.

Рассмотрим схему принятия решений (рис. 1.):

1. Анализ ситуации, формирование и выбор варианта принятого решения;
2. Постановка проблемы, организация выполнения решений;
3. Принятие решения;
4. Контроль выполнения решений;
5. Обратная связь и коррекция решения.

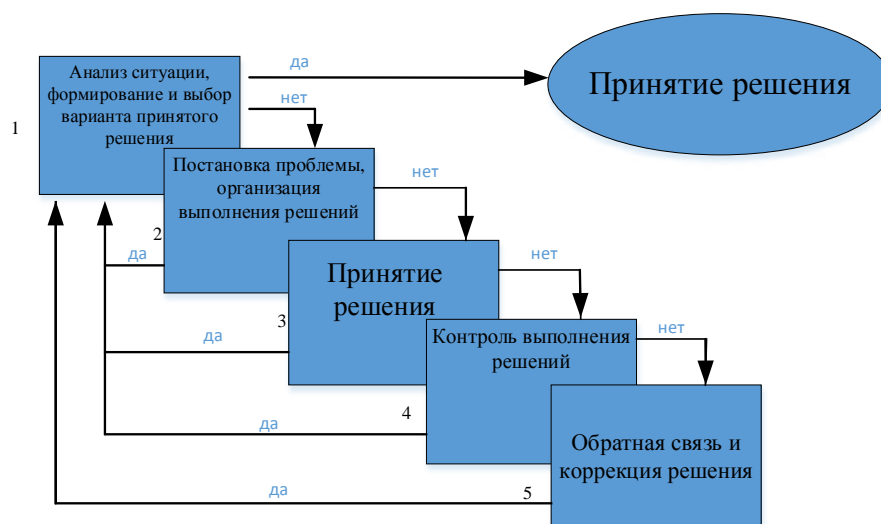


Рис. 1. Схема принятия решений

Данная схема показывает, что технология принятия решений включает методы и процедуры анализа ситуации, формулирования проблем, организация выполнения принятия решения и контроль исполнения.

Возможны следующие уровни процесса принятия решений:

- Индивидуальный (решение руководителя тушения пожара (РТП));
- Групповой (решение штаба тушения пожара).

На индивидуальном уровне РТП является лицом, принимающим решение, и он организует все процессы принятия решений.

На групповом уровне процесс принятия решений осуществляется группой лиц, взаимодействующих друг с другом, по установленным правилам.

Основная идея поддержки принятия решения заключается в следующем:

Руководитель тушения пожара, лицо на которое возложена ответственность за исход решения, нуждается в информационной помощи. Поддержка принятия решения оказывается ему в соответствии с его потребностью, т.е. инициатива на запрос помощи исходит от РТП. Таким образом исходя из многообразия возможных условий и ситуаций на месте пожара, условия выбора носят достаточно универсальный характер, при этом основанный на опыте руководителя тушения пожара при взаимодействии в системе решения основной задачи на месте пожара.

### Изложение основного материала

Взаимодействие подразделения с РТП представляет собой совокупность сложных изменений и перемещений качественных составляющих его материальных субстанций: массы, энергии и информации. Взаимодействие этих трех составляющих не позволяет приписывать определяющую роль одной из них. Более того, пренебрежение ролью одной из них, приводит к результатам, противоречащим конечной цели локализация и ликвидация пожара в кратчайшие сроки, с минимальными затратами и ущербом.

Вместе с тем обобщенные подходы, к принятию решений приводят к математическим трудностям при создании таких моделей принятия решений. Успехов при моделировании сложной иерархической системы принятия решений следует ожидать при использовании такого понятия, как эффективность выбора решения. Основной структурой этих систем является иерархическая структура [4].

Как показывает анализ, практика реагирования подразделений пожарной охраны на пожары и их рациональное использование является необходимым условием выбора своевременной стратегии передачи информации [5–8].

Во время проведения работ, связанных с тушением пожара, РТП оценивает ситуацию и связанные с ней решаемые задачи, причем итог решения зависит от адекватности всей ситуации в целом и условий ведения боевых действий, компетентности должностных лиц на пожаре, при анализе управляющего (опорного) действия. Так, в связи с непредсказуемым развитием событий на пожаре, наиболее актуальным является применение информационной безопасности для личного состава сосредоточенных сил и средств при операциях пожаротушения. Применение информационной безопасности, является целесообразным в использовании моделей и алгоритмов передачи информации в непрерывном режиме.

В случае возникновения ЧС природного или техногенного характера, большое значение играет готовность к оперативному реагированию региональных структур по передаче информации. Таким образом, оперативной группой пожаротушения в настоящее время и в ближайшей перспективе в условиях ведения боевых действий могут быть использованы робототехнические комплексы с возможностью постоянной и непрерывной передачи информации и вычислением оценки эффективности переданной информации.

Рассмотрим управленческое решение с использованием моделирования схемы (рис. 1). РТП и нештатные, осуществляющие управленческое решение в любой оперативной обстановке. Должностные лица штаба пожаротушения, выполняющие задачи по предназначению, должны отвечать следующим требованиям: находиться в готовности, иметь норму штатного обеспечения, иметь специалистов по направлению тушения пожаров, обладать уровнем тактической выучки и морально-психологической подготовкой, способностью анализа пожарной обстановки (рис. 2) и вариантов решений при тушении пожара (рис. 3) [8].



Рис. 2. Управленческое решение с использованием модели системы передачи информации



Рис. 3. Схема пожарной обстановки

При анализе принятых опорных решений и альтернатив, управляющих действиями, в том числе по решению тактической задачи расстановки средств связи на месте пожара, нельзя переоценить значение связи организуемой на месте пожара. Связь предназначается для управления силами и средствами, обеспечения их взаимодействия и обмена своевременной информацией с места пожара в соответствии со складывающейся оперативной обстановкой.

Как показывает проведенный комплексный анализ, практика реагирования подразделений пожарной охраны на пожары и их рациональное использование является необходимым условием выбора своевременной стратегии передачи информации.

### Выводы и перспективы дальнейших исследований

Смоделируем основные виды оперативной связи на пожаре (рис. 4). Эффективность функционирования, являющаяся показателем качества, может быть оценена средним состоянием сети в данный момент времени и определяться как математическое ожидание случайной величины вероятности отношения чистого времени переговоров к общему времени доставки информации.

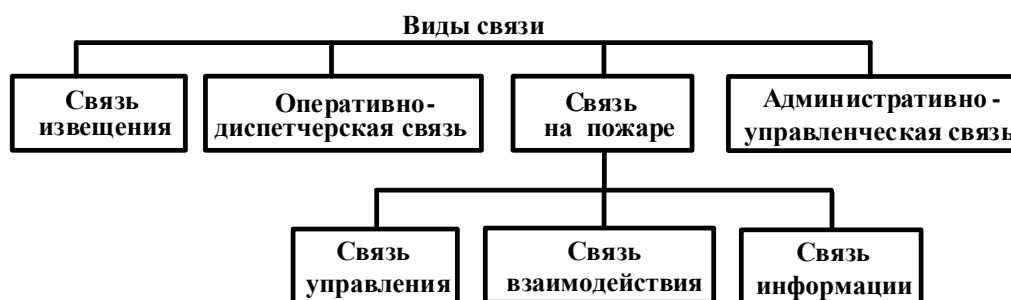


Рис. 4. Виды связи по назначению

Итак, представим виды связи по назначению на следующие:

- *связь извещения* – для приема сообщений;
- *оперативно-диспетчерская связь* – для передачи распоряжений;
- *связь на пожаре* – для управления силами и средствами;
- *административно-управленческая связь* – неоперативного характера;
- *связь управления* – между должностными лицами на пожаре;

– *связь взаимодействия* – между участками тушения пожара;

– *связь информации* – между оперативным штабом пожаротушения и органами повседневного управления.

Моделирование основных видов связи определяет направление оперативной связи на пожаре, для ее более детального анализа. Эффективность функционирования, являющаяся показателем качества, может быть оценена средним состоянием сети в данный момент времени и определяться как математическое ожидание случайной величины вероятности отношения чистого времени переговоров к общему времени доставки информации. Для связи управления должны применяться все виды связи пожарно-спасательного гарнизона пожарной охраны, включая системы передачи данных, которые могут быть использованы в данной обстановке в случае ведения боевых действий подразделениями пожарной охраны по организации тушения пожаров и проведения аварийно-спасательных работ.

Теория принятия решений при организации связи и ведении боевых действий по тушению пожаров лежит в области моделирования основных видов оперативной связи на пожаре. Эффективность функционирования оперативной связи является показателем качества, может быть оценена средним состоянием сети в данный момент времени и определяться как математическое ожидание случайной величины вероятности отношения чистого времени переговоров к общему времени доставки информации. Как показывает проведенный комплексный анализ, практика реагирования подразделений пожарной охраны на пожары и их рациональное использование является необходимым условием выбора своевременной стратегии передачи информации.

#### **Библиографический список.**

1. Теория систем и системный анализ в управлении организациями: Справочник : учеб. пособие ; под ред. В. Н. Волковой, А. А. Емельянова. – Москва : Финансы и статистика, 2006. – 848 с.

2. Звягин, Л. С. Анализ теоретических аспектов управления сложными системами / Л. С. Звягин // Экономика и управление : проблемы, решения. – 2020. – № 6. – С. 53–62.

3. Аристанбаева, Д. И. Проблема многокритериального выбора и принятия решений в современном анализе / Д. И. Аристанбаева // Международная конференция по мягким вычислениям и измерениям. – 2017. – Т. 3. – С. 208–211.

4. Козлов, А. В. Субсидиарные системы как эволюция сложных систем / А. В. Козлов // ИТНОУ: Информационные технологии в науке, образовании и управлении. – 2019. – № 3(13). – С. 59–66.

5. Чебуханов, М. А. Обстановка с пожарами в Российской Федерации в 2020 году / М. А. Чебуханов, Т. А. Чечетина, В. С. Гончаренко [и др.] // Пожарная безопасность. – 2021. – № 1(102). – С. 81–98.

6. Порошин, А. А. Анализ чрезвычайных ситуаций в Российской Федерации за 2020 год / А. А. Порошин, А. Г. Фирсов, В. В. Зубань [и др.] // Пожарная безопасность. – 2021. – № 1(102). – С. 99–102.

7. Пожары и пожарная безопасность в 2021 году : статист. сб. – Балашиха : ФГБУ ВНИИПО МЧС России, 2022. – 114 с.

8. Об утверждении Боевого устава подразделений пожарной охраны, определяющего порядок организации тушения пожаров и проведения аварийно-спасательных работ [Электронные данные] : приказ МЧС России № 444 от 16.10.2017 г. // ГАРАНТ : сайт. – Электрон. дан. – Москва, 2022. – Режим доступа: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/71746130>. – Дата обращения: 17.09.2022. – Загл с экрана.

## АНАЛИЗ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ НА ТЕПЛОВЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЯХ

### ANALYSIS OF EMERGENCY SITUATIONS AT THERMAL POWER PLANTS

**Гаффанова Ангелина Рамисовна**  
Студент  
E-mail: [angelinagaffanova@mail.ru](mailto:angelinagaffanova@mail.ru)

Казанский государственный  
энергетический университет

*Рассмотрен анализ чрезвычайных ситуаций в главных корпусах ТЭС, их причины и последствия. На примере ТЭС проанализированы возможные причины пожаров и ход возникновения аварийных ситуаций.*

**Ключевые слова:** авария, пожар, электростанция, электроэнергия, тепловая электростанция.

**Angelina Gaffanova**  
Student  
E-mail: [angelinagaffanova@mail.ru](mailto:angelinagaffanova@mail.ru)

Kazan State Power Engineering University

*The analysis of emergency situations in the main buildings of thermal power plants, their causes and consequences is considered. On the example of TPP, the possible causes of fires and the course of emergency situations are analyzed.*

**Keywords:** accident, fire, power plant, electricity, thermal power plant.

#### Введение

Тепловая электростанция (ТЭС) считается одной из нескольких основных видов генерации электроэнергии. В общем объеме установленных мощностей ее доля составляет 70 %.

Проблема борьбы с пожарной безопасностью на ЭС очень актуальна на сегодняшний день. На ТЭС энергоблоки размещаются в одном здании в качестве удобства (полиблочное компоновочное решение). С точки зрения пожарной безопасности данное решение имеет негативную сторону – в случае аварии риск распространения пожара повышается, что в конечном итоге может привести к поломке оборудования и выходу из строя нескольких агрегатов ТЭС.

#### Изложение основного материала

Категория помещений по взрывопожарной и пожарной опасности корпуса ТЭС относятся к зданиям 1-2-й степени огнестойкости (СП 12.13130.2009 Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности) [1]. Главный корпус – это здание, в котором размещено основное оборудование ТЭС (газовая турбина с воздушным компрессором, электрический генератор газовой турбины, котел-утилизатор, паровая турбина, главный трансформатор), которое обеспечивает выработку электрической и тепловой энергии, вспомогательное оборудование (различные установки для нормальной работы ТЭС – теплообменники, системы удаления шлаков, насосы, конденсаторы и т.д.), а также служебные помещения. На рис.1 показана структурная схема главного корпуса ТЭС.

За последние 20 лет парогазовые станции (ПГУ) получили активное развитие благодаря своему высокому КПД (до 60 %) и низкими выбросами NO<sub>2</sub> и CO, но пока на данный момент в производстве на ТЭС паросиловые станции имеют больше преимуществ [2].

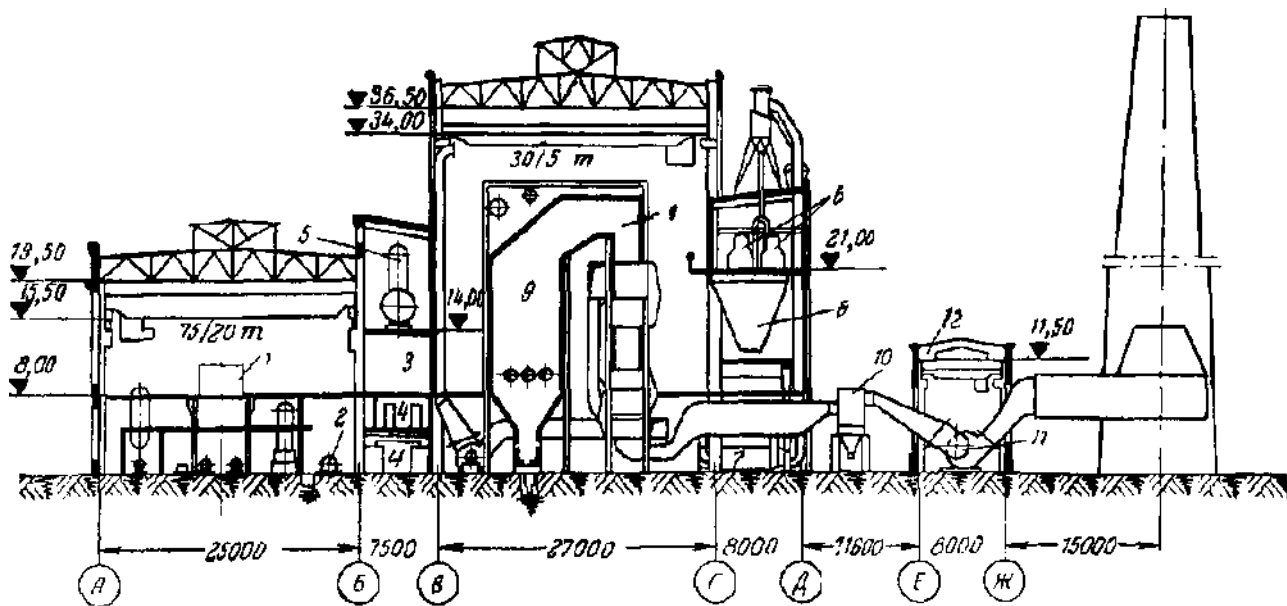


Рис. 1. Схема главного корпуса ТЭС

В состав современной паросиловой ТЭС входят следующие объекты:

- производственного назначения;
- подсобно-производственного назначения;
- вспомогательно-бытового назначения.

Все объекты соединены между собой инженерными и транспортными коммуникациями.

Во многих отечественных и зарубежных ТЭС все энергоблоки размещаются в одном здании – в главном корпусе. Такой вид размещения называется полиблочная компоновка. Такую компоновку имеют Конаковская ГРЭС (8х300 МВт), Заинская ГРЭС (12х200 МВт), ТЭС Shoaiba в Саудовской Аравии (5х400 МВт) и т.д. На рис. 2 показаны виды на главный корпус со стороны машинного отделения Заинской ГРЭС (а) и машинный зал внутри Заинской ГРЭС (б) [2].



а)



б)

Рис. 2. Вид на главный корпус со стороны машинного отделения Заинской ГРЭС (а), вид на машинный зал внутри Заинской ГРЭС (б)

Преимущества такого размещения в главном корпусе в сравнении с моноблочным являются:

- сокращается удельный расход строительных конструкций и материалов;

- уменьшается размер промышленной площадки, на которой располагается станция;
- снижаются затраты на техническое обслуживание и повышение надежности оборудования;
- снижается объем работы в целом по благоустройству территории.

Но также есть и недостатки, которые являются причинами повышенной опасности распространения пожара при некоторых авариях, которые в результате этого из строя может выйти несколько агрегатов ТЭС. Устройство противопожарных перегородок между энергоблоками в главном корпусе невозможно, поэтому пожар может распространиться и на соседние энергоблоки, в результате чего вывести все электрооборудование из строя [2].

За последние 5 лет на электростанциях произошло около 8 крупных аварий с выходом из строя нескольких энергоблоков [3]. Последовательность событий отображена в таблице.

Таблица

Крупные аварии на электростанциях за последние 5 лет

Дата аварии	Наименование электростанции
2 марта 2016 г.	Охинская ТЭЦ
26 января 2017 г.	Пензенская ТЭЦ-1
1 октября 2017 г.	Якутская ГРЭС-1
3 февраля 2018 г.	Первомайская ТЭЦ-14
3 марта 2018 г.	Смоленская ТЭЦ-2
13 января 2020 г.	Хабаровская ТЭЦ-1
11 декабря 2020 г.	Липецкая ТЭЦ-2
23 декабря 2021 г.	Улан-Удэнская ТЭЦ-1

23 декабря 2021 г. произошла авария на Улан-Удэнской ТЭЦ-1 в результате короткого замыкания в подвальном помещении турбинного цеха, возникло возгорание в кабельном отсеке, перебой в подаче горючего и мазута в блоке ТЭЦ, в последствии чего отключились 6, 7, 8, 9 котлы и 6, 7 турбогенераторы. В связи с этим прекратилась подача тепла и горячей воды в 70% жилых домов и квартир. Ликвидация аварии прошла успешно, службы МЧС, инженеры и работники ТЭЦ-1 устранили последствия чрезвычайного происшествия [4].

По статистике 90 % крупных аварий вызваны отказами в работе оборудования и сопровождаются пожаром, остальные 10 % – следствие повреждение строительных конструкций. На рис. 3 показаны основные места возникновения пожара на ТЭС.

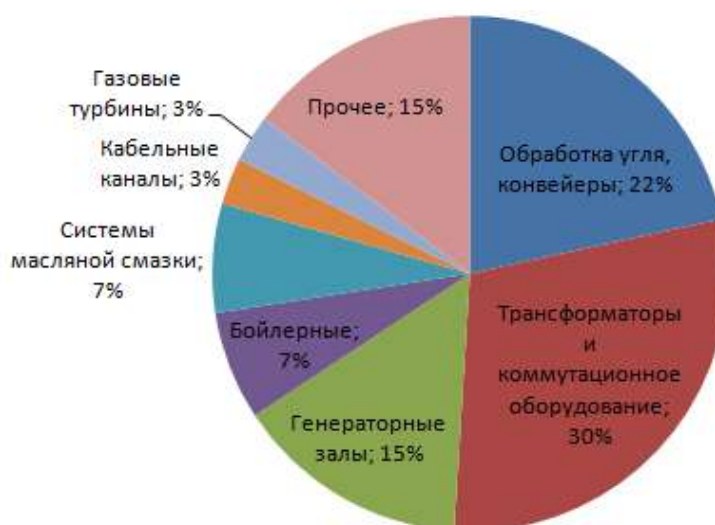


Рис. 3. Распространенные места возникновения пожаров на ТЭС

Основные причины крупных аварий в главных корпусах ТЭС:

- ошибки эксплуатационного персонала;
- ошибки проектирования и монтажа строительных конструкций и сооружений;
- некачественный ремонт основного и вспомогательного оборудования;
- ошибки ОДУ;
- внешние факторы.

На первоначальном этапе проектирования пожарной защиты на ТЭС важно рассмотреть возможности:

- подача сигнала управления системой пожаротушения;
- оперативное фиксирование состояние системы на щитах управления ЭС;
- прием сигнала от ручных извещателей на территории и в помещениях ТЭС;
- обучение всего персонала управлению эвакуацией людей при пожаре.

Важно учитывать, что пожарную безопасность должны осуществлять высококвалифицированные специалисты, которые должны иметь все навыки и умения, а также понимать все особенности работы в энергетике [5].

Также можно рассмотреть территориальную межсистемную связь. Это поможет оценить как отдельную техническую систему, либо как внесистемную связь. Наиболее оптимизированным вариантом повышения надежности является уменьшение числа внесистемных связей путем сокращения технических систем, размещаемых в главном корпусе до установленного неравенства:

$$K \leq U,$$

где  $K$  – увеличение капиталовложений за счет строительства энергоблоков в различных главных корпусах, млн р.;

$U$  – ущерб от возможных аварий, которые могут возникнуть в процессе эксплуатации, млн р.

Данный способ позволит уменьшить степень концентрации однотипных производственных линий, который в свою очередь может содействовать повышению безопасности при эксплуатации.

### **Выводы**

Таким образом, повышение надежности и сокращение удельных капиталовложений в строительство новых ТЭС привела к повышению КПД и мощности энергоблоков. Конечно, вместе с этим усложнились производственно-технические системы и увеличились риски аварий, однако на сегодняшний день самым оптимальным решением данной проблемы является оптимизация компоновочных решений главных корпусов.

### **Библиографический список**

1. СП 12.13130.2009 Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности [Электронный ресурс] : Приказ МЧС России № 182 от 25 марта 2009 г. // МЧС России : сайт. – Электрон. дан. – Москва, 1997–2021. – Режим доступа: <https://www.mchs.gov.ru/dokumenty/svody-pravil/673>. – Дата обращения: 25.03.2022. – Загл. с экрана.
2. Белов, В. В. Крупные аварии на ТЭС и их влияние на компоновочные решения главных корпусов / В. В. Белов, Б. К. Пергаменщик // Вестник Московского государственного строительного университета. – 2013. – № 4. – С. 61–69.
3. Хронология аварий на ТЭЦ и котельных, приведших к крупным перебоям теплоснабжения [Электронный ресурс] // ТАСС : сайт. – Электрон. дан. – [б. м.]. – Режим доступа: <https://tass.ru/info/13285341>. – Дата обращения: 25.03.2022. – Загл. с экрана.

4. В связи с аварией на ТЭЦ-1 в столице Бурятии объявлен режим ЧС [Электронный ресурс] // ВЕСТИ Бурятия : сайт. – Электрон. дан. – [б. м.]. – Режим доступа: <https://bgtrk.ru/news/society/211310>. – Дата обращения: 25.03.2022. – Загл. с экрана.

5. Кудашкин, А. В. Пожарная безопасность на объектах энергетики / А. В. Кудашкин // Новая наука : проблемы и перспективы. – 2016. – № 7–1 (91). – С. 15–18.

УДК 614.84

## АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ЭВАКУАЦИИ ЛЮДЕЙ И ПОДАВЛЕНИЯ ОГНЯ НА ВЗЛЕТНЫХ ПОЛОСАХ

### ACTUAL ISSUES OF IMPROVEMENT OF TECHNICAL MEANS OF EVACUATION OF PEOPLE AND SUPPRESSION OF FIRE ON RUNWAYS

**Головенко Владислав Романович**

Адъюнкт

E-mail: [golovenko.vlad@mail.ru](mailto:golovenko.vlad@mail.ru)

ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский университет Государственной противопожарной службы МЧС России»

*Брянский автозавод создал пожарный автомобиль для целей аэродромного пожаротушения, он был представлен на ежегодной выставке «Комплексная безопасность» в 2021 году. Цель статьи: определить, отвечает ли автомобиль требованиям ICAO. Задачи статьи: провести обзор нового автомобиля и сравнить его заявленные технические характеристики с требуемыми, что с практической стороны может послужить для улучшения данного автомобиля.*

**Ключевые слова:** пожарный автомобиль, аэродром, аэропорт, технические характеристики, пожаротушение.

**Vladislav Golovenko**

Adjunct

E-mail: [golovenko.vlad@mail.ru](mailto:golovenko.vlad@mail.ru)

Saint Petersburg State University State Fire Service of EMERCOM of Russia

*Bryansk Automobile Plant has created a fire truck for the purposes of airfield firefighting, it was presented at the annual exhibition “Integrated Safety” in 2021. The purpose of the article: to determine whether the car meets the requirements of the ICAO. Objectives of the article: to review a new car and compare its declared technical characteristics with the required ones, which from the practical side can serve to improve this car.*

**Keywords:** fire truck, airfield, airport, technical specifications, firefighting.

#### Введение

Аэродромный пожарный автомобиль (АА) производства Брянского автозавода (БАЗ) является основным пожарным автомобилем (ПА) целевого применения (рис. 1), S-класса (тяжелые с полной массой свыше 14000 кг), 2 категории по проходимости (полноприводные для передвижения по дорогам всех типов и пересеченной местности (повышенной проходимости)), по компоновочной схеме кабина находится перед двигателем (передняя кабина) [1; 2; 3].

Это уже второй прототип АА БАЗ. Стоит он на шасси БАЗ-8080 с колесной формулой бхб, создан для быстрого прибытия на место авиа-крушения, тушения пожаров и проведения аварийно-спасательных работ (АСР) на воздушных судах (ВС), а также наземных объектах. ПА оснащён турбированным дизельным двигателем мощностью 700 л. с., который установлен за кабиной, и автоматической гидромеханической коробкой передач.

Более раннюю модель данного автомобиля представили в 2020-м, на нём была установлена кабина китайского производства (кроме брянских инженеров, эту кабину также эксплуатировали на своей технике МЗКТ и КраЗ) (рис. 2).

Рассматриваемая же в статье модель 2021 года укомплектован современной каркасно-панельной кабиной оригинальной конструкции отечественного производства. Она имеет

каркас, сваренный из стали, и облицовку панелями из стеклопластика. Её производителем является Челябинское предприятие Урал-Полимер – оно же, к слову, разрабатывало дизайн автобусов КАВЗ и некоторых трамваев, также выполнила локализацию передней маски электрички «Ласточка».



Рис. 1. Аэродромный ПА БАЗ на выставке «Комплексная безопасность – 2021»

Пожарными автомобилями БАЗ занялся в рамках программы конверсии, то есть использования оборонных технологий для гражданских служб. Старт этому процессу был дан при переходе компании в состав военно-промышленного концерна «Алмаз-Антей». Основной же профиль компании – это изготовление шасси для ракетовозов.



Рис. 2. Первый вариант аэродромного ПА БАЗ с китайской кабиной

Разработчики отмечают, что внутри кабины прототипа 2021 года очень просторно, а для удобства работы по назначению сделана широкая зона остекления, что даёт отличную обзорность.

### Изложение основного материала

В кабине установлено 4 кресла в 2 ряда – спереди будет производиться посадка водителя и начальника караула, а сзади двоих пожарных. Во всех спинках сидений, кроме водительского, устроены пространства для установки туда средств индивидуальной защиты органов дыхания (СИЗОД), которые спасатели могут надеть, а также включиться в аппарат во время движения автомобиля, что минимизирует временные затраты [4].

При создании ПА разработчики старались использовать только отечественные комплектующие. Такую задачу они перед собой поставили в целях сокращения времени их доставки для нужд ремонта и обслуживания. Из практики использования иностранной техники в России можно отметить частые долговременные простои техники вследствие ожидания доставки деталей и расходных материалов. Полностью соблюсти задачу импортозамещения всё же не удалось [5].

Для того, чтобы удовлетворить достаточно жесткие требования ИСАО к динамическим характеристикам аэродромной пожарной техники, в качестве силового агрегата в АА был установлен промышленный дизель Volvo Penta мощностью 700 л. с. – среди двигателей отечественного производства, отвечающего необходимым характеристикам, не нашлось. Аналогичная ситуация с трансмиссией: аналогов примененной в автомобиле установке американской фирмы Twin Disk, позволяющей одновременно передвигаться на любых скоростях и приводить в действие водяные стволы, в России не производят [6].

Такая сборка позволила достичь хорошей динамики: до 80 км/ч АА гарантированно ускоряется быстрее 35 секунд, а его максимальная скорость – 115 км/ч.

Все агрегаты, системы и оборудование установлены таким образом, чтобы минимизировать высоту центра тяжести ПА, это позволит быстро прибыть к месту чрезвычайной ситуации (ЧС).

Всё ПТВ на БАЗе российского производства. Пожарная надстройка на автомобиль создана Варгашиным заводом (рис. 3).



Рис. 3. Пожарная надстройка от Варгашинского завода

Полная масса АА БАЗ достигает 33,5 тонны. В ПА установлены ёмкости для 11 тысяч литров воды, 1,5 тысячи литров пенообразователя, а также 80 литров углекислотного компонента.

На машине установлен насос НЦПН-70/100, производительность которого 70 л/с (рис. 4).



Рис. 4. Установлен насос от завода Пожгидравлика

Производительность лафетного ствола от компании Коруфайер, установленного на крыше АА, равна 4200 л/мин и подача ОТВ возможна на 70 метров. Производительность ствола на переднем бампере – 1200 литров с возможностью подачи на расстояние до 50 метров (рис. 5).

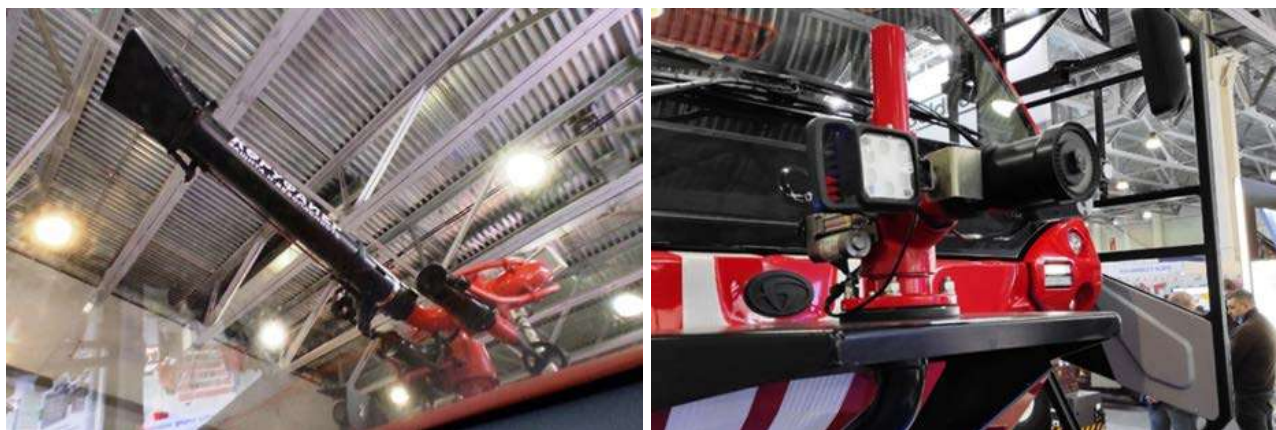


Рис. 5. Лафетные стволы на крыше и бампере, установленные на ПА

В основе конструкции – крепкая рама собственного производства. Привод полный. Подвеска колес на автомобиле независимая – в качестве упругих элементов в ней выступают не торсионы, а пружины. Разработчики отмечают, что такое устройство гарантирует наилучшую грузоподъемность (рис. 6).

Несомненно, одним из главных преимуществ данного АА станет экономическая составляющая. Стоимость автомобиля разработчики пока не раскрывают, но уже отметили, что она будет гарантированно ниже, чем у импортных аналогов [6].

По классификации ИСАО автомобиль относится к «Транспортным средствам RFF вместимостью более 4500 л». Ниже приведена таблица 5-1 из документа ИСАО (табл. 1).



Рис. 6. Комплекс ГПС-600, установленный на заднем бампере ПА

Таблица 1

Предлагаемые минимальные характеристики транспортных средств RFF

	Транспортные средства RFF вместимостью до 4500 л	Транспортные средства RFF вместимостью более 4500 л
Гидромонитор	Наличие необязательно для категорий 1 и 2 Наличие необходимо для категорий 3–9	Наличие необходимо
Конструктивная особенность	Способность обеспечивать подачу с высокой интенсивностью	Способность обеспечивать подачу с высокой и низкой интенсивностью
Диапазон	Соответствует самолету с наиболее длинным фюзеляжем	Соответствует самолету с наиболее длинным фюзеляжем
Ручные шланги	Наличие необходимо	Наличие необходимо
Брандспойты под днищем	Наличие не обязательно	Наличие необходимо
Ускорение	80 км/ч за 25 с при нормальной рабочей температуре	80 км/ч за 40 с при нормальной рабочей температуре
Максимальная скорость	По крайней мере 105 км/ч	По крайней мере 100 км/ч
Возможность использовать все колеса в качестве ведущих	Наличие необходимо	Наличие необходимо
Автоматическая или полуавтоматическая передача	Наличие необходимо	Наличие необходимо
Конфигурация с одиночными задними колесами	Предпочтительна для категорий 1 и 2 Необходима для категорий 3–9	Наличие необходимо
Минимальный угол подъезда и отъезда	30°	30°
Минимальный угол наклона (в неподвижном состоянии)	30°	28°

Для анализа необходимо привести таблицу сравнения ТТХ (тактико-технических характеристик) АА БАЗ с той категории, к которой он относится (табл. 2).

Таблица 2

Сравнение характеристик АА БАЗ с требуемыми характеристиками

	Транспортные средства RFF вместимостью более 4500 л	АА БАЗ
Гидромонитор	Наличие необходимо	В наличии
Конструктивная особенность	Способность обеспечивать подачу с высокой и низкой интенсивностью	Такая способность существует
Диапазон	Соответствует самолету с наиболее длинным фюзеляжем	Согласно категории аэропорта
Ручные шланги	Наличие необходимо	Есть
Брандспойты под днищем	Наличие необходимо	Установки ГПС-600 на заднем бампере
Ускорение	80 км/ч за 40 с при нормальной рабочей температуре	80 км/ч быстрее 35 секунд
Максимальная скорость	По крайней мере 100 км/ч	максимальная скорость составляет 115 км/ч.
Возможность использовать все колеса в качестве ведущих	Наличие необходимо	Полный привод
Автоматическая или полуавтоматическая передача	Наличие необходимо	Автоматическая гидромеханическая коробка передач
Конфигурация с одиночными задними колесами	Наличие необходимо	Есть
Минимальный угол подъезда и отъезда	30°	Пока не известно
Минимальный угол наклона (в неподвижном состоянии)	28°	Пока не известно

### Выводы и перспективы дальнейших исследований

На основе всего вышеописанного, можно уже практически точно сделать вывод, что данный АА по всем своим параметрам будет отвечать всем требованиям международной организации гражданской авиации, совершенствовать пожарную технику в данном направлении необходимо, от этого напрямую зависят жизни пассажиров ВС и посетителей аэропортов [7].

### Библиографический список

1. Красный мамонт : знакомимся с пожарным аэродромником БАЗ на выставке NAIS [Электронный ресурс] // Авторевю : сайт. – Электрон. дан. – [б. м.], 1990–2022. – Режим доступа: <https://autoreview.ru/articles/gruzoviki-i-avtobusy/krasnyy-mamont-znakomimsya-s-pozharnym-aerodromnikom-baz-na-vystavke-nais>. – Дата обращения: 05.07.2022. – Загл. с экрана.
2. Руководство по аэропортовым службам (Дос 9137-AN898) Ч.1 Спасание и борьба с пожаром. – 4-е изд. – Москва : Международная организация гражданской авиации, 2015 г. – 280 с.
3. Крымский, В. В. Совершенствование механизма управления социально-экономическим развитием региона в условиях чрезвычайных ситуаций : дис. ... канд. экон. наук : 05.13.10 / Крымский Виталий Вячеславович. – Санкт-Петербург, 2008. – 127 с.
4. Алехин, М. Ю. О прогнозировании экономического ущерба от чрезвычайных ситуаций / М. Ю. Алехин, А. Ю. Янченко, В. В. Крымский // Вестник Санкт-Петербургского университета Государственной противопожарной службы МЧС России. – 2012. – № 2. – С. 84–88.

5. Крымский, В. В. Система риск-контроллинга промышленного предприятия / В. В. Крымский, А. Е. Панков // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. Экономические науки. – 2014. – № 2(192). – С. 114–122.

6. Горбунов, А. А. Особенности экономического развития России : космопланетарный аспект / А. А. Горбунов, А. П. Крупеня, В. В. Крымский, А. И. Субетто // Ноосферное образование в евразийском пространстве : коллективная научная монография ; под науч. ред. А. И. Субетто. – Санкт-Петербург : Центр научно-информационных технологий «Астерион», 2018. – С. 65–88.

7. Баранов, А. А. Техносферная безопасность. Пожарная тактика. Справочник руководителя пожарно-спасательного подразделения / А. А. Баранов, В. В. Ключ, В. В. Крымский, А. А. Решетов. – Санкт-Петербург : Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС РФ, 2020. – 96 с.

## ВИДЫ ПОИСКА И ЭВАКУАЦИЯ ПОСТРАДАВШИХ В АВИАКАТАСТРОФАХ ПОЖАРНО-СПАСАТЕЛЬНЫМИ ПОДРАЗДЕЛЕНИЯМИ

### TYPES OF SEARCH AND EVACUATION OF VICTIMS OF AIR CRASHES BY FIRE AND RESCUE UNITS

**Головенко Владислав Романович**

Адъюнкт

*E-mail: golovenko.vlad@mail.ru*

ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский университет Государственной противопожарной службы МЧС России»

*В данной статье рассмотрена специфика ведения поисково-спасательных работ людей и поддержания их жизнеобеспечения в ситуациях аварий воздушных судов. Разобраны задачи аварийно-спасательных подразделений службы противопожарного и аварийно-спасательного обеспечения полетов.*

**Ключевые слова:** воздушное судно, поисковые работы, поисково-спасательные подразделения.

**Vladislav Golovenko**

Adjunct

*E-mail: golovenko.vlad@mail.ru*

Saint Petersburg State University State Fire Service of EMERCOM of Russia

*This article discusses the specifics of conducting search and rescue operations of people and maintaining their life support in situations of aircraft accidents. The tasks of the emergency rescue units of the firefighting and rescue flight support service are analyzed.*

**Keywords:** aircraft, search operations, search and rescue units.

#### **Введение**

Одной из главных задач для спасателей является спасение пострадавших. Спасение подразумевает под собой эвакуацию людей с места происшествия и оказание пострадавшим первой помощи (далее – ПП). Но бывают случаи, когда к спасению сразу приступить не получается. В таком случае, основной задачей является поддержание жизнедеятельности людей, которые пострадали в результате авиакатастрофы. Также частично в задачи спасателей входят мероприятия по расследованию авиационного происшествия. Они ведут фото- и видеосъемку на месте крушения воздушного судна (далее – ВС), отмечают соприкосновение ВС с землей, фиксируют расположение жертв авиакатастрофы, и производят разбор авиационного происшествия на предмет «правильности» реагирования и тушения пожара, если были жертвы, или пожар является «резонансным» [1].

До прибытия спасателей поддержание жизнедеятельности пассажиров осуществляет экипаж ВС, потерпевшего бедствие.

#### **Изложение основного материала**

Поисково-спасательные работы – вид аварийно-спасательных работ (далее – АСР), проводимый для определения местонахождение пропавшего объекта в данный момент, пропавшим объектом может являться человек или группа людей; ВС или морское судно. Также целью поисково-спасательных работ является спасение людей, терпящих бедствие, оказание им первой помощи и транспортировка их в безопасное место (рис. 1) [2].



Рис. 1. Проведение поисково-спасательных работ при крушении самолёта поисково-спасательными и пожарно-спасательными формированиями

При обнаружении места крушения авиатранспорта командир поисково-спасательного ВС подает сигнал «ВАС ВИЖУ» такими способами как:

- круг над потерпевшими;
- зеленая ракета;
- ночью – мигание фарами и аэронавигационными огнями.

В случае, если произвести посадку, выброску парашютистов или зависнуть на вертолете не позволяют условия, пострадавшим сбрасывают укладки с аварийно-спасательным имуществом.

В районах с неблагоприятным климатом пострадавшим сбрасываются топливо, палатки и обогревательные приборы, если их время пребывания в таких условиях превышает 4 часа [3].

Эвакуацию пострадавших, их очередность и способ определяют по согласованию с медицинским работником.

Эвакуация людей, которые получили травмы, в зоне возникшей авиакатастрофы производится:

- вертолетами в режиме висения или посадочным способом;
- самолетами, способными выполнять полеты с грунта (льда, воды);
- наземным (водным) транспортом.

Если в зоне крушения авиатранспорта нет площадки для посадки вертолета, а эвакуация пострадавшего в режиме висения противопоказана врачами, то спасатели подготавливают площадку, куда доставляют всех пострадавших и где уже им оказывается помощь медицинским персоналом (рис. 2).

Эвакуация людей с места авиационного происшествия (далее – АП), расположенного за пределами дальности полета вертолетов может вестись следующими способами:

а) с самолета, с которого десантируется группа спасателей на площадку, максимально приближенной к зоне крушения авиатранспорта;

б) при нахождении аэродрома на не большом расстоянии от зоны крушения авиатранспорта, самолет прибывает на него с транспортными средствами (автотранспорт, амфибии, вертолеты), которые перебрасывают пострадавших с места АП к самолету;

в) с транспортного самолета на место авиакатастрофы десантируется техника и специалисты, которые будут проводить аварийно-спасательные работы.

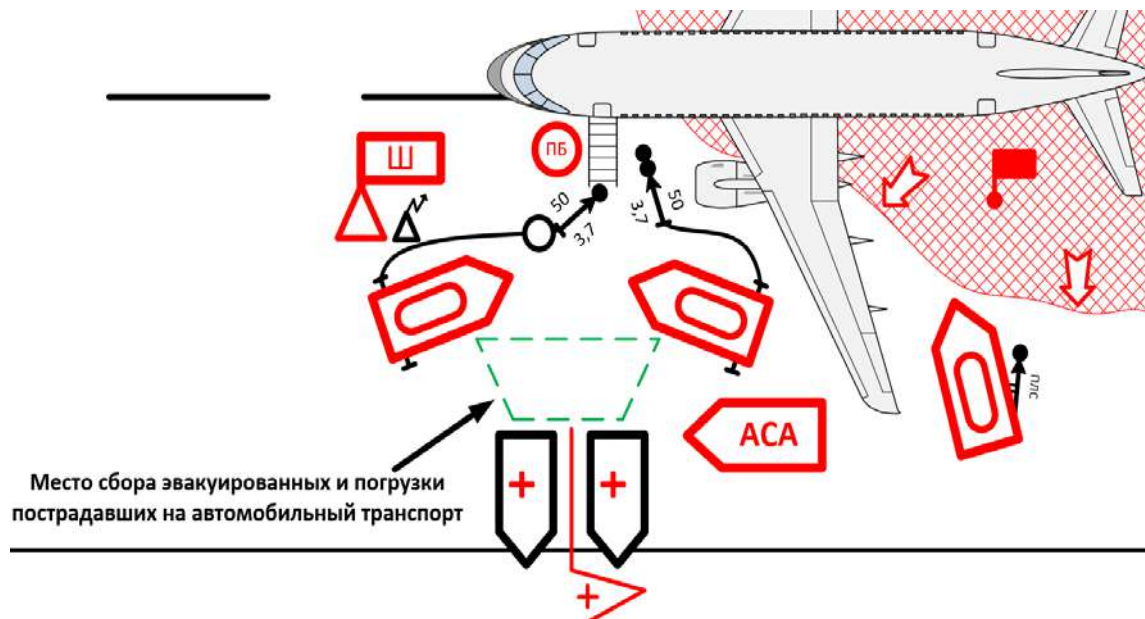


Рис. 2. Место сбора эвакуированных и погрузки пострадавших на автомобильный транспорт [4]

Существуют такие виды поиска, как визуальный, радиотехнический поиск, поиск с помощью автоматического радиоконуса, поиск с использованием бортовых радиолокационных станций (далее – РЛС) с приставками типа РПМС и наземный поиск. Также, в ночное время и с использованием устройств инфракрасного излучения [5].

В целом можно сказать, что существует достаточное количество видов поиска для того, чтобы проводить поиск и спасание в самых тяжелых условиях. Наиболее остро стоит проблема проведения поиска при очень плохих погодных условиях.

В аэропорте (на аэродроме) и его районе для оперативного реагирования в условиях чрезвычайных ситуаций (далее – ЧС) создаётся аварийно-спасательная команда (далее – АСК), которая оснащена аварийно-спасательными средствами. АСК включает руководителя ликвидации ЧС (далее – РЛЧС); аварийно-спасательное подразделение службы противопожарного и аварийно-спасательного обеспечения полетов (далее – СПАСОП), предназначенное для тушения пожара и проведения АСР; расчеты для выполнения неотложных работ при ликвидации ЧС [6].

К основным задачам СПАСОП, являющейся структурным подразделением оператора аэродрома, относятся тушение пожара и проведение АСР. СПАСОП относится к силам и средствам функциональной подсистемы поискового и аварийно-спасательного обеспечения полетов гражданской авиации единой государственной системы предупреждения и ликвидации ЧС.

Должностные лица СПАСОП, выполняют обязанности по следующим нештатным должностям:

- руководитель тушения пожаров (далее – РТП);
- командир звена газодымозащитной службы (далее – ГДЗС);
- постовой на посту безопасности ГДЗС;
- газодымозащитник;
- ствольщик (подствольщик);
- наблюдатель за взлетом и посадкой ВС [3].

### Выводы и перспективы дальнейших исследований

В катастрофах ВС гибнет намного меньше людей, чем в дорожно-транспортных происшествиях. Однако проблема проведения поисковых и аварийно-спасательных работ при

крушениях на высоком уровне остается очень важной. Несмотря на то, что авиатранспорт считается самым безопасным видом транспорта, при крушении ВС гибнут в основном все или выживает малое количество людей. Для решения масштабных задач в области проведения поисковых и аварийно-спасательных работ следует создавать определенные методики и новые средства подачи ОТВ. Одной из главных проблем на данное время считается: качественная подготовка кадров, которые в ограниченное время способны произвести поиск ВС, оказать первую помощь пострадавшим и эвакуировать их из опасной зоны. Силы и средства должны быть подготовлены не только на практическом уровне, но и на теоретическом уровне. Кроме того, подготовка по поиску и спасанию ВС должна проходить у руководящего командующего состава, так как от их действий зависит ряд мероприятий, проводимых по поиску и спасанию ВС [7].

### **Библиографический список**

1. Крымский, В. В. Классификация мероприятий по предотвращению чрезвычайных ситуаций и затраты, связанные с предупреждением и ликвидацией / В. В. Крымский, Р. В. Гладышев // Анализ, прогноз и управление природными рисками в современном мире : материалы 9-й Междунар. науч.-практ. конф., 12–14 октября 2015 г., г. Москва. – Москва : Российский университет дружбы народов, 2015. – С. 228–234.
2. Крымский, В. В. Оценка эффективности использования средств организации на инфраструктурную безопасность для производственных возможностей промышленного предприятия (на примере ОАО «Морской порт Санкт-Петербург») / В. В. Крымский // Аудит и финансовый анализ. – 2016. – № 1. – С. 372–376.
3. Алехин, М. Ю. О прогнозировании экономического ущерба от чрезвычайных ситуаций / М. Ю. Алехин, А. Ю. Янченко, В. В. Крымский // Вестник Санкт-Петербургского университета Государственной противопожарной службы МЧС России : научно-аналитический журнал. – 2012. – № 2. – С. 84–88.
4. Крымский, В. В. Система риск-контроллинга промышленного предприятия / В. В. Крымский, А. Е. Панков // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. Экономические науки. – 2014. – № 2 (192). – С. 114–122.
5. Галишев, М. А. Расследование пожаров : учебник / М. А. Галишев, С. В. Шарапов, А. В. Попов [и др.]. – Санкт-Петербург : Санкт-Петербургский ун-т ГПС МЧС России, 2014. – 136 с.
6. Субетто, А. И. Ноосферный императив синтеза науки и государственной власти как базового условия ноосферно-научного управления социоприродной эволюцией / А. И. Субетто, В. В. Крымский // Ноосферное образование в евразийском пространстве : коллективная научная монография ; под науч. ред. А. И. Субетто. – Санкт-Петербург : Центр научно-информационных технологий «Астерион», 2018. – С. 233–246.
7. Баранов, А. А. Техносферная безопасность. Пожарная тактика. Справочник руководителя пожарно-спасательного подразделения / А. А. Баранов, В. В. Ключ, В. В. Крымский, А. А. Решетов. – Санкт-Петербург : Санкт-Петербургский ун-т ГПС МЧС России, 2020. – 96 с.

УДК 614.842.8

## ОЦЕНКА ПАРАМЕТРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА УПРАВЛЕНИЕ ПОЖАРНО-СПАСАТЕЛЬНЫМИ ПОДРАЗДЕЛЕНИЯМИ ПРИ ТУШЕНИИ ПОЖАРОВ НА ХИМИЧЕСКИ ОПАСНЫХ ОБЪЕКТАХ

### EVALUATION OF PARAMETERS AFFECTING MANAGEMENT OF FIRE AND RESCUE UNITS WHEN EXTINGUISHING FIRES AT CHEMICALLY HAZARDOUS FACILITIES

**Денисов Алексей Николаевич**

Д-р техн. наук, профессор

Профессор

E-mail: A.Denisov@academygps.ru

ФГБОУ ВО «Академия Государственной  
противопожарной службы МЧС России»**Пилецкий Роман Викторович**

Главный специалист

E-mail: romanpiletskij@mail.ru

МЧС ДНР

*В статье определены параметры, влияющие на управление пожарно-спасательными подразделениями при тушении пожаров и проведении аварийно-спасательных работ на химически опасных объектах.*

**Ключевые слова:** управление, пожар, аварийно-спасательные работы, химически опасный объект, аварийно химически опасное вещество.

#### Введение

Для предупреждения возникновения пожаров и чрезвычайных ситуаций, а также снижения их последствий, на химически опасных объектах (далее – ХОО) на протяжении длительного периода времени ведётся последовательная работа специалистов в области пожарной и промышленной безопасности по разработке и совершенствованию нормативной и правовой базы, усовершенствованию организационных и инженерно-технических мероприятий.

Несмотря на выполнение и соблюдение комплекса действующих норм и правил в области пожарной и промышленной безопасности, по-прежнему имеют место случаи крупномасштабных аварий, сопровождающихся взрывами и пожарами при производстве и хранении аварийно химически опасных веществ (далее – АХОВ). Согласно Государственному докладу «О состоянии защиты населения и территорий Российской Федерации от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера» в 2020 году, произошло 5 чрезвычайных ситуаций с выбросом (угрозой выброса) АХОВ [1], что на 60 % больше по сравнению с аналогичным периодом в 2019 году.

**Alexey Denisov**

Doctor of Technical Sciences, Professor

Professor

E-mail: A.Denisov@academygps.ru

Academy of the State Fire Service  
EMERCOM of Russia**Roman Piletskii**

Chief Specialist

E-mail: romanpiletskij@mail.ru

The EMERCOME of the DPR

*The parameters that affect the management of fire and rescue units when extinguishing fires and conducting emergency rescue operations at chemically hazardous facilities have been defined.*

**Keywords:** management, fire, emergency rescue operations, chemically hazardous facility, emergency chemically hazardous substance.

Как показывает практика, аварии на ХОО происходили из-за различного рода разгерметизаций оборудования, его элементов или трубопроводов, сопровождавшиеся пожарами с выбросами ядовитых химических веществ в окружающую среду, что приводило к большим материальным ущербам окружающей среде, гибели людей, а также спасателей, участвовавших в ликвидации аварийной ситуации на ХОО (рис. 1).



Рис. 1. Пожары на ХОО с выбросом (выливом) АХОВ в окружающую среду

Поэтому и сейчас немаловажная роль в обеспечении пожарной безопасности на ХОО отводится пожарно-спасательным подразделениям, которые являются составной частью системы обеспечения пожарной безопасности государства, осуществляющие тушение пожаров и проведение аварийно-спасательных работ (далее – АСР) (рис. 2).



Рис. 2. Осуществление ликвидации условной аварийной ситуации на ХОО, связанной с возникновением пожара и выбросом в окружающую среду АХОВ (аммиака)

### **Изложение основного материала**

Успех тушения пожаров, спасание людей и имущества, достигается комплексом служебных и боевых действий, за счёт умения анализировать факторы и явления, способствующие и препятствующие развитию горения, грамотного использования пожарной и аварийно-спасательной техники, оперативно-тактических возможностей пожарно-спасательных подразделений и рациональное управление ими, высокая выучка и слаженность действий, разумная смелость и решительность командного состава, базирующаяся на теоретических и практических знаниях и навыках при выполнении основной задачи при тушении пожаров и ликвидации чрезвычайных ситуаций [2].

Проблемы организации управления пожарно-спасательными подразделениями на пожаре остаются по-прежнему актуальными. Особенно это касается организации управления на крупных пожарах технически сложных объектах, на ХОО с выбросом (выливом) АХОВ.

На управление пожарно-спасательными подразделениями влияет ряд организационных и технических параметров, представленных на рис. 3.



Рис. 3. Основные параметры, влияющие на управление пожарно-спасательными подразделениями при тушении пожаров и проведении аварийно-спасательных работ на химически опасных объектах

К основным параметрам, влияющим на управление пожарно-спасательными подразделениями, относятся:

#### **1) Месторасположение пожарной части относительно объекта выезда**

Определение мест дислокации подразделений пожарной охраны начинается с составления списка объектов предполагаемого пожара, расположенных на территории населенного пункта.

Для каждого объекта предполагаемого пожара рассчитывается максимально допустимое расстояние от него до ближайшей пожарной части в зависимости от цели выезда дежурного караула на пожар и выбранной схемы его развития (рис. 4).

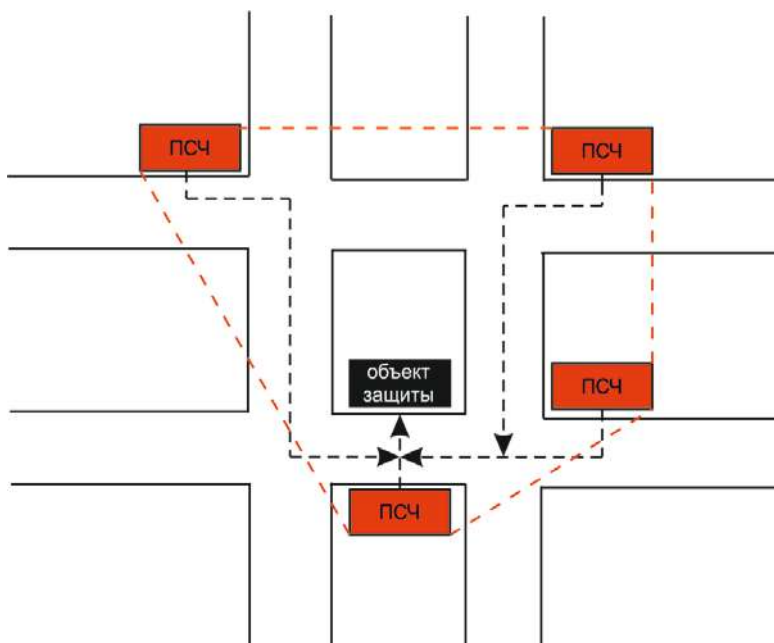


Рис. 4. Условная схема определения пространственной зоны допустимого размещения пожарного депо

Максимально допустимое расстояние от объекта предполагаемого пожара до ближайшего пожарного депо определяется для одной или одновременно нескольких из нижеприведенных целей выезда подразделений пожарной охраны на пожар:

- цель № 1: ликвидация пожара прежде, чем его площадь превысит площадь, которую может потушить один дежурный караул;
- цель № 2: ликвидация пожара прежде, чем наступит предел огнестойкости строительных конструкций в помещении пожара;
- цель № 3: ликвидация пожара прежде, чем опасные факторы пожара достигнут критических для жизни людей значений. [3].

В тоже время федеральные органы исполнительной власти, организации в целях обеспечения пожарной безопасности могут создавать органы управления и подразделения ведомственной пожарной охраны [4].

## **2) Оснащённость пожарной части необходимой аварийно-спасательной и пожарной техникой, её укомплектованность необходимым оборудованием и своевременное техническое обслуживание**

В соответствии с Методикой расчёта численности и технической оснащённости подразделений пожарной охраны, создаваемых для тушения пожаров и проведения аварийно-спасательных работ в населённых пунктах [5]:

– количество основных пожарных автомобилей определяется с учётом расчётного количества одновременных пожаров и норм расхода воды на наружное пожаротушение в населённом пункте, устанавливаемых нормативными документами по пожарной безопасности;

– минимальное количество специальных пожарных автомобилей, необходимое для укомплектования подразделений пожарной охраны, создаваемых для тушения пожаров и проведения АСР в населённых пунктах определяется согласно таблице.

При выборе типа основных и специальных пожарных автомобилей (далее – ПА) для оснащения территориальных подразделений пожарной охраны учитываются следующие оперативно-тактические характеристики (особенности) закрепляемых за ними районов (подрайонов) выезда:

- а) нормы расхода воды на наружное пожаротушение;

б) состояние автомобильных дорог (при определении категории проходимости ПА);

в) наличие организаций, технологические процессы которых связаны с обращением взрывопожароопасных, пожароопасных веществ и материалов, для тушения которых применяются огнетушащие порошки (газы);

г) виды источников наружного противопожарного водоснабжения, параметры существующих и проектируемых сетей наружного противопожарного водоснабжения, наличие безводных участков (при определении объёмов огнетушащих средств, вывозимых на ПА);

д) наличие зданий и сооружений высотой 12 метров и более (при определении потребности в пожарных автолестницах и коленчатых подъёмниках);

е) наличие зданий и сооружений V степени огнестойкости, горение которых может привести к распространению пожара на соседние здания и сооружения, а также плотность застройки указанных зданий и сооружений.

Таблица

Расчёт минимального количества специальных пожарных автомобилей, необходимых для укомплектования подразделений пожарной охраны

Наименование специальных пожарных автомобилей	Число жителей в населенном пункте, тыс. чел.						свыше 2000
	до 50	свыше 50 до 100	свыше 100 до 350	свыше 350 до 700	свыше 700 до 1250	свыше 1250 до 2000	
Автолестницы (автоподъёмники)	1 при наличии зданий высотой 12 метров и более	2	3	не менее 4	не менее 7	не менее 8	Определяется по количеству административных районов из расчета: не менее одной автолестницы (автоподъёмника) на район
Автомобили газодымозащитной службы	1	1	2	3	4	7	8
Автомобили связи и освещения	-	1	1	2	2	3	4

Порядок планирования, организации обеспечения, эксплуатации, ремонта, приема-передачи и учета материально-технических средств, ведения парково-хозяйственной и повседневной деятельности в территориальных органах (учреждениях), а также проведения мероприятий по предупреждению происшествий с техникой определён Руководством по организации материального технического обеспечения МЧС России [6].

### 3) Характеристика объекта

В зависимости от назначения объекта и его производственной мощности, территория объекта может занимать огромные площади, использовать для производства сложное технологическое оборудование, а в производственном процессе различные АХОВ. Именно от этих параметров зависит площадь возможного пожара, глубина зоны возможного химического заражения территории в случае разрушения или нарушения целостности технологического оборудования, утечки АХОВ, а, следовательно, и количество привлекаемой техники и личного состава для успешного выполнения задач по предназначению.

Отсюда определяются: время следования к месту пожара, время боевого развёртывания сил и средств пожарно-спасательных подразделений, время подачи первых стволов,

требуемый и фактический расход огнетушащих средств, продолжительность сосредоточения и введения сил и средств для тушения пожара и проведения АСР, скорость тушения пожара и интенсивность подачи огнетушащих средств.

#### **4) Систематическая профессиональная подготовка личного состава пожарно-спасательных подразделений к выполнению задач по предназначению**

Профессиональная подготовка проводится в виде целенаправленного организованного процесса с целью овладения и постоянного совершенствования знаний, умений и навыков, необходимых для успешного выполнения задач, возложенных на личный состав органов управления и подразделений пожарной охраны.

Основными задачами профессиональной подготовки являются [7]:

– подготовка квалифицированных кадров для решения задач по обеспечению пожарной безопасности, проведению боевых действий по тушению пожаров и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера;

– получение личным составом подразделений пожарной охраны профессиональных тактических и специальных знаний, необходимых практических навыков и умений, позволяющих успешно организовывать и решать задачи по обеспечению пожарной безопасности, проведению боевых действий по тушению пожаров и ликвидации чрезвычайных ситуаций;

– совершенствование навыков обращения с пожарной и аварийно-спасательной техникой, пожарно-техническим и аварийно-спасательным оборудованием, средствами связи и электронно-вычислительной техникой (рис. 5).



Рис. 5. Совершенствование навыков личным составом пожарно-спасательных подразделений обращения с пожарно-техническим, аварийно-спасательным оборудованием и снаряжением

#### **5) Своевременное и надлежащее планирование действий пожарно-спасательного гарнизона к выполнению задач по предназначению**

В целях защиты жизни или здоровья граждан, имущества физических или юридических лиц, государственного или муниципального имущества, охраны окружающей среды реализуются следующие формы планирования:

– для производств в обязательном порядке разрабатываются планы тушения пожаров, предусматривающие решение по обеспечению безопасности норм;

– в каждой организации устанавливается порядок действий работников при обнаружении пожара, разрабатываются планы (схемы) эвакуации людей в случае пожара и инструкции, определяющие действие персонала по обеспечению безопасной и быстрой эвакуации людей.

С целью предварительного планирования действий руководителей (собственников) организаций, подразделений пожарной охраны по тушению пожаров и проведению АСР, разрабатываются документы предварительного планирования боевых действий (планы тушения пожаров и карточки тушения пожаров), которые призваны совершенствовать

организацию тушения пожаров и проведения АСР, а также совершенствовать уровень готовности пожарно-спасательных подразделений. Они предназначены для:

- обеспечения руководителя тушения пожара информацией об оперативно-тактической характеристике объекта;
- предварительного прогнозирования возможной обстановки на пожаре;
- планирования основных действий по тушению пожаров;
- повышения теоретической и практической выучки личного состава подразделений пожарной охраны, аварийно-спасательных формирований и их органов управления к действиям по тушению пожаров.

Во исполнение требований ст. 10 Федерального Закона № 116 «О промышленной безопасности» [8] по обеспечению готовности организаций, эксплуатирующих опасные производственные объекты (далее – ОПО), к соответствующим действиям по локализации и ликвидации последствий аварий на данных ОПО разрабатывается «План мероприятий по локализации и ликвидации последствий аварий на опасных производственных объектах» (далее – ПМ ЛЛПА).

Разработка ПМ ЛЛПА регламентирована Положением о разработке планов мероприятий по локализации и ликвидации последствий аварий на опасных производственных объектах, утверждённых Постановлением Правительства Российской Федерации от 26 августа 2013 г. № 730 [9].

#### **б) Владение методологией поддержки управленческих решений руководящим составом пожарно-спасательных подразделений по тушению пожаров и проведению АСР**

Несмотря на все вышеперечисленные параметры (рис. 3) ключевым и решающим параметром (фактором) является своевременное и профессионально принятое решение старшим должностным лицом на пожаре (руководителем тушения пожара) на ХОО (или ином объекте) в зависимости от складывающейся обстановки.

Решающая роль здесь отводится знанию методов ведения боевых действий при тушении пожаров и проведении АСР пожарно-спасательными подразделениями, которые являются совокупностью способов при выполнении соответствующей оперативно-тактической задачи на пожаре. Под методами понимается выполнение в определённой нормативно-распорядительными документами последовательности боевых действий, направленных на прекращение горения [10].

Владение методологией поддержки управленческих решений при пожаре обеспечивает руководителя тушения пожара эффективным инструментом для анализа складывающейся обстановки и выбора действий для осуществления управления пожарно-спасательными подразделениями при пожаре.

#### **Выводы и перспективы дальнейших исследований**

В данной статье были определены основные параметры, которые прямо или косвенно влияют на управление пожарно-спасательными подразделениями при тушении пожаров на ХОО. Поддержание данных параметров (организационных и технических) на высоком уровне, позволяет старшему должностному лицу на пожаре (руководителю тушения пожара) проводить эффективные, оперативные и слаженные действия, направленные на ликвидацию пожара и спасению людей.

Ключевым же параметром является своевременное и профессионально принятое решение руководителя тушения пожара, которое базируется на знании методов ведения боевых действий при тушении пожаров и проведении АСР пожарно-спасательными подразделениями, которые являются совокупностью способов при выполнении соответствующей оперативно-тактической задачи на пожаре.

Владение методологией поддержки управленческих решений при пожаре обеспечивает руководителя тушения пожара эффективным инструментом для анализа складывающейся обстановки и выбора действий для осуществления управления пожарно-спасательными подразделениями при пожаре.

Перспективным направлением дальнейших исследований является совершенствование параметров, влияющих на управление пожарно-спасательными подразделениями при тушении пожаров и ликвидации аварийных ситуаций на ХОО.

### **Библиографический список**

1. О состоянии защиты населения и территорий Российской Федерации от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера в 2021 году : Государственный доклад / ФГБВОУ ВО «АГЗ МЧС России». – Москва : МЧС России, 2022. – 264 с.
2. Денисов, А. Н. Алгоритм установки бандажа в горизонтальной ёмкости с опасными химическими веществами / А. Н. Денисов, С. Н. Шереметьев // Пожары и чрезвычайные ситуации: предотвращение, ликвидация. – 2019. – № 4. – С. 62–68.
3. СП 11.13130.2009. Места дислокации подразделений пожарной охраны: порядок и методика определения. – Введ. 2009.05.01. – Москва : МЧС России, 2009. – 14 с.
4. О пожарной безопасности : Федеральный закон № 69-ФЗ от 21.12. 1994 г. – Москва, 1994. – 35 с.
5. Об утверждении методик расчета численности и технической оснащённости подразделений пожарной охраны : Приказ МЧС России № 700 от 15 октября 2021 г. – Москва, 2021. – 23 с.
6. Об утверждении Руководства по организации материально-технического обеспечения Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий : Приказ МЧС России № 737 от 01.10.2020 г. – Москва, 2020. – 435 с.
7. Об утверждении Порядка подготовки личного состава пожарной охраны : Приказ МЧС России № 472 от 26.10.2017 г. – Москва, 2020. – 13 с.
8. О промышленной безопасности опасных производственных объектов : Федеральный закон Российской Федерации № 116-ФЗ от 21.07.1997 г. – Москва, 2021. – 31 с.
9. Об утверждении Положения о разработке планов мероприятий по локализации и ликвидации последствий аварий на опасных производственных объектах : Постановление Правительства Российской Федерации № 730 от 26.08.2013 г. – Москва, 2013. – 4 с.
10. Топольский, Н. Г. Модели и методы управления силами и средствами пожарно-спасательных формирований при тушении пожаров / Н. Г. Топольский, А. Н. Денисов // Автоматизированные системы и средства предотвращения и ликвидации пожаров и чрезвычайных ситуаций : сборник научных статей. – Москва : Академия ГПС МЧС России, 2020. – С. 159–166.

## ОЦЕНКА ПРИЧИН АВАРИЙНОСТИ И ТРАВМАТИЗМА ИНТЕГРАЛЬНЫМ МЕТОДОМ

### ESTIMATION OF REASONS OF ACCIDENT RATE AND TRAUMATISM BY INTEGRAL METHOD

**Деревянский Вадим Юрьевич**  
Старший научный сотрудник  
E-mail: [maknii.niot@mail.ru](mailto:maknii.niot@mail.ru)

Государственное учреждение «Макеевский научно-исследовательский институт по безопасности работ в горной промышленности» (МАКНИИ)

*В статье представлен интегральный метод оценки влияния причин на аварийность и травматизм, который предусматривает вычисление с помощью определенных интегралов площадей фигур, полученных на основе функции опасности производственной системы до и после исключения из нее оцениваемых причин. Приведены примеры оценки причин аварий и несчастных случаев с использованием этого метода.*

**Ключевые слова:** профилактика аварийности и травматизма, оценка причин аварий и несчастных случаев, производственная система, вероятность, опасная производственная ситуация.

**Vadim Derevyanskiy**  
Senior Research Worker  
E-mail: [maknii.niot@mail.ru](mailto:maknii.niot@mail.ru)

State Institution “Makeyevka Research Institute for Mining Safety”

*In integral method of estimation of influence of reasons on an accident rate and traumatism is presented. It foresees a calculation by means of certain integrals of areas of figures, got on the basis of function of danger of the productive system before and after a deletion from it the estimated reasons. Examples of estimation of reasons of emergencies and accidents are made using this method.*

**Keywords:** prophylaxis of accident rate and traumatism, estimation of reasons of emergencies and accidents, production system, probability, production near-accident.

#### Введение

Обоснование разработки современных средств защиты и планирование мероприятий по предотвращению аварий и несчастных случаев (НС) на промышленных предприятиях требует количественной оценки влияния причин на аварии (травматизм), результаты которой позволяют составлять ранжированные ряды причин и определять наиболее важные из них с точки зрения профилактики.

Литературные источники [1–3] и опыт МАКНИИ свидетельствуют, что наиболее предпочтительным методом оценки причин является вероятностный метод, который предусматривает анализ актов расследования аварий (НС) по исследуемому опасному производственному фактору, построение логической схемы причинно-следственных связей опасных событий, приводящих к аварийности и травматизму, составление уравнения зависимости вероятности аварийности (травматизма) от вероятностей причин, и позволяет определить вероятность возникновения аварии (НС) до и после устранения оцениваемой причины, а также в результате снижения вероятности ее возникновения за счет внедрения нового средства защиты (планируемого мероприятия). Однако, применение этого метода зачастую невозможно из-за отсутствия необходимых для расчетов вероятностей причин.

На основании вышеизложенного, важным направлением совершенствования методологии анализа и профилактики аварийности и травматизма является разработка методов оценки причин аварий и НС, не требующих вероятностных данных. Анализ литературы [2; 4] показал на возможность разработки интегрального метода оценки причин.

Цель работы – совершенствование методологической базы количественной оценки влияния причин на аварийность и травматизм.

Для достижения поставленной цели требуется решить следующие задачи:

- разработать интегральный метод оценки причин аварий (НС);
- привести примеры оценки причин предлагаемым методом.

### Изложение основного материала

При решении поставленных в данной работе задач был использован ситуационный подход [5]: к аварии и травмированию работника приводит «опасная производственная ситуация» (ОПС) – не любая произвольная, а только определенная комбинация причин аварии (НС) или одна определенная причина. Как показывает практика, чаще всего к аварии и травмированию работника приводит комбинация из двух и более причин, и ее можно представить в виде элементарной конъюнкции (логического произведения) причин:

$$K = x_1 \wedge x_2 \wedge \dots \wedge x_r = \bigwedge_{i=1}^r x_i,$$

где  $K$  – ОПС;

$x_1, x_2, \dots, x_r$  – причины аварии (НС);

$r$  – количество причин в ОПС (ранг конъюнкции);

$i$  – порядковый номер причины аварии (НС);

$\wedge$  – знак логического умножения (конъюнкции).

Из этого условия следует, что исключение минимум одной причины из вышеуказанной ситуации приводит к невозможности возникновения аварии (НС). Каждый случай аварии или производственного травматизма на промышленном предприятии (заводе, шахте, фабрике и т.д.) происходит в пределах производственной системы (ПрС) «человек-средства труда-среда». В любой реальной ПрС аварийность и травматизм по какому-либо опасному производственному фактору («машины и механизмы», «взрывы газа и пыли», «удушье, отравление» и др.) обусловлен, как правило, не одной, а множеством ОПС. Анализ актов расследования аварий и НС, происшедших в определенной ПрС по исследуемому фактору, а также моделирование причин опасных событий позволяют установить перечень ситуаций и составить на их основе функцию опасности системы (ФОС)  $y(x)$  в виде логической матрицы. Причины, входящие в состав ситуаций, и связи между ними образуют структуру ФОС, которая остается неизменной, пока не будут установлены новые, ранее неизвестные, ОПС.

В настоящей работе для количественной оценки влияния причины на возникновение аварий и НС принят показатель «весомость причины» [3].

Для оценки причин необходимо выполнить анализ аварий (НС), определить их причины и ОПС, составить ФОС в виде логической матрицы и привести ее к дизъюнктивной нормальной форме – сумме выявленных ОПС – и пронумеровать ситуации:

$$y(x_1, x_2, \dots, x_n) = \bigvee_{i=1}^m K_i, \quad (1)$$

где  $n$  – количество причин аварийности (травматизма);

$m$  – количество ОПС в исследуемой ФОС;

$i$  – порядковый номер ОПС.

Из теории вероятностей [4] известно, что вероятность события – это количественная мера реальности его возникновения, и оценивается, как правило, числом от нуля (невозможное событие) до единицы (достоверное, реальное событие). Для оценки причин вероятностным методом требуется преобразовать ФОС (1) в уравнение зависимости вероятности аварийности, травматизма (обозначим как отказ, опасное функционирование ПрС –  $Q_C$ ) от вероятностей возникновения причин ( $q$ ). Чем выше вероятность аварии (НС) при вероятности оцениваемой причины, равной 1, тем больше влияние этой причины на аварийность (травматизм). Рассмотрим как работает вероятностный метод на следующих трех примерах, представляющих собой разные комбинации из трех причин, при одинаковых для всех примеров вероятностных значениях причин:  $q_1=0,1$ ;  $q_2=0,2$ ;  $q_3=0,3$ .

Пример 1.

$$y_1(x_1, x_2, x_3) = |K| = |x_1 x_2 x_3|. \quad (2)$$

Уравнение зависимости вероятности травматизма от вероятностей причин представляет собой произведение вероятностей трех причин:

$$Q_{C.1} = q_1 q_2 q_3. \quad (3)$$

Из уравнения (3) вычисляем вероятности аварийности (травматизма) при вероятности оцениваемой причины, равной единице:

$$Q_{C.1} \text{ (при } q_1=1) = 1 \cdot 0,2 \cdot 0,3 = 0,06;$$

$$Q_{C.1} \text{ (при } q_2=1) = 0,1 \cdot 1 \cdot 0,3 = 0,03;$$

$$Q_{C.1} \text{ (при } q_3=1) = 0,1 \cdot 0,2 \cdot 1 = 0,02.$$

Наибольшее влияние на аварийность (травматизм) имеет причина  $x_1$ .

Пример 2.

$$y_2(x_1, x_2, x_3) = \begin{vmatrix} K_1 \\ K_2 \\ K_3 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{vmatrix}. \quad (4)$$

Для преобразования логической матрицы (4) в уравнение зависимости вероятности аварийности (травматизма) от вероятностей причин воспользуемся табличным способом [2; 3; 6]. Этот способ применим при числе ОПС в логической матрице ФОС от двух до четырех (при большем числе ситуаций таблица становится слишком громоздкой, и вместо табличного должен использоваться способ ортогонализации [2; 3; 6]). Вначале требуется составить таблицу, аналогичную приведенной ниже (таблица). В левом крайнем столбце приводятся условные обозначения причин аварий (НС) из ФОС (4), в верхней строке таблицы следует записать номера ситуаций отдельно и в различных сочетаниях между собой и проставить под ними знаки «плюс» и «минус» в последовательности, показанной в таблице. В пустых клетках на пересечении строк и столбцов необходимо проставить знак «х», если данная причина имеется в указанной в верхней строке таблицы ситуации (комбинации ситуаций), и знак «-», если ее там нет. Проверить таблицу на наличие одинаковых столбцов с противоположными знаками и сократить их. Для составления уравнения зависимости  $Q_C(q)$  необходимо вместо

знаков «х» в таблице подставить вероятности соответствующих причин  $q$ , и сложить их или вычесть с учетом знаков «плюс» и «минус», стоящих в верхней части таблицы.

Таблица

Преобразование ФОС (4) из логической матрицы в уравнение вида  $Q_C(q)$  табличным способом [2; 3; 6]

$x_i$	$K_1$	$K_2$	$K_3$	$K_1 K_2$	$K_1 K_3$	$K_2 K_3$	$K_1 K_2 K_3$
		+			-		
$x_1$	x	-	-	x	x	-	x
$x_2$	-	x	-	x	-	x	x
$x_3$	-	-	x	-	x	x	x

На основе таблицы составлено уравнение:

$$Q_{C.2} = q_1 + q_2 + q_3 - q_1 q_2 - q_1 q_3 - q_2 q_3 + q_1 q_2 q_3. \quad (5)$$

С помощью уравнения (5) вычисляем вероятности возникновения аварии (НС) при вероятности оцениваемой причины, равной единице:

$$Q_{C.2} (\text{при } q_1=1) = (1+0,2+0,3) - (1\cdot0,2) - (1\cdot0,3) - (0,2\cdot0,3) + (1\cdot0,2\cdot0,3) = 1;$$

$$Q_{C.2} (\text{при } q_2=1) = (0,1+1+0,3) - (0,1\cdot1) - (0,1\cdot0,3) - (1\cdot0,3) + (0,1\cdot1\cdot0,3) = 1;$$

$$Q_{C.2} (\text{при } q_3=1) = (0,1+0,2+1) - (0,1\cdot0,2) - (0,1\cdot1) - (0,2\cdot1) + (0,1\cdot0,2\cdot1) = 1.$$

Все причины в этом примере влияют на аварийность (травматизм) в равной степени.

Пример 3.

$$y_3(x_1, x_2, x_3) = \left| \begin{array}{c} K_1 \\ K_2 \end{array} \right| = \left| \begin{array}{c} x_1 \\ x_2 x_3 \end{array} \right|. \quad (6)$$

Преобразуем логическую матрицу (6) в уравнение зависимости вероятности аварийности (травматизма) от вероятностей причин вышележащим табличным способом:

$$Q_{C.3} = q_1 + q_2 q_3 - q_1 q_2 q_3. \quad (7)$$

Из уравнения (7) вычисляем вероятности аварийности (травматизма) при вероятности оцениваемой причины, равной единице:

$$Q_{C.3} (\text{при } q_1=1) = 1 + 0,2\cdot0,3 - 1\cdot0,2\cdot0,3 = 1;$$

$$Q_{C.3} (\text{при } q_2=1) = 0,1 + 1\cdot0,3 - 0,1\cdot1\cdot0,3 = 0,37;$$

$$Q_{C.3} (\text{при } q_3=1) = 0,1 + 0,2\cdot1 - 0,1\cdot0,2\cdot1 = 0,28.$$

Наибольшее влияние на аварийность (травматизм) имеет причина  $x_1$ .

Из приведенных примеров видно, что оценка причин в значительной мере зависит от их места в структуре ФОС. Поэтому при отсутствии вероятностных значений, причины можно оценивать на основе их места в указанной структуре. Для этого разработаны соответствующие методы [6–8], которые условно названы структурно-функциональными методами оценки причин. В настоящей статье предлагается еще один структурно-функциональный метод, названный интегральным, поскольку он основан на вычислении площадей плоских фигур с помощью определенного интеграла.

Геометрический смысл определенного интеграла: площадь фигуры ( $S$ ), ограниченной кривой  $y=f(x)$ , где  $f(x) > 0$ , осью  $Ox$  и двумя прямыми  $x=a$  и  $x=b$  (рис. 1), выражается определенным интегралом [4]:

$$S = \int_a^b f(x)dx. \quad (8)$$

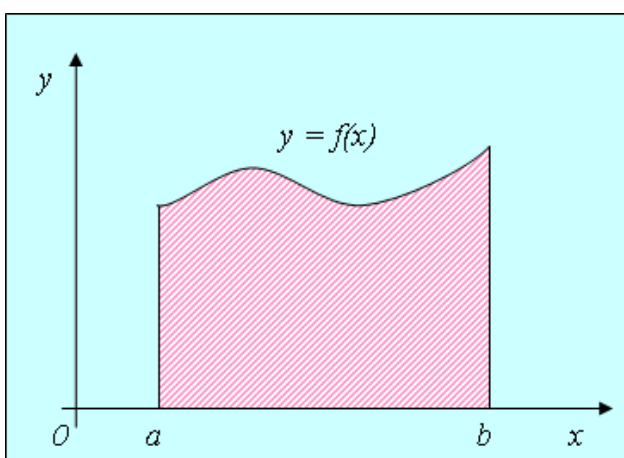


Рис. 1. Пример криволинейной трапеции, заданной функцией  $f(x)$

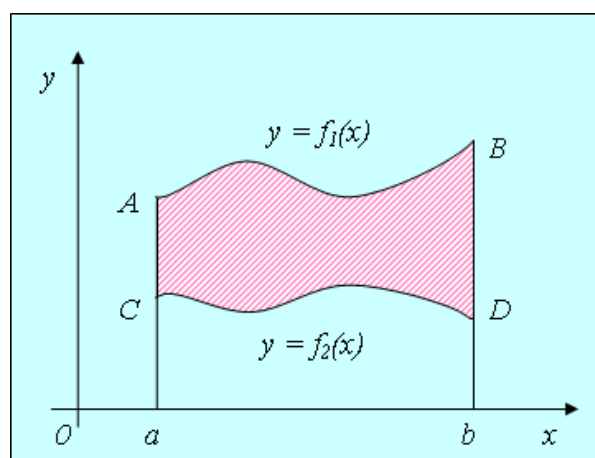


Рис. 2. Пример криволинейной трапеции, ограниченной сверху графиком функции  $f_1(x)$  и снизу – графиком функции  $f_2(x)$

Если фигура ограничена сверху и снизу неотрицательными функциями  $f_1(x)$  и  $f_2(x)$  соответственно (рис. 2), непрерывными на отрезке  $[a, b]$ , то площадь  $S$  криволинейной фигуры равна разности площадей криволинейных трапеций, ограниченных сверху графиками  $f_1(x)$  и  $f_2(x)$ :

$$S_{ABDC} = S_{aABb} - S_{aCDB}$$

или

$$S = \int_a^b f_1(x)dx - \int_a^b f_2(x)dx = \int_a^b [f_1(x) - f_2(x)]dx. \quad (9)$$

На основании изложенного, «весомость»  $i$ -й причины ( $g_i$ ) численно равна площади фигуры, ограниченной сверху кривой, построенной по уравнению полной ФОС, а снизу – кривой, построенной по уравнению ФОС, из которой исключены ситуации, содержащие причину  $x_i$ . Определяется из выражения, полученного на основе уравнения (9):

$$g_i = S(Q_c) - S(Q_c^{(i)}), \quad (10)$$

где  $S(Q_C)$  – площадь фигуры под кривой, построенной по уравнению зависимости вероятности опасного функционирования системы от вероятностей причин, полученной на основе полной ФОС. Из уравнения (8):

$$S(Q_C) = \int_0^1 Q_C(q) dq; \quad (11)$$

$S(Q_C^{(i)})$  – площадь фигуры под кривой, построенной по уравнению зависимости вероятности опасного функционирования системы от вероятностей причин, полученной после исключения из ФОС ситуаций, содержащих оцениваемую  $i$ -ю причину:

$$S(Q_C^{(i)}) = \int_0^1 Q_C^{(i)}(q) dq. \quad (12)$$

Обе фигуры строятся при равных вероятностях всех причин, значения которых изменяются с шагом 0,1 (0; 0,1; 0,2...) на интервале [0;1].

Выполним вычисления «весомости» причин в приведенных выше трех примерах.

Уравнение (3) из примера 1, при условии равной вероятности всех причин

$$q_1 = q_2 = q_3, \quad (13)$$

примет вид:

$$Q_{C.1} = q^3. \quad (14)$$

График зависимости  $Q_{C.1}(q)$ , выраженный уравнением (14), приведен на рис. 3.

С помощью уравнений (11) и (14) определяем площадь фигуры под кривой, построенной по уравнению зависимости вероятности опасного функционирования системы от вероятностей причин, полученной на основе полной ФОС (2):

$$S(Q_{C.1}) = \int_0^1 q^3 dq. \quad (15)$$

Согласно таблицы интегралов [4]:

$$\int x^a dx = \frac{x^{a+1}}{a+1} + C, \quad a \neq -1, \text{ принимаем } C=0.$$

Решаем уравнение (15):

$$S(Q_{C.1}) = \int_0^1 q^3 dq = \frac{q^4}{4} \Big|_0^1 = \frac{1^4}{4} - \frac{0^4}{4} = \frac{1}{4} - 0 = \frac{1}{4} = 0,25. \quad (16)$$

После исключения из матрицы (2) ситуации, содержащей причины  $x_1$ ,  $x_2$  и  $x_3$ , в ФОС не остается ни одной ситуации, поэтому  $Q_{C.1}^{(1)} = Q_{C.1}^{(2)} = Q_{C.1}^{(3)} = 0$ . С помощью уравнений (10) и (16) вычисляем «весомость» причин:

$$g_1 = g_2 = g_3 = 0,25 - 0 = 0,25.$$

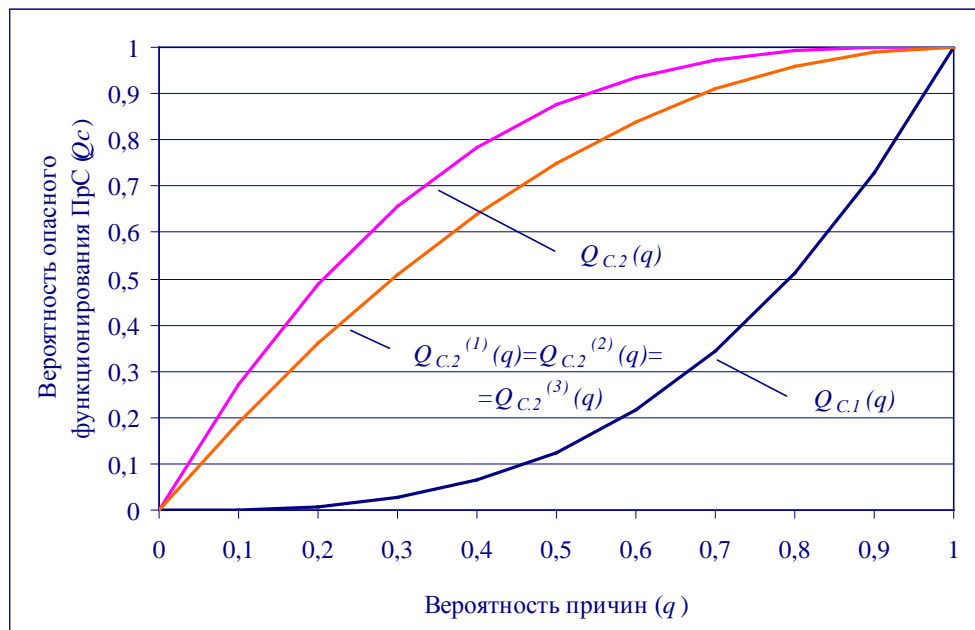


Рис. 3. Графики зависимостей  $Q_{c.1}(q)$ ,  $Q_{c.2}(q)$  и  $Q_{c.2}^{(1)}(q) = Q_{c.2}^{(2)}(q) = Q_{c.2}^{(3)}(q)$

Фигура в этом примере ограничена сверху уравнением зависимости  $Q_{c.1}(q)$ , а снизу осью  $Oq$ , и соответствует фигуре на рис. 1.

Оценим «весомость» причин из примера 2. Уравнение (5), при условии равной вероятности всех причин (13), имеет вид:

$$Q_{c.2} = 3q - 3q^2 + q^3. \quad (17)$$

График зависимости  $Q_{c.2}(q)$ , выраженный уравнением (17), приведен на рис. 3.

Из уравнений (11) и (17) определяем площадь фигуры под кривой, построенной по уравнению зависимости вероятности опасного функционирования системы от вероятностей причин, полученной на основе полной ФОС (4):

$$S(Q_{c.2}) = \int_0^1 (3q - 3q^2 + q^3) dq = \left( \frac{3q^2}{2} - \frac{3q^3}{3} + \frac{q^4}{4} \right) \Big|_0^1 = 0,75. \quad (18)$$

Для оценки «весомости» причины  $x_1$  исключим из ФОС (4) ситуацию  $K_1$ , содержащую эту причину, и запишем:

$$y_2^{(1)}(x_2, x_3) = \left| \begin{matrix} K_2 \\ K_3 \end{matrix} \right| = \left| \begin{matrix} x_2 \\ x_3 \end{matrix} \right|.$$

Уравнение зависимости  $Q_{c.2}^{(1)}(q)$ , полученное табличным способом:

$$Q_{c.2}^{(1)} = q_2 + q_3 - q_2 q_3.$$

При условии равной вероятности всех причин (13):

$$Q_{c.2}^{(1)} = 2q - q^2. \quad (19)$$

График показан на рис. 3.

С помощью уравнений (12) и (19) вычисляем площадь фигуры под кривой, построенной по уравнению зависимости вероятности опасного функционирования системы от вероятностей причин, полученной после исключения из ФОС ситуаций, содержащих оцениваемую причину:

$$S(Q_{C.2}^{(1)}) = \int_0^1 (2q - q^2) dq = \left( \frac{2q^2}{2} - \frac{q^3}{3} \right) \Big|_0^1 = 0,67. \quad (20)$$

Из логической матрицы (4) видно, что  $S(Q_{C.2}^{(1)}) = S(Q_{C.2}^{(2)}) = S(Q_{C.2}^{(3)})$ , следовательно, определяемая с помощью уравнения (10) и результатов решения уравнений (18) и (20) «весомость» всех трех причин одинакова, и равна:

$$g_1 = g_2 = g_3 = 0,75 - 0,67 = 0,08.$$

Фигура в данном примере ограничена сверху уравнением зависимости  $Q_{C.2}(q)$ , а снизу –  $Q_{C.2}^{(1)}(q) = Q_{C.2}^{(2)}(q) = Q_{C.2}^{(3)}(q)$ , и соответствует фигуре на рис. 2.

Вычисляем «весомость» причин в примере 3. Уравнение (7), при условии равной вероятности всех причин (13), имеет вид:

$$Q_{C.3} = q + q^2 - q^3. \quad (21)$$

График зависимости  $Q_{C.3}(q)$ , выраженный уравнением (21), приведен на рис. 4.

Из уравнений (11) и (21) определяем площадь фигуры под кривой, построенной по уравнению зависимости вероятности опасного функционирования системы от вероятностей причин, полученной на основе полной ФОС (6):

$$S(Q_{C.3}) = \int_0^1 (q + q^2 - q^3) dq = \left( \frac{q^2}{2} + \frac{q^3}{3} - \frac{q^4}{4} \right) \Big|_0^1 = 0,58. \quad (22)$$

Для оценки «весомости» причины  $x_1$  исключим из ФОС (6) ситуацию  $K_1$ , содержащую эту причину, и запишем:

$$y_3^{(1)}(x_2, x_3) = |K_2| = |x_2 x_3|.$$

Уравнение зависимости  $Q_{C.3}^{(1)}(q)$ :

$$Q_{C.3}^{(1)} = q_2 q_3.$$

При условии равной вероятности всех причин (13):

$$Q_{C.3}^{(1)} = q^2. \quad (23)$$

График показан на рис. 4.

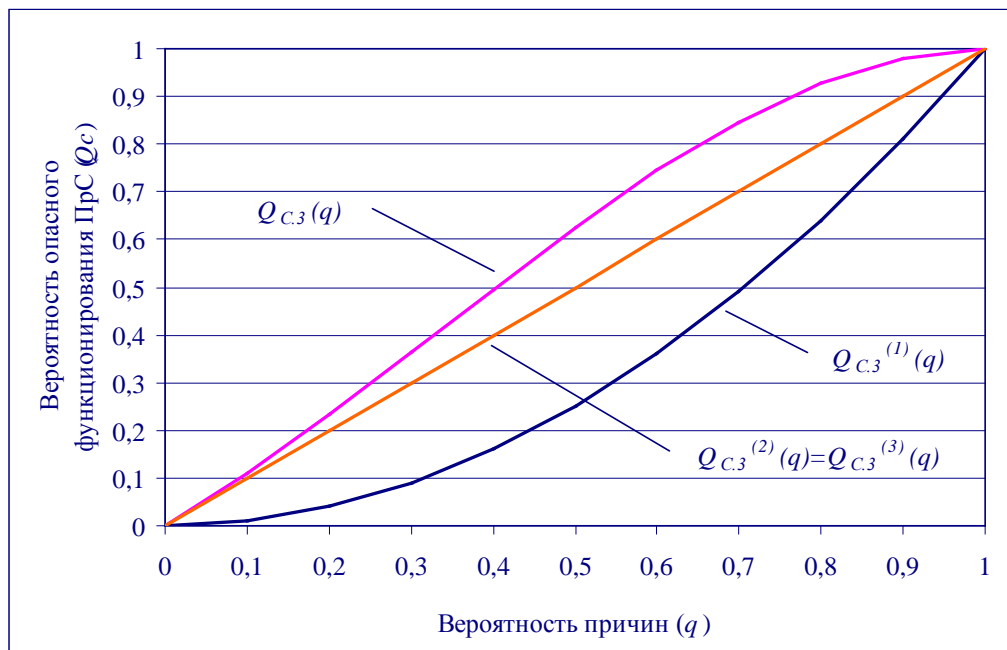


Рис. 4. Графики зависимостей  $Q_{C.3}(q)$ ,  $Q_{C.3}^{(1)}(q)$  и  $Q_{C.3}^{(2)}(q) = Q_{C.3}^{(3)}(q)$

Из уравнений (12) и (23) вычисляем площадь фигуры под кривой, построенной по уравнению зависимости вероятности опасного функционирования системы от вероятностей причин, полученной после исключения из ФОС ситуаций, содержащих оцениваемую причину:

$$S(Q_{C.3}^{(1)}) = \int_0^1 q^2 dq = \frac{q^3}{3} \Big|_0^1 = 0,33. \quad (24)$$

С помощью уравнения (10) и результатов решения уравнений (22) и (24) вычисляем «весомость» причины  $x_1$ :

$$g_1 = 0,58 - 0,33 = 0,25.$$

Для оценки «весомости» причины  $x_2$  исключим из ФОС (6) ситуацию  $K_2$ , содержащую эту причину, и запишем:

$$y_3^{(2)}(x_1) = |K_1| = |x_1|.$$

Уравнение зависимости  $Q_{C.3}^{(2)}(q)$ :

$$Q_{C.3}^{(2)} = q_1.$$

При условии равной вероятности всех причин (13):

$$Q_{C.3}^{(2)} = q. \quad (25)$$

График показан на рис. 4.

Из уравнений (12) и (25) вычисляем площадь фигуры под кривой, построенной по уравнению зависимости вероятности опасного функционирования системы от вероятностей причин, полученной после исключения из ФОС ситуаций, содержащих оцениваемую причину:

$$S(Q_{C.3}^{(2)}) = \int_0^1 q dq = \frac{q^2}{2} \Big|_0^1 = 0,50. \quad (26)$$

С помощью уравнения (10) и результатов решения уравнений (22) и (26) вычисляем «весомость» причины  $x_2$ :

$$g_2 = 0,58 - 0,50 = 0,08.$$

Из матрицы (6) видно, что положение в структуре ФОС причин  $x_2$  и  $x_3$  одинаковое, следовательно:  $g_2 = g_3 = 0,08$ .

Фигура в третьем примере ограничена сверху уравнением зависимости  $Q_{C.3}(q)$ , а снизу – уравнениями  $Q_{C.3}^{(1)}(q)$  и  $Q_{C.3}^{(2)}(q) = Q_{C.3}^{(3)}(q)$ , и соответствует фигуре на рис. 2.

Результаты оценки «весомости» причин служат основой для их ранжирования в порядке важности профилактики. В первом и втором примерах «весомость» всех причин одинакова, в третьем примере приоритетное значение имеет предотвращение причины  $x_1$ .

### Выводы и перспективы дальнейших исследований

Разработан метод оценки причин аварий (НС), согласно которому «весомость» причины численно равна разности площадей фигур, ограниченных сверху кривой, построенной по уравнению полной ФОС, а снизу – кривой, построенной по уравнению ФОС, из которой исключены ситуации, содержащие оцениваемую причину. Поскольку вычисление указанных площадей осуществляется с использованием определенных интегралов, метод назван интегральным методом оценки причин. Приведены примеры оценки причин аварийности и травматизма предлагаемым методом.

Дальнейшие исследования должны быть направлены на разработку более простых методов оценки «весомости» причин аварийности и травматизма.

### Библиографический список

1. Ткачук, С. П. Взрывопожаробезопасность горного оборудования / С. П. Ткачук, В. П. Колосюк, С. А. Ихно. – Киев : Основа, 2000. – 696 с.
2. Рябинин, И. А. Логико-вероятностные методы исследования надежности структурно-сложных систем / И. А. Рябинин, Г. Н. Черкесов. – Москва : Радио и связь, 1981. – 264 с.
3. Деревянский, В. Ю. Вероятностно-структурный метод оценки причин аварийности и травматизма / В. Ю. Деревянский // Пожарная и техносферная безопасность: проблемы и пути совершенствования: научный журнал. – Донецк : ГОУВПО «Академия гражданской защиты» МЧС ДНР, 2020. – № 1(5). – С. 228–232.
4. Красс, М. С. Математика для экономистов / М. С. Красс, Б. П. Чупрынов – Санкт-Петербург : Питер, 2008. – 464 с.
5. Деревянский, В. Ю. Построение ситуационной модели несчастного случая / В. Ю. Деревянский // Вестник Научного центра по безопасности работ в угольной промышленности: научно-технический журнал. – Кемерово : ООО «Вост ЭКО», 2016. – № 3. – С. 103–109.
6. Деревянский, В. Ю. Оценка причин аварийности и травматизма логико-вероятностным и структурно-вероятностным методами / В. Ю. Деревянский // Пожарная и техносферная безопасность: проблемы и пути совершенствования: научный журнал. – Донецк : ГОУВПО «Академия гражданской защиты» МЧС ДНР, 2019. – № 3(4). – С. 54–62.

7. Деревянский, В. Ю. Ранжирование причин аварийности и травматизма методом ранговых коэффициентов / В. Ю. Деревянский // Пожарная и техносферная безопасность: проблемы и пути совершенствования: научный журнал. – Донецк : ГОУВПО «Академия гражданской защиты» МЧС ДНР, 2019. – № 3(4). – С. 63–68.

8. Деревянский, В. Ю. Ранжирование причин аварийности и травматизма методом угловых коэффициентов / В. Ю. Деревянский // Пожарная и техносферная безопасность: проблемы и пути совершенствования: научный журнал. – Донецк : ГОУВПО «Академия гражданской защиты» МЧС ДНР, 2020. – № 2(6). – С. 126–131.

## ОГНЕЗАЩИТНЫЕ ПОКРЫТИЯ НА СВЯЗУЮЩИХ, РАСТВОРИМЫХ В ВОДЕ И ОРГАНИЧЕСКИХ РАСТВОРИТЕЛЯХ

### FIRE RETARDANT COATINGS BASED ON WATER-SOLUBLE BINDING AGENTS AND ORGANIC SOLVENTS

**Долженков Анатолий Филиппович**  
Д-р техн. наук  
Заместитель директора (по научной работе)  
E-mail: [dolzhenkov\\_52@mail.ru](mailto:dolzhenkov_52@mail.ru)

**Козлитин Алексей Андреевич**  
Начальник отдела  
E-mail: [kozlitin1942@mail.ru](mailto:kozlitin1942@mail.ru)

**Лебедева Виктория Валентиновна**  
Аспирант  
Старший научный сотрудник  
E-mail: [lebedenish@mail.ru](mailto:lebedenish@mail.ru)

ГБУ «НИИ «Респиратор» МЧС ДНР»

*В статье представлены результаты исследования по влиянию связующих веществ различной химической природы, вспучивающей добавки на эффективность вспучивания огнезащитных покрытий с доступным и дешевым наполнителем.*

**Ключевые слова:** антипирен, кокс, коэффициент вспучивания, наполнитель, огнезащитное покрытие, связующее.

#### Введение

Возведение гражданских и промышленных объектов значительных объемов, увеличение их этажности, применение новых видов строительных материалов приводит к повышению пожарной опасности зданий, сооружений и, как следствие, росту числа пожаров, сопровождающихся человеческими жертвами и материальными потерями.

Таким образом, подтверждается важность проведения мероприятий по огнезащите металлических и деревянных строительных конструкций. Для пожарной защиты конструкций применяют активную и пассивную огнезащиту. Активная огнезащита подразумевает использование систем пожарной сигнализации и автоматического пожаротушения. Пассивная огнезащита включает технические мероприятия, направленные на снижение пожарной опасности древесины и материалов на ее основе, а также повышение пределов огнестойкости металлических конструкций за счет применения специальных составов.

К наиболее перспективным пассивным средствам огнезащиты относят вспучивающиеся краски. Высокая эффективность, относительно низкая трудоемкость способов нанесения на поверхность конструкций, малая толщина и вес покрытия, ремонтпригодность, хорошие декоративные качества обуславливают повышенный интерес к данному средству огнезащиты.

**Anatoly Dolzhenkov**  
Doctor of Technical Sciences  
Deputy Director (on Science)  
E-mail: [dolzhenkov\\_52@mail.ru](mailto:dolzhenkov_52@mail.ru)

**Aleksey Kozlitin**  
Head of Department  
E-mail: [kozlitin1942@mail.ru](mailto:kozlitin1942@mail.ru)

**Viktoria Lebedeva**  
Postgraduate Student  
Senior Researcher  
E-mail: [lebedenish@mail.ru](mailto:lebedenish@mail.ru)

GBU NII “Respirator” EMERCOM DPR

*In the article there have been presented the results of the investigation on how the binding agents of different chemical nature, the intumescent additive influence the effectiveness of intumescence of the fire retardant coatings with affordable and low-cost filler.*

**Keywords:** antipyrène, coke, intumescence coefficient, filler, fire retardant coating, binding agent.

Практический и функциональный смысл современных огнезащитных красок состоит во вспучивании покрытия под действием высокой температуры и образовании на поверхности защищаемой конструкции пористого вспененного коксового слоя с низкой теплопроводностью. Специальные краски имеют различный, тщательно подобранный многокомпонентный состав, который обеспечивает требуемые физико-химические, технические и эксплуатационные характеристики огнезащитного покрытия.

Исследования по разработке рецептур эффективных вспучивающихся красок с улучшенными огнезащитными свойствами для защиты строительных конструкций от воздействия пожара остаются актуальной проблемой.

Как показал критический анализ результатов исследований по имеющемуся опыту разработок рецептур вспучивающихся покрытий и механизмов их действия [1–5], четких рекомендаций по выбору и содержанию компонентов, в том числе связующих пленкообразующих веществ, в литературе нет. Многолетние исследования так и не привели к созданию оптимального состава, который обладал бы одновременно удовлетворительной огнезащитной эффективностью, технологичностью и себестоимостью, что обеспечило возможность обоснования цели исследований.

**Цель исследований** – сравнительные экспериментальные исследования по влиянию связующих веществ различной химической природы на эффективность вспучивания огнезащитных покрытий.

### **Изложение основного материала**

Компонентный состав огнезащитных покрытий отвечает общим принципам построения рецептур лакокрасочных материалов: связующее пленкообразующее вещество, наполнитель, пигмент, реологический ингредиент, отвердитель, если покрытие отверждаемого типа.

Главное отличие рецептур огнезащитных вспучивающихся покрытий от лакокрасочных материалов заключается в наличии вспучивающей антипиреновой системы, отвечающей за процесс образования слоя негорючего вспененного кокса.

При выборе связующего пленкообразователя для огнезащитных покрытий были рассмотрены два направления исследования. Первое направление – водные системы, преимущества которых очевидны: отсутствие токсичности и удобство при использовании. Однако вспучивающиеся огнезащитные составы на водной основе в условиях воздействия неблагоприятных климатических факторов со временем могут быть склонны к вымыванию водорастворимых компонентов и потере огнезащитных свойств.

Второе направление – огнезащитные покрытия на основе растворов полимеров в органических растворителях. Достоинства таких покрытий заключаются в возможности нанесения покрытий при низких и даже отрицательных температурах, меньшем времени сушки, стойкости к влаге и высоких показателях адгезии к защищаемой поверхности.

Для оценки возможности использования в качестве связующих пленкообразующих веществ огнезащитных покрытий исследованы растворимые в воде карбамидоформальдегидная смола марки КФ-Ж (м) и жидко натриевое стекло – самое дешевое и доступное среди широкой группы связующих веществ. При умеренном нагревании жидкое стекло затвердевает по мере увеличения вязкости с понижением содержания воды до 20...30 %. В условиях нагревания, когда давление насыщенного пара в глубинных слоях стекла окажется выше атмосферного, происходит вспучивание материала. Это явление используют для получения огнезащитных вспучивающихся покрытий.

В качестве связующих веществ огнезащитных покрытий исследованы растворимые в органических растворителях смолы – эпоксидно-диановая марки ЭД-20 и резорцинформальдегидная марки ФС-221, способные переходить в неплавкое и нерастворимое состояние действием отверждающих агентов различного типа, образуя сшитые полимеры.

Наносимые композиции состояли из 20...30 % масс. пленкообразователя и 70...80 % масс, вспучивающей антипиреновой системы, составы на основе жидкого натриевого стекла – из 60...80 масс. % связующего вещества.

Антипиреновая система включала вспенивающий агент – смесь аммофоса марки А (массовая доля общих фосфатов не менее 30 %) и полифосфата аммония; коксообразующий агент – комбинация 2,2-ди-(оксиметил)-1,3-пропандиола с хлористыми парафинами ХП 1100 и ХП 66Т (смесь твердых хлорированных парафинов с длиной цепи С12 - С30) и соединение, выделяющее газы при термическом разложении – 1,3,5-триазино-2,4,6-триамин.

Во вспучивающей антипиреновой системе использовали минеральные наполнители, способствующие одновременно снижению горючести и достижению жесткости каркаса вспененного кокса: базальтовое волокно – негорючий огнестойкий материал, выдерживающий воздействие температур в диапазоне 900...1000 °С и алюмосиликатные микросферы – зольные отходы тепловых электростанций, представляющие собой спекшиеся стекловидные тонкостенные сферические образования правильной формы, заполненные смесью газообразных продуктов горения твердого топлива.

Химический состав базальтового волокна и зольных алюмосиликатных микросфер представлен в таблице 1.

Таблица 1

Химический состав минеральных наполнителей, масс. %

SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
базальтовое волокно							
54,3	18,1	9,3	8,1	2,5	3,3	2,1	1,2
алюмосиликатные микросферы							
60,1	30,5	3,1	0,4	2,1	–	–	–

Высокую стабильность наполнителей при повышенных температурах обеспечивает оксид кремния SiO<sub>2</sub> – основной компонент базальтового волокна и алюмосиликатных микросфер (табл. 1). Выбор базальтового волокна в качестве минерального наполнителя и армирующей добавки основывался на результатах предыдущих исследований огнезащитных покрытий [6; 7].

Составы для исследований отбирались на основании предварительной оценки огнезащитной эффективности покрытий на деревянных брусках и металлических пластинах. В работе испытывали шесть рецептов вспучивающей антипиреновой системы.

В качестве образца сравнения взят сертифицированный огнезащитный состав, предназначенный для повышения пределов огнестойкости металлических и огнезащитной эффективности деревянных конструкций.

Порошкообразные ингредиенты предварительно подвергали помолу, затем смешивали в фарфоровой ступке в течение 20 мин. Диспергирование компонентов вспучивающей антипиреновой системы в пленкообразователе производили в стеклянной посуде вручную. Полученную композицию наносили шпателем слоем толщиной 1,0...1,5 мм на стальные пластины размерами 100x50x2 мм и определяли расход покрытия. После испарения органического растворителя или воды штангенциркулем замеряли толщину сухого покрытия. Испытания покрытий на металлических пластинах производились в муфельной печи путем изотермического нагревания образцов при 600 °С в течение 5 мин. Эффективность вспучивания устанавливали по линейному коэффициенту вспучивания *K*, значение которого определяли, как отношение толщины (высоты) вспученного карбонизированного слоя к толщине слоя исходного покрытия.

В исследовании ставились задачи достижения максимальной адгезии кокса к металлу и древесине, а также высокой когезионной прочности вспененного кокса. Адгезию карбонизированного вспененного коксового слоя оценивали по наличию на металлической испытательной пластине после встряхивания остаточного коксового слоя, скрепленного с пластиной, толщиной 1...2 мм.

О величине адгезии и когезии косвенно свидетельствовала форма слоя вспененного кокса. Если кокс имел правильную геометрическую форму, то считали адгезию и когезию хорошей, в случае если слой кокса расширился по мере возвышения над пластиной – плохой.

По результатам исследований в открытом пламени газовой горелки шести рецептов вспучивающей антипиреновой системы в составе покрытий на основе КФ-Ж (м) были выбраны три, обеспечивающие наибольшие коэффициенты вспучивания (54...56). Выбранные рецепты антипиреновой системы использовали в сочетании с другими пленкообразователями. В связи с необходимостью обеспечения нужной консистенции огнезащитного покрытия массовое соотношение между вспучивающей антипиреновой системой и пленкообразователем менялось.

Для дальнейших исследований взяты составы с одной из трех вспучивающих антипиреновых систем (кроме составов на основе жидкого натриевого стекла), обеспечивающих с пленкообразователем комплекс лучших результатов.

Огнезащитной эффективности покрытия способствуют компактность и однородность вспененного кокса. О низком качестве огнезащиты свидетельствует наличие рыхлости, летучести и хрупкости кокса (табл. 2).

Таблица 2

## Характеристики огнезащитных покрытий

Параметр	Связующее пленкообразующее вещество				
	КФ-Ж (м)	ЭД-20	ФФС-221	жидко натриевое стекло	образец сравнения
Коэффициент вспучивания	55	23	30	22	25
Адгезия кокса к металлу	в.	в.	в.	с.	в.
Компактность кокса	с.	с.	с.	в.	с.
Однородность кокса	в.	в.	в.	в.	в.
Рыхлость кокса	ср.	ср.	ср.	отс.	ср.
Летучесть кокса	отс.	с.	с.	отс.	с.
Хрупкость кокса	отс.	отс.	отс.	ср.	отс.
Внешний вид вспененного кокса					

\*в. – высокая; ср. – средняя; с. – сильная; отс. – отсутствует.

После огневых испытаний была изучена микроструктура образовавшегося вспененного кокса для покрытия на основе карбамидоформальдегидной смолы и жидкого стекла с применением цифрового микроскопа Levenhuk DTX 500 LCD (см. рис.).

В покрытии на основе карбамидоформальдегидной смолы, благодаря установленному оптимальному соотношению компонентов вспучивающей антипиреновой системы, применению базальтового волокна и зольных алюмосиликатных микросфер в ее составе, кокс сформировывался в пенно-пузырьковую структуру. В такой структуре сферические пузырьки образовывали непрерывную плотную матрицу с достаточно узким распределением по

размеру, повышая, таким образом, механическую устойчивость вспененного кокса в условиях пожара.

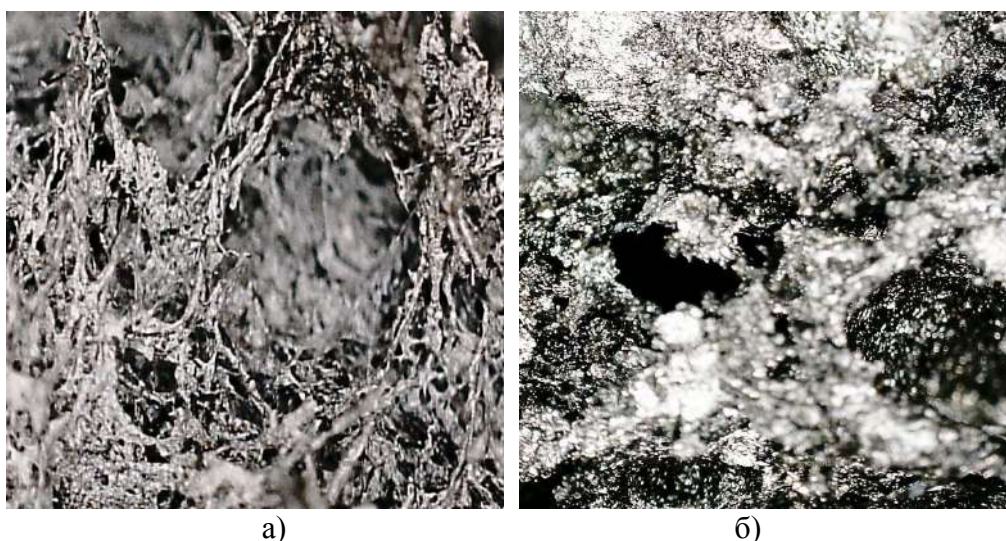


Рис. Микроструктура вспененного кокса для пленкообразователей различной химической природы (оптическое увеличение 400 – 450х):  
а) карбамидоформальдегидная смола; б) жидкое стекло

Для покрытия на основе жидкого стекла вспученный слой представлял собой многочисленные переплетенные слои кремнеземных сростков неправильной формы, что обеспечивало однородность и в то же время, повышало хрупкость образовавшегося кокса.

По результатам экспериментов можно сделать выводы:

- при замене пленкообразователя и наполнителя способность вспучивающей антипиреновой системы образовывать кокс существенно меняется;
- природа пленкообразователя влияет на коэффициент и характер вспучивания в большей степени, чем его количество.

Результаты экспериментов подтверждают необходимость согласования рабочих температур превращения вспучивающей антипиреновой системы (вспенивающейся карбонизирующейся фазы) и пленкообразователя.

### **Выводы и перспективы дальнейших исследований**

Впервые в огнезащитных вспучивающихся покрытиях в качестве антипирена и наполнителя исследованы зольные алюмосиликатные микросферы – промышленные отходы тепловых электростанций. Экспериментальным путем подобрано оптимальное соотношение компонентов вспучивающей антипиреновой системы, природа и количество связующего вещества в покрытиях с доступным и дешевым наполнителем.

### **Библиографический список**

1. Завьялов, Д. Е. Реакции в огнезащитных вспучивающихся красках в присутствии углеродных нанотел / Д. Е. Завьялов, К. В. Нечаев, О. А. Зыбина, О. Э. Бабкин, С. С. Мнацаканов // Лакокрасочные материалы и их применение. – 2012. – № 10. – С. 38–39.
2. Зыбина, О. А. Специфические реакции ингредиентов в огнезащитных вспучивающихся лакокрасочных композициях / О. А. Зыбина, И. Е. Якунина, О. Э. Бабкин, С. С. Мнацаканов, Е. Д. Войнолович // Лакокрасочные материалы и их применение. – 2014. – № 12. – С. 30–33.
3. Шаталин, С. С. О связующих в огнезащитных вспучивающихся композициях / С. С. Шаталин, А. В. Варламов, О. А. Зыбина, С. С. Мнацаканов // Дизайн. Материалы. Технология. – 2014. – № 4(34). – С. 37–40.

4. Кошелев, В. А. Принципы обеспечения огнезащитных свойств материалов / В. А. Кошелев, А. А. Орлов // Вестник ЮУрГУ. Серия «Строительство и архитектура». – 2019. – Т. 19. – № 2. – С. 50–54.

5. Ненахов, С. А. Физикохимия вспенивающихся огнезащитных покрытий на основе полифосфата аммония. Литературный обзор / С. А. Ненахов, В. П. Пименова // Пожаровзрывобезопасность. – 2010. – № 8. – С. 11–58.

6. Козлитин, А. А. Полимерный материал для огнезащиты строительных конструкций / А. А. Козлитин, В. В. Лебедева, О. В. Храпоненко // Научный вестник НИИГД «Респиратор». – Донецк. – 2020. – № 3(57). – С. 75–83.

7. Козлитин, А. А. Покрытия на основе минерального связующего для огнезащиты деревянных конструкций / А. А. Козлитин, В. В. Лебедева, И. Н. Непочатых // Научный вестник НИИГД «Респиратор». – Донецк. – 2020. – № 4(57). – С. 26-32.

## АНАЛИЗ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ЛЮДСКИХ ПОТОКОВ ПРИ ЭВАКУАЦИИ В ЗДАНИЯХ

### ANALYSIS THE MATHEMATICAL MODELS OF HUMAN FLOWS DURING EVACUATION IN BUILDINGS

**Киричевский Ростислав Викторович**

Канд. техн. наук, доцент

Доцент

E-mail: rost71@mail.ru

**Михайлов Дмитрий Викторович**

Канд. техн. наук, доцент

Заместитель директора Института  
гражданской защиты, заведующий  
кафедрой

E-mail: igz.lnu@mail.ru

**Голдованский Алексей Вячеславович**

Старший преподаватель

E-mail: igztaktika@mail.ru

ГОУ ВО ЛНР «ЛГУ им. В. Даля»

*Краткий анализ математических моделей людских потоков показал, что все они имеют некоторые недостатки. Это, однако, не является препятствием для того, чтобы использовать некоторые из них в нормативных документах для расчета времени эвакуации людей при возникновении пожаров в жилых зданиях и зданиях общего назначения. Появление новых модифицированных моделей говорит о том, что необходимо на государственном уровне пересмотреть методики расчетов различных величин по оценке пожарного риска.*

**Ключевые слова:** время эвакуации, модель социальных сил, метод Рунге-Кутты, клеточные автоматы, индивидуально-поточная модель.

**Введение**

Мировая статистика пожаров показывает, что среди объектов различного назначения жилые здания являются наиболее пожароопасными, поскольку в них происходит более 70 % от общего числа пожаров [1]. Статистика такого рода дает актуальную информацию для

**Rostislav Kirichevskiy**Candidate of Technical Sciences, Associate  
Professor

Associate Professor

E-mail: rost71@mail.ru

**Dmitriy Mikhaylov**Candidate of Technical Sciences, Associate  
ProfessorDeputy Director of the Institute of Civil  
Protection, Head of Department

E-mail: igz.lnu@mail.ru

**Aleksei Goldovanskiy**

Senior Lecturer

E-mail: igztaktika@mail.ru

V. Dahl Lugansk State University

*A brief analysis of mathematical models of human flows showed that they all have some drawbacks. However, this is not an obstacle to using some of them in regulatory documents to calculate the time of evacuation of people in case of fires in general purpose buildings. The appearance of new modified models suggests that it is necessary at the state level to revise the methods for calculating various quantities for assessing fire risk.*

**Keywords:** evacuation time, social forces model, Runge-Kutta method, finite automata model, individual flow model.

многих отраслей, но в первую очередь, это относится к строительной отрасли: планировка зданий и помещений выполняется с учетом безопасности, включая возможность эвакуации людей, и с использованием огнестойких материалов [2; 3]. Несмотря на предпринимаемые меры все государства несут серьезный урон в виде человеческих жертв и материальных потерь от произошедших пожаров.

Одним из важных факторов, позволяющих минимизировать потери, является расчетное время эвакуации людей. При этом предлагается использовать различные математические модели людских потоков через пути эвакуации. При возникновении пожаров в помещениях, зданиях, сооружениях в качестве путей эвакуации людей используют коридоры, холлы, вестибюли, тамбуры, лестничные клетки, основным назначением которых является обеспечение выхода людей в безопасную зону [2].

Рассчитанное время эвакуации людей из зданий при фактическом состоянии путей эвакуации сравнивается со временем достижения опасных факторов пожара, затем рассчитывается величина индивидуального пожарного риска. Именно ее значение используется для подтверждения обеспечения пожарной безопасности жилых зданий или иных сооружений.

### **Изложение основного материала**

Представление о структуре людского потока, в котором постоянно изменяются расстояния между идущими людьми, требует в процессе моделирования его движения учета многих факторов, в частности, психоэмоциональных и физиологических особенностей людей, дополнительных пожарных выходов, кинематических закономерностей движения, топологии здания. Однако в современных реалиях прикладное программное обеспечение, например, AnyLogic, Simulex, FDS+Evac, Oasys MassMotion, Myriad, Floor Field, PathFinder, STEPS, Exodus, Grid Flow, PathFinder, PTV Vision VISSIM, PedGo, ZET, RINTD-Evac, SDLP, FMT, предназначенное для моделирования движения людей, использует исключительно упрощенные микроскопические (позволяют детально моделировать не только очаги возгорания, зоны с повышенным задымлением, обвалы внутренних помещений зданий, но и поведение эвакуирующихся людей) или макроскопические (моделируют крупномасштабные пожары) модели [2; 4–8]. Перемещения людей обычно описывают моделями двух основных типов: агентными или потоковыми. Движение потока задают либо непрерывными функциями либо моделируют путем отслеживания смещений проекций людей, аппроксимированных эллипсами, за небольшие дискретные временные интервалы, которые описывают состояние потока в определенный интервал времени [6].

В Российской Федерации для оценки эффективности мероприятий по обеспечению безопасности людей при пожаре расчетное время эвакуации людей рекомендовано вычислять на основе трех моделей: упрощенной аналитической, индивидуально-поточной и имитационно-стохастической [2; 6]. В ЛНР подобные рекомендации отсутствуют.

Упрощенная аналитическая модель применима в простейших ситуациях движения потоков людей. Модель индивидуально-поточного движения позволяет определять координату каждого человека в момент времени  $t$  по выражению (1):

$$x_i(t) = x_i(t - \Delta t) - v_i(t)\Delta t, \quad (1)$$

где  $\Delta t$  – промежуток времени, с;

$x_i(t - \Delta t)$  – координата  $i$ -го человека в предыдущий момент времени, м;

$v_i(t)$  – скорость  $i$ -го человека в момент времени  $t$ , м/с.

В работах В.В. Холщевникова с соавторами [2] на основе исследований сделан вывод, что индивидуально-поточная модель не отражает качественной сути закономерностей

движения людских потоков и, как следствие, дает числовые значения параметров процесса эвакуации, которые неадекватны требуемым при вероятности  $P = 0,999$  в расчетах индивидуального пожарного риска.

Имитационно-стохастическая модель движения людских потоков представляет поток в виде совокупности движений отдельных людей, каждый из которых обладает ситуативной реакцией на изменение условий внешней среды. Согласно [6] распределение  $n_j$  людей в потоке принимается равномерным на участках шириной  $b_j$  и длиной  $a_j$  и в начальный момент  $t_0$  на каждом элементарном участке, занимаемом потоком, плотность людского потока  $D_j(t_0)$  определяется выражением (2):

$$D_j(t_0) = \frac{n_j(t_0)}{b_j \Delta a_j}. \quad (2)$$

Такие модели нечувствительны к изменениям линейных размеров путей эвакуации и размеров людей. В работах [5; 7] представлены модифицированные имитационно-стохастические модели с использованием конечных автоматов. В частности, модель на основе клеточных автоматов учитывает зависимость скорости движения человека от плотности, возраста, эмоционального состояния, группы мобильности, хотя невозможность учета изменения ширины коридоров, различных размеров людей делают и эту модель не достаточно соответствующей реальности.

Одна из ранних моделей потоковой людской динамики основана на газокинетической теории (людей представляют молекулами в сжиженном газе), поскольку функция распределения скорости движения оказалась сопоставимой с распределением Максвелла-Больцмана по скоростям и координатам, см. выражение (3). Такое представление оказалось моделью низкой точности [2].

$$n(v_x, v_y, v_z, x, y, z) = const \cdot \exp\left(-\frac{m_r(v_x^2 + v_y^2 + v_z^2)}{2kT} - \frac{U(x, y, z)}{kT}\right), \quad (3)$$

где  $n$  – число молекул;

$U$  – потенциальная энергия молекулы в точке с координатами  $x, y, z$  и проекциями скорости  $v_x, v_y, v_z$ .

Не отражающей действительность также признана модель притягивающих сил, основанная на законе Кулона (в магнитном поле людей представляют положительными зарядами, а цели движения – отрицательными).

В пакетах AnyLogic и PTV Vision VISSIM для моделирования людских потоков применяют модель социальных сил, в которой движение человека описывается суммой действующих на него сил (движущей силы, силы трения, отталкивания и др.). Решение полученной системы обыкновенных дифференциальных уравнений дает возможность узнать положение человека в пространстве, его скорость, ускорение в любой момент времени. При этом применяют методы Эйлера, предиктора-корректора, Рунге-Кутты (используют расчетные формулы 4-го и высших порядков) или Гира. Не смотря на возможное достижение довольно высокой точности результатов, AnyLogic чаще применяют при проектировании торговых центров, общественных зданий, терминалов в аэропортах, а не организации экстренных эвакуаций.

Область перемещения людей в зданиях также представляют по-разному: либо на область накладывают сетку либо представляют в виде графа, в котором вершинами служат отдельные

участки путей движения, а ребрами – переходы между ними (см. рис. 1, 2). Например, в [3] применяют заданный выражением (4) двудольный граф  $G$ :

$$G = (M \cup B, \Gamma), M \cup B = U, M \cap B = \emptyset, \Gamma: U \rightarrow U, \quad (4)$$

где  $M$  – подмножество вершин (участки пути движения: помещения, комнаты, лестницы, коридоры);

$B$  – подмножество ребер, посредством которых вершины подмножества  $M$  соединены между собой;

$\Gamma(x)$  – правило, по которому любой вершине из подмножества  $M$  сопоставляются связанные с ней элементы из множества  $B$  и любому элементу из подмножества  $B$  сопоставляются связанные с ним элементы из подмножества  $M$  (часто оно имеет вид ЕСЛИ..., ТО...).

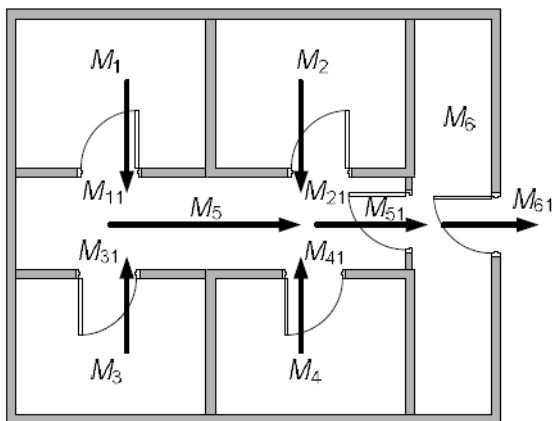


Рис. 1. Пример плана эвакуации

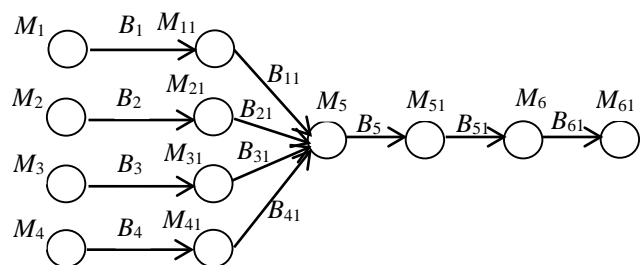


Рис. 2. Пример графа на основе плана эвакуации

Анализ некоторых зарубежных моделей [8] показал, что они также часто используют некорректные зависимости между параметрами людских потоков, как, например, в PathFinder при плотности потока более  $0,55$  чел/м<sup>2</sup>. Кроме того, в работе [4] сделан вывод, что время начала эвакуации относится к очень сложно прогнозируемым параметрам, достоверные результаты о нём отсутствуют (хотя и нормированы), но крайне необходимы при организации эвакуации при пожаре.

### Выводы и перспективы дальнейшего исследования

Анализ математических моделей людских потоков показал, что необходимо обратить внимание на модель социальных сил и модели на основе клеточных автоматов и предложить методики расчета времени эвакуации людей при пожарах в жилых зданиях и сооружениях на основе этих моделей.

Ни одна из рассмотренных моделей не учитывает всех факторов движения потока людей при возникновении чрезвычайной ситуации. В одних моделях не учитываются различия в метрических характеристиках индивидов, сложность инфраструктуры, топология здания, в других – психоэмоциональные состояния людей. Тем не менее, некоторые модели считают адекватными описываемым ими процессам и используют при моделировании чрезвычайных ситуаций, в частности простейших ситуаций, связанных с эвакуацией людей при пожарах.

**Библиографический список**

1. Статистика пожаров [Электронный ресурс] // ПожараНет! : сайт. – Электрон. дан. – [б. м.]. – Режим доступа: <https://pozharanet.com/pozhar/statistika-pozharov.html#i-5>. – Дата обращения: 02.02.2022. – Загл. с экрана.
2. Эвакуация и поведение людей при пожарах : учебное пособие / В. В. Холщевников [и др.]. – Москва : Академия ГПС МЧС России, 2015. – 262 с.
3. СП 1.13130.2020 Системы противопожарной защиты. Эвакуационные пути и выходы [Электронный ресурс] : Утвержден приказом МЧС России № 194 от 19.03.2020г. : действующ. ред. // Официальный сайт Судебные и нормативные акты РФ. – Электрон. дан. – [б. м.]. – Режим доступа: <http://sudact.ru/Законодательство/sp-1.13130.2020-svod/>. – Дата обращения: 02.02.2022. – Загл. с экрана.
4. Белосохов, И. Р. К проблеме формирования продолжительности времени начала эвакуации людей при пожаре [Электронный ресурс] / И. Р. Белосохов // Технологии техносферной безопасности. – 2011. – Вып. № 2(36) // Архив публикаций конференций «Системы безопасности» : сайт. – Электрон. дан. – [б. м.]. – Режим доступа: <http://ipb.mos.ru/ttb>. – Дата обращения: 02.02.2022. – Загл. с экрана.
5. Алексейцев, А. В. Модель движения людских потоков с использованием индивидуального конечного автомата / А. В. Алексейцев, Н. С. Курченко // Строительство. Экологическая безопасность строительства и городского хозяйства. – 2018. – С. 139–146.
6. Пожарная безопасность. Сборник документов [Электронный ресурс] / А. А. Агапов [и др.] // Меганорм : сайт. – Электрон. дан. – Москва, 2016. – Режим доступа: <https://meganorm.ru/Data2/1/4293828/4293828231.htm>. – Дата обращения: 02.02.2022. – Загл. с экрана.
7. Мяз, М. А. Моделирование и оптимизация эвакуации посредством клеточного автомата / М. А. Мяз // Системный анализ в проектировании и управлении. – 2019. – С. 368–373.
8. Колодкин, В. М. Валидация модели адаптивного управления движением людских потоков в динамической среде ограниченного пространства / В. М. Колодкин, Б. В. Чирков // Вестник Удмуртского университета. Математика. Механика. Компьютерные науки. – 2020. – Т. 30. – Вып. 3. – С. 480–496.

УДК 418.62

## ОПТИМИЗАЦИЯ РАБОТЫ ГАЗОДЫМОЗАЩИТНОЙ СЛУЖБЫ В ПОЖАРНО-СПАСАТЕЛЬНЫХ ПОДРАЗДЕЛЕНИЯХ МЧС ДНР

### OPTIMIZATION OF THE WORK OF THE GAS AND SMOKE PROTECTION SERVICE IN THE FIRE AND RESCUE UNITS OF EMERCOME OF THE DPR

**Кириян Александр Андреевич**  
Майор службы гражданской защиты  
Магистрант  
E-mail: Kiryan\_05@mail.ru

ГБОУ ВО «АГЗ МЧС ДНР»

*В работе рассмотрены проблемные вопросы работы газодымозащитной службы в подчиненных подразделениях МЧС, а именно, повышение уровня подготовки газодымозащитников, расположение баз ГДЗС, увеличение времени защитного действия газодымозащитников в непригодной для дыхания среде.*

**Ключевые слова:** баллон, газодымозащитник, непригодная среда, усовершенствование, ликвидация.

#### Введение

Газодымозащитная служба (ГДЗС) – это комплекс мероприятий, который проводится в подчиненных подразделениях МЧС ДНР для организации, подготовки и проведения пожарно-спасательных и аварийно-спасательных работ в непригодной для дыхания среде при тушении пожаров, ликвидации последствий аварий и стихийных бедствий.

По указанию руководителя тушения пожара, в зависимости от обстановки на пожаре, исходя из имеющихся на месте пожара сил и средств ГДЗС и характера поставленных задач на ведение действий в зоне с непригодной для дыхания средой формируются звено ГДЗС, звено ГДЗС – сформированная и подготовленная для ведения действий по тушению пожара и проведению аварийно-спасательных работ в зоне с непригодной для дыхания средой группа газодымозащитников, объединенная поставленной задачей и единым руководством, в состав которого входит командир звена и несколько газодымозащитников [1].

Однако не всегда введение звеньев ГДЗС является правильным и безопасным решением. Конструктивные особенности аппаратов не позволяют работать в непригодной для дыхания среде длительное количество времени. Следует рассмотреть альтернативные варианты для оптимизации работы ГДЗС.

#### Изложение основного материала

На практике известны следующие виды средств удаления продуктов горения, такие как дымососы, фильтры, аспирационные устройства. Но большинство этих средств имеет ограниченные возможности применения, так как они не всегда могут быть эффективно

**Aleksander Kiryan**  
Major of the Civil Protection Service  
Master's Degree Student  
E-mail: Kiryan\_05@mail.ru

The Civil Defence Academy of EMERCOM  
of the DPR

*The paper considers the problematic issues of the work of the gas and smoke protection service in the subordinate units of EMERCOM, namely, increasing the level of training of gas and smoke protection, the location of the GDZS bases, increasing the time of the protective action of gas and smoke protection in an environment unsuitable for breathing.*

**Keywords:** balloon, gas and smoke protector, unsuitable environment, improvement, liquidation.

использованы в силу своих технических возможностей, особенностей планировки и назначения сооружений, характера развития пожара и распространения продуктов горения.

Работа пожарных в средствах индивидуальной защиты органов дыхания и зрения (СИЗОД) имеет свои особенности. Часто пожарным приходится преодолевать значительные расстояния в СИЗОД с необходимым пожарно-техническим вооружением, прежде чем они достигнут очага пожара. Объясняется это особенностями зданий и сооружений, а именно, большой площадью помещений, цехов, повышенной высотностью зданий и сооружений. Это приводит к длительной работе в СИЗОД и требует от пожарных специальных знаний и подготовки. Большое практическое значение имеет борьба с задымлением на начальной стадии пожара в небольших помещениях жилых и административных зданий, производственных и складских помещениях при неразвившемся пожаре.

Актуальность этого вопроса в настоящее время становится все значительнее в связи с расширением использования материалов и изделий на основе полимеров, горение и тление которых сопровождается выделением большого количества дыма и токсичных веществ. Сгорание незначительного количества подобных материалов приводит к потере видимости и существенно усложняет обнаружение очага пожара и его ликвидацию. Отсутствие эффективных средств борьбы с задымлением в ряде случаев является причиной перехода пожара в развитую стадию. Поэтому для работы в непригодной для дыхания среде была организована газодымозащитная служба [2].

Опыт тушения крупных и сложных пожаров показывает, что на результаты действий подразделений МЧС самым непосредственным образом влияет уровень организации газодымозащитной службы. Своевременное и правильное использование этой службы позволяет значительно сократить время тушения пожара, уменьшить убытки от пожаров, а главное, вовремя оказать необходимую помощь людям. Разнообразный характер деятельности газодымозащитной службы обуславливает необходимость обучения личного состава, имеющего на вооружении средства индивидуальной защиты органов дыхания и зрения, и регулярного проведения тренировок газодымозащитников. Для успешного выполнения боевых задачи в условиях эмоциональных и физических перегрузок, будет рассмотрено несколько вариантов усовершенствования газодымозащитной службы.

Первый вариант усовершенствования газодымозащитной службы, введение в боевой расчет АБГ (рис. 1). Автомобиль-база ГДЗС (АБГ) необходим для тушения крупных и затяжных пожаров, где для тушения и проведения аварийно-спасательных работ привлекаются звенья ГДЗС.

Данный автомобиль служит для доставки к месту пожара либо проведения аварийно-спасательных работ (аварии) техники и необходимого оснащения для заправки, проверки, ремонта и технического обслуживания дыхательных аппаратов со сжатым воздухом, доставки к месту пожара (аварии) боевого расчета, пожарно-технического вооружения и аварийно-спасательного инструмента, и оборудования. Это своего рода штаб ГДЗС. Такой автомобиль окажет помощь при ликвидации крупных затяжных пожаров, обеспечивая возможность оперативной заправки и смены воздушных баллонов для газодымозащитной службы, а также в отслеживании жизненно важных показателей сотрудников МЧС в составе звена, в том числе корректировки их деятельности.

АБГ (4308) служит самостоятельной боевой единицей, снабжен высокопроизводительной компрессорной установкой, которая служит для быстрого наполнения сжатым воздухом дыхательных аппаратов. Компрессор одновременно с дополнительными системами обеспечивает стабильную работу и все функции по заполнению сжатым воздухом баллонов дыхательных аппаратов до наибольшего рабочего давления.

В автомобиле АБГ (4308) внушительный объем ресиверов, есть мощная энергосиловая установка, возможность совместной заправки восьми баллонов, вместительный салон для работы расчета, выдвижной навес для защиты от плохой погоды.



Рис. 1. Автомобиль-база ГДЗС АБГ (4308)

Все плюсы данного изобретения.

Следует выделить возможность вывоза личного состава, заправка аппаратов возле выполнения боевой задачи. Также в автомобиле есть все условия для проверки, технического обслуживания и ремонта аппаратов. Мощности насоса в автомобиле хватает на то, чтобы одновременно зарядить 8 баллонов, это 2 звена по 3-4 человека.

В связи с этим, улучшается продуктивность работы газодымозащитной службы, сокращается время ожидания звеном заправленных/резервных баллонов.

Другим плюсом является укомплектованность автомобиля (рис. 2), а именно:

- выдвижной навес для защиты от непогоды;
- 30 воздушных баллонов объемом 7 л;
- 5 панорамных масок для аппаратов на сжатом воздухе;
- высокопроизводительный компрессор;
- большой объем ресиверов;
- внешняя и внутренняя панели для заправки баллонов;
- мощная энергосиловая установка;
- просторный салон для работы расчета;
- рабочее место для обслуживания дыхательных аппаратов;
- система ориентирования в задымленном пространстве.

Главным недостатком введения данной техники является ее стоимость. Стоимость самого автомобиля, а также стоимость вооружения этого автомобиля, всё это сводится к финансовому вопросу.



Рис. 2. Укомплектованность АБГ (4308)

Исходя из вышеуказанного, эксплуатация данных автомобилей была бы очень полезна в работе газодымозащитной службы. Не стоит снабжать такими автомобилями каждую пожарно-спасательную часть, достаточно приобрести несколько передвижных баз в определенные Государственные пожарно-спасательные отряды МЧС. Из этих отрядов автомобиль-база ГДЗС (4308) может выезжать на крупные пожары. Тактико-технические характеристики данного автомобиля приведены в таблице.

Таблица

Тактико-технические характеристики АБГ (4308)

Шасси	КАМАЗ-4308
Габариты: длина/ширина/высота, мм	7600/2550/3300
Полная масса, кг	11305
Двигатель дизельный с турбонаддувом	Cummins ISB6.7E5250
мощность, кВт/л.с.	178/242
Максимальная скорость, км/ч	90
Мощность ЭСУ, кВт	36
Компрессорная установка	
рабочее давление компрессора/ресивера, МПа	45
производительность, л/мин	400
объем ресивера, л	400
панели с 4-мя штуцерами для зарядки, шт	внутренняя + внешняя
Число мест, включая водителя	4

Второй вариант усовершенствования – это кислородный изолирующий противогаз (КИП), который в разы лучше, чем аппараты на сжатом воздухе, так как КИПы более компактны, а также время защитного действия больше, чем у аппаратов на сжатом воздухе. Однако, обслуживание КИПов в разы дороже, чем современных аппаратов. Как альтернативу можно рассматривать аппараты на химически связанном кислороде, которые имеют ряд достоинств по отношению к аппаратам на сжатом воздухе.

Также немаловажным вопросом, является размещение и расположение баз ГДЗС в подразделениях МЧС ДНР [3]. Например, в городе Донецке, который находится в Донецкой Народной Республике, одна база ГДЗС (рис. 3). Следует увеличить количество баз, потому что Донецк является большим городом, а для заправки аппаратов на сжатом воздухе следует преодолеть довольно большое расстояние, а также потратить большое количество времени, что негативно сказывается на боеготовности пожарно-спасательных подразделений. На рисунке 3 показаны рабочие помещения базы ГДЗС Государственного пожарно-спасательного отряда г. Донецк.



Рис. 3. База ГДЗС

Также важным аспектом в работе ГДЗС является психологическая, физическая, тактическая подготовка пожарных-спасателей.

Специфическая особенность деятельности газодымозащитника характеризуется тем, что работы ведутся в условиях, опасных для жизни из-за возможности взрывов и обвалов, ограниченной видимости или полного ее отсутствия, высокой температуры (выше 60 °С), большой физической нагрузки, ограниченного пространства и т.д. Все эти факторы затрудняют боевую деятельность газодымозащитников и требуют их особой психологической подготовки [4].

Физическая подготовка играет большую роль для газодымозащитника, ведь вес только аппарата может достигать 15 кг. Поэтому необходимо выделять период времени в распорядке дня, в котором будет установлено время для занятий физическими упражнениями. Такими как: жим лежа, подтягивание, бег на дистанции 1 км, 3 км.

Психологическая подготовка газодымозащитника осуществляется на учебно-тренировочных занятиях, учениях, при тушении пожара. Уровень нервно-психологического напряжения газодымозащитника в боевой обстановке зависит от индивидуальных особенностей его личности, профессионального мастерства.

Для повышения профессионального мастерства газодымозащитника целесообразно проводить тренировки в среде, близкой к боевой. Такая среда, например, может создаваться в теплодымокамере.

В каждом Государственном пожарно-спасательном отряде МЧС ДНР есть специалисты по психологической помощи пожарным-спасателям, а также комнаты для психологической разгрузки. Психологи проводят регулярно тестирование, а также при необходимости оказывают помощь.

Тактическая, психологическая, физическая подготовка газодымозащитников один из важнейших аспектов подготовки службы ГДЗС, ведь без перечисленных компонентов работа в аппарате может привести к плохим последствиям.

### **Выводы**

На сегодняшний день служба ГДЗС не в полной мере обеспечивает полную безопасность газодымозащитника, поэтому предлагается рассмотреть вопрос постановки на вооружение специальной техники АБГ (4308), которая сможет обеспечить качественную замену СИЗОД после работы в нем непосредственно вблизи места тушения пожара. Также были рассмотрены варианты замены СИЗОД на сжатом воздухе на кислородно-изолирующие противогазы. Особое внимание следует уделить психологической, физической, тактической подготовке газодымозащитника. Спасатель, который не владеет навыками работы в аппарате, не сможет выполнять работы по спасению людей и тушению пожаров, а также ставит под угрозу не только свою жизнь, а также жизнь всех членов звена ГДЗС. Психологически уравновешенный газодымозащитник – это залог успешной работы всего звена ГДЗС, поэтому особая роль возлагается на начальников подразделений, которые следят за психологическим климатом своего подчинённого личного состава, а также на психологов, которые регулярно обязаны проводить контроль психологического состояния сотрудников МЧС ДНР.

### **Библиографический список.**

1. Сверчков, Ю. М. Организация газодымозащитной службы (ГДЗС) на пожарах : учеб. пособие / Ю. М. Сверчков. – Москва : Академия ГПС МЧС России, 2005. – 80 с.
2. Грачев, В. А. Газодымозащитная служба / В. А. Грачев, В. В. Тербнев, Д. В. Поповский. – Москва : Пожнаука, 2009. – 328 с.
3. Временное наставление по организации газодымозащитной службы в пожарно-спасательных и аварийно-спасательных подразделениях МЧС ДНР : Приказ МЧС ДНР № 343 от 30.10.2018 г. – Донецк, 2018. – 78 с.
4. Ковтунович, М. Г. Психологическая подготовка спасателей : учеб. пособие / М. Г. Ковтунович. – Москва, 2007. – 280 с.

УДК 614.84:006.44

**ГОСУДАРСТВЕННОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ И ПРОБЛЕМЫ  
СТАНДАРТИЗАЦИИ В ОБЛАСТИ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ****STATE REGULATION AND PROBLEMS OF STANDARDIZATION  
IN THE FIELD OF FIRE SAFETY****Кохонович Алексей Николаевич**

Старший научный сотрудник

E-mail: kohonovich.job@mail.ru

**Григорьева Елена Михайловна**

Старший научный сотрудник

E-mail: tk\_274@mail.ru

**Аксютин Павел Геннадьевич**

Младший научный сотрудник

E-mail: speebcab@mail.ru

Федеральное государственное бюджетное учреждение «Всероссийский Ордена «Знак Почета» научно-исследовательский институт противопожарной обороны МЧС России»  
(ФГБУ ВНИИПО МЧС России)

*В статье рассмотрены вопросы государственного управления в области пожарной безопасности, установлен ряд проблемных вопросов экономического регулирования пожарной безопасности. Приведены особенности разработки документов по стандартизации – сводов правил, межгосударственных и национальных стандартов. Рассмотрены основные проблемы, возникающие при разработке как межгосударственных, так и национальных стандартов. Приведены результаты проведенного краткого анализа (внутреннего аудита) деятельности национального технического комитета по стандартизации ТК 274 «Пожарная безопасность».*

**Ключевые слова:** технические комитеты по стандартизации, пожарная безопасность, техническое регулирование, стандарт, свод правил, публичное обсуждение, консенсус.

**Alexey Kohonovich**

Senior Scientist

E-mail: kohonovich.job@mail.ru

**Elena Grigorieva**

Senior Researcher

E-mail: tk\_274@mail.ru

**Pavel Aksyutin**

Junior Researcher

E-mail: speebcab@mail.ru

Federal State-Financed Establishment «All Russian Research Institute for Fire Protection of Ministry of Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters»  
(FGBU VNIPO of EMERCOM of Russia)

*The issues of public administration in the field of fire safety have been examined. A number of problematic issues of economic regulation of fire safety have been identified. The features of the development of standardization documents – codes of rules, interstate and national standards are given. The main problems arising in the development of both interstate and national standards are considered. The results of a brief analysis (internal audit) of the activities of the National Technical Committee for Standardization TC 274 “Fire Safety” are presented.*

**Keywords:** technical committees for standardization, fire safety, technical regulation, standard, code of rules, public discussion, consensus.

## **Введение**

Одним из главных факторов, определяющих государственную политику в области обеспечения пожарной безопасности, является поиск приемлемого для государства и общества уровня затрат финансовых и материальных ресурсов, на которые граждане, организации и государство согласны пойти, внедряя в зданиях и сооружениях, в том числе и жилом секторе, системы и средства противопожарной защиты, а также иметь необходимое количество сил пожарной охраны.

## **Изложение основного материала**

С переходом к рыночной модели экономического развития перед системой государственного управления в области пожарной безопасности остро встали вопросы поиска баланса между финансовыми затратами на обеспечение противопожарной защиты объектов и эффективностью систем обеспечения их пожарной безопасности. Поиск этого баланса, по сути, продолжается до сих пор. Система обеспечения пожарной безопасности (далее – СОПБ) является сложной и витиеватой структурой с большим количеством участников, широким кругом функций, задач и полномочий.

При этом для всех элементов СОПБ, упомянутых в ст. 3 Федерального закона от 21 декабря 1994 № 69-ФЗ «О пожарной безопасности», мероприятия по реализации государственной политики в области пожарной безопасности требуют источников ресурсного обеспечения, которыми в соответствии с п. 27 Основ государственной политики Российской Федерации в области пожарной безопасности на период до 2030 года, утвержденных Указом Президента Российской Федерации от 01 января 2018 года № 2, являются федеральный бюджет, бюджеты субъектов Российской Федерации, местные бюджеты и средства организаций.

В соответствии с п. 28 Основ государственной политики механизмами ресурсного обеспечения мероприятий по реализации государственной политики в области пожарной безопасности являются:

- а) разработка и издание нормативных правовых актов, устанавливающих порядок планирования и финансирования названных мероприятий;
- б) учет необходимости ресурсного обеспечения названных мероприятий при разработке стратегий социально-экономического развития субъектов Российской Федерации, документов территориального планирования и государственных (муниципальных) программ;
- в) оптимизация финансовых и материальных ресурсов, предусматриваемых федеральным органам исполнительной власти, органам исполнительной власти субъектов Российской Федерации и органам местного самоуправления на обеспечение пожарной безопасности.

Финансовой составляющей в сфере государственного управления в области пожарной безопасности также посвящена ст. 10 Федерального закона № 69-ФЗ [1] и отдельные положения статей данного закона, регулирующих полномочия органов государственной власти и местного самоуправления.

По сути, на законодательном уровне достаточно четко определено, что финансирование затрат на обеспечение пожарной безопасности осуществляется в объеме и по вопросам, закрепленным в полномочиях органов власти того или иного уровня, а также в правах и обязанностях организаций и граждан.

При этом в плоскости технического регулирования, в том числе противопожарного нормирования и стандартизации, существует целый ряд проблемных вопросов экономического регулирования пожарной безопасности.

Перечислим лишь некоторые из них:

Во-первых, переход от обязательных требований нормативных документов в строительстве и норм пожарной безопасности к техническому регулированию с применением добровольных документов по стандартизации так и не подтолкнул к созданию в стране

адекватной и современной системы противопожарного страхования, увязанной как с имущественными рисками собственника объекта защиты, так и с потенциальными рисками имуществу третьих лиц.

Во-вторых, требования добровольных документов по стандартизации, в результате применения которых обеспечивается соблюдение положений Федерального закона от 22.06.2008 № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» и Федерального закона от 30.12.2009 № 384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений», носят условно добровольный характер, ввиду отсутствия необходимого и достаточного количества расчетных методов оценки и обоснования уровня обеспечения пожарной безопасности по различным аспектам (методики расчета величин пожарного риска для объектов жилого, общественного и производственного назначения имеют определенные ограничения по областям их применения).

В-третьих, стоимость разработки и реализации мероприятий по обеспечению пожарной безопасности) является крайне высокой (возможно, завышенной) по целому ряду причин, среди которых такие как:

- противоречивость, избыточность и архаика отдельных требований пожарной безопасности как в нормативных документах МЧС России, так и Минстроя России (как основных регуляторов технических требований к зданиям и сооружениям);

- дороговизна проектных решений, построенных с применением импортного оборудования, ввиду отсутствия качественных отечественных аналогов;

- отсутствие должного системного финансирования на проведение научных исследований, в том числе натуральных и крупномасштабных экспериментов, с целью последующей корректировки как обязательных, так и добровольных требований;

- низкое качество проектирования мероприятий по обеспечению пожарной безопасности, в том числе по причинам падения качества инженерного образования в этой области.

- отсутствие квалифицированных кадров в органах государственной и негосударственной экспертизы проектной документации;

- коррупционные явления и т.д.

В-четвертых, разрозненность системы оценки соответствия объектов защиты требованиям пожарной безопасности, обусловленная в том числе исключением органов государственного пожарного надзора из этапов проектирования и приема и ввода в эксплуатацию объектов защиты (на контролируемой стадии эксплуатации выявляются нарушения капитального характера, устранение которых либо не представляется возможным, либо требует значительных финансовых и ресурсных затрат).

К сожалению, вышеописанные проблемные вопросы оказывают значительное влияние на экономическое развитие, как отдельных субъектов Российской Федерации, так и страны в целом.

Необходимо отметить еще один немаловажный негативный момент современного состояния вопроса разработки нормативных документов, содержащих требования пожарной безопасности. Актуализация сводов правил в области пожарной безопасности в 2018–2021 гг. проводилась в полном соответствии с Правилами разработки, утверждения, опубликования, изменения и отмены сводов правил, утвержденными постановлением Правительства Российской Федерации от 01 июля 2016 года № 624. Все предусмотренные процедуры, включающие такие стадии как публичное обсуждение, экспертиза в профильном ТК 274 «Пожарная безопасность», согласование в ТК из смежных областей, проведены в строгом соответствии с Правилами. При этом по отдельным проектам документов проводились дополнительные консультации и обсуждения с заинтересованными сторонами, такими как крупные российские застройщики жилья, производители систем противопожарной защиты, проектные и научные организации. По отдельным нововведениям, а также исключениям устаревших и избыточных требований, разработчики документов получили положительные

отзывы и поддержку со стороны профессионального сообщества, пользователей документов, органов государственного контроля (надзора). Как уже указывалось, очевидная избыточность требований при отсутствии альтернативных подходов влечет увеличение затрат на проектные, строительные, монтажные и пуско-наладочные работы, а также на обслуживание и эксплуатацию объектов защиты и их инженерных систем. При этом существуют категории пользователей нормативных документов, для которых отдельные послабления или исключение требований влекут за собой потери потенциальных рынков сбыта продукции и дополнительной прибыли соответственно. Корни таких проблем имеют различное происхождение. Решение их зависит во многом от государственных регуляторов той или иной отрасли, а также от самих разработчиков документов и федерального органа исполнительной власти, утверждающего документ. В любом случае, универсальные решения подобных проблемных вопросов, к сожалению, отсутствуют. И каждый такой случай необходимо рассматривать индивидуально и всесторонне, в том числе на самых ранних стадиях разработки нормативных документов.

На сегодняшний день разработаны 80 проектов стандартов из 84, закрепленных за Российской Федерацией. При этом приняты МГС всего лишь 5 стандартов. Остальные проекты находятся на различных стадиях согласования, доработки, редактирования и пр.

Процесс разработки межгосударственных стандартов, на практике, оказался куда более сложной задачей, чем разработка самого ТР ЕАЭС 043/2017 «О требованиях к средствам обеспечения пожарной безопасности и пожаротушения» как по количеству вовлеченных трудовых ресурсов и временных затрат, так и по уровню проблемности задач, которые необходимо решить на всех этапах разработки документов.

Во-первых, в отличие от текста технического регламента [2], который практически не содержит параметрических величин, стандарты – это технические документы, содержащие множество конкретных числовых значений, диапазонов измерений, ссылок на смежные стандарты, методик исследований (испытаний) и детализированных требований к техническим средствам, устройствам и оборудованию.

Учитывая, что за более чем 20-летний период относительно независимого развития национальных систем стандартизации в странах-членах ЕАЭС подходы к установлению требований в области пожарной безопасности несколько разошлись, имеются существенные сложности с гармонизацией таких требований в рамках единого документа – межгосударственного стандарта.

Во-вторых, сам процесс разработки, представленный в общем виде на рисунке, достаточно многоэтапен.



Рис. Схематическое отображение этапов разработки ГОСТ в Российской Федерации

Здесь следует отметить, что экспертиза проекта ГОСТ в национальном ТК, его рассмотрение и одобрение могут занимать значительно большее время, чем процесс непосредственной разработки стандарта, проведение этапа публичного обсуждения и обработки замечаний и предложений. При этом после необходимо провести обязательное издательское редактирование, которое также требует значительных временных затрат, так как проводится единственным уполномоченным учреждением Росстандарта, и только после этого проект направляется на этап голосования в АИС МГС.

На этапе голосования поступают отзывы стран-участниц МГС с соответствующим голосом «ЗА», «ПРОТИВ» или «ВОЗДЕРЖАЛИСЬ». При наличии голоса(-ов) «ПРОТИВ» проект стандарт может быть отложен на неопределенный срок, в том числе из-за поступивших с голосом «ПРОТИВ» замечаний. Из практики, по отдельным проектам стандартов, такие замечания отбрасывают документ на этап внутригосударственного рассмотрения, так как полностью противоречат той концепции ГОСТ, которая была одобрена национальным ТК.

В-третьих, имеются существенные проблемы с обеспечением введения в действие уже принятого межгосударственного стандарта на территориях стран-участниц Союза.

Ввиду несовершенства процедур и механизмов взаимодействия и обмена информацией при разработке, присоединении и введении в действие в государствах-членах ЕАЭС вновь разработанных ГОСТ, регламентируемых основополагающими стандартами, наблюдаются случаи, когда уполномоченный государственный орган по тем или иным причинам пропустивший процедуру голосования, воздержавшийся при голосовании, а в отдельных случаях проголосовавший положительно, не предоставляет информацию в МГС о присоединении или неприсоединении к стандарту. Кроме того, данная информация зачастую не отражается в карточках стандартов в АИС МГС. Получить относительно точную информацию возможно только в каталоге межгосударственных стандартов на официальном сайте МГС [3]. Фактически отсутствует или не описан механизм автоматического присоединения всех стран, принявших участие в голосовании, при его общем положительном итоге (4 голоса «ЗА», включая разработчика, и отсутствии голосов «ПРОТИВ»). Четко не описан механизм взаимодействия (обязанностей) по информированию уполномоченного органа о необходимости предоставления позиции (присоединения) в случае неучастия в голосовании по тем или иным причинам. Данная проблематика требует комплексных решений, в том числе на уровне МГС.

Также в результате выполнения работы был проведен краткий анализ (внутренний аудит) деятельности технического комитета по стандартизации ТК 274 «Пожарная безопасность».

Как указывалось ранее, здесь также имеется ряд проблемных вопросов, в частности следующих:

1. Наблюдается нарушение сроков разработки стандартов, что влечет за собой невыполнение Программы национальной стандартизации, требует внесения в неё изменений в части продления сроков разработки и, как следствие, влечет за собой снижение рейтинга технического комитета и его деловой репутации.

2. Имеют место случаи немотивированного отказа организаций-членов ТК от взятых на себя обязательств по разработке проектов стандартов.

3. Замечания и предложения организаций по проектам стандартов зачастую немотивированны, оформлены ненадлежащим образом и предоставляются с существенными нарушениями сроков.

4. Крайне остро стоит вопрос с низкой активностью организаций в период публичных обсуждений документов. В результате замечания и предложения поступают только на этапе окончательного голосования по проектам. При этом повторные голосования и согласительные совещания, в различных форматах и режимах, далеко не всегда позволяют добиться требуемого консенсуса.

Так называемое «правило консенсуса», в том понимании, которое заложено в законодательстве Российской Федерации о стандартизации, Договоре о Евразийском

экономическом союзе, основополагающих межгосударственных и национальных стандартах, требует отсутствия голосов «ПРОТИВ» с возражениями по существу проектов национальных стандартов при голосовании в профильном техническом комитете Российской Федерации, и в отношении межгосударственных стандартов – как при голосовании в национальном ТК, так и при голосовании стран-членов МГС (включая страны ЕАЭС) в АИС МГС.

### **Выводы**

В результате низкой активности организаций-членов ТК в период публичного обсуждения проектов стандартов, являющегося по своей сути основным этапом рассмотрения документа и его экспертной оценки, возникают ситуации, при которых на этапе голосования проект получает значительное количество принципиальных, а зачастую и противоречивых замечаний и (или) предложений по корректировке, как от различных экспертных групп, так и от отдельных экспертов. Ухудшающим фактором является и то, что организации-члены ТК являются прямыми конкурентами на рынке производства средств обеспечения пожарной безопасности и пожаротушения. Площадка технического комитета, как обязательный элемент разработки практически любого документа по стандартизации, к огромному сожалению, превращается в поле конкурентной борьбы отдельных организаций и общественных объединений, преследующих сугубо коммерческие интересы своих предприятий в ущерб основным целям, задачам и принципам стандартизации.

### **Библиографический список**

1. О пожарной безопасности [Электронный ресурс] : Федеральный закон № 69-ФЗ от 21 дек. 1994 г. // Официальный интернет-портал правовой информации : сайт. – Электрон. дан. – [б. м.]. – Режим доступа: <http://publication.pravo.gov.ru/SignatoryAuthority/government>. – Загл. с экрана.
2. Технический регламент Евразийского экономического союза «О требованиях к средствам обеспечения пожарной безопасности и пожаротушения» (ТР ЕАЭС 043/2017) [Электронный ресурс] : Решение Евразийской экономической комиссии № 40 от 23 июня 2017 г. // ТестПром : сайт. – Электрон. дан. – [б. м.]. – Режим доступа: <https://www.testprom.ru/upload/source/PDF/tr-eaes-043-2017.pdf>. – Загл. с экрана.
3. Каталог межгосударственных стандартов [Электронный ресурс] // РОССТАНДАРТ. Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии : сайт. – Электрон. дан. – [б. м.]. – Режим доступа: <https://www.rst.gov.ru/portal/gost/home/standarts/cataloginter>. – Загл. с экрана.

## ЭФФЕКТИВНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПОДЗЕМНЫХ ПОЖАРОВ

### EFFICIENT TECHNOLOGY FOR SIMULATION OF UNDERGROUND FIRES

**Кравченко Михаил Валентинович**

Канд. физ.-матем. наук, старший научный  
сотрудник

Доцент

E-mail: [m.v.kravchenko@donnasa.ru](mailto:m.v.kravchenko@donnasa.ru)

ГОУ ВПО «Донбасская национальная  
академия строительства и архитектуры»

**Кравченко Наталия Михайловна**

Канд. техн. наук, старший научный  
сотрудник

Старший научный сотрудник

E-mail: [natalya1970k@gmail.com](mailto:natalya1970k@gmail.com)

ГУ «Институт проблем искусственного  
интеллекта»

*В аварийных условиях в подземных промышленных объектах газообразные продукты горения распространяются на большие расстояния. Необходимо оценивать влияние пожара на проветривание шахт и рудников, определять загазованные выработки – наиболее опасные для горнорабочих и спасателей. Рассматриваются методы решения данной задачи с помощью ПЭВМ.*

**Ключевые слова:** авария, подземный пожар, загазованные выработки, горнорабочие, спасатели.

**Введение**

Угольные шахты и горнорудные предприятия потенциально опасны. На этих подземных промышленных объектах чаще всего возникают чрезвычайные ситуации. С одной стороны, – это связано с увеличением объёмов добычи полезных ископаемых и повышением интенсивности труда, а с другой, – с усложнением горно-геологических условий и особенностями технологических процессов. Среди техногенных аварий больше всего происходит подземных пожаров. Связано это, с широким применением в шахтах резинотехнических изделий, минеральных и синтетических масел, конвейерных лент, электрических кабелей и прочих материалов, которые вместе с угольной пылью и метаном образуют легко воспламеняющуюся горючую смесь.

**Mikhail Kravchenko**

Candidate of Physical and Mathematical  
Sciences,

Senior Researcher

Associate Professor

E-mail: [m.v.kravchenko@donnasa.ru](mailto:m.v.kravchenko@donnasa.ru)

Donbass National Academy of Civil  
Engineering and Architecture

**Natalia Kravchenko**

Candidate of Technical Sciences, Senior  
Researcher

Senior Researcher

E-mail: [natalya1970k@gmail.com](mailto:natalya1970k@gmail.com)

Institute of Problems of Artificial Intelligence

*In emergency conditions in underground industrial facilities, gaseous combustion products spread over long distances. It is necessary to assess the impact of fire on the ventilation of mines, to determine the gassed workings – the most dangerous for miners and rescuers. Methods of solving this problem using a PC are considered.*

**Keywords:** accident, underground fire, gassed workings, miners, rescuers.

Пожары при определённых условиях могут быстро развиваться, а газообразные продукты горения тогда распространяются по сети горных выработок на большие расстояния. Основная опасность при этом – отравление или удушье горнорабочих. Более 95 % всех случаев гибели людей на негазовых шахтах при подземных пожарах – результат образования непригодной для дыхания рудничной атмосферы. Если при подземном пожаре сформируются мощные внутренние источники тяги, то они могут преодолеть напор вентиляторов в ряде выработок и опрокинуть в них поток воздуха, который был в нормальных условиях, что приводит к дезорганизации проветривания всего промышленного объекта.

Основная задача в случае возникновения аварии в шахте или руднике – выбор вентиляционного режима для быстрого вывода всех горнорабочих в безопасные места и ликвидации нештатной ситуации в кратчайшие сроки.

Аварийные режимы проветривания, как и условия их применения могут быть разными. Они должны обеспечивать:

- возможность вывода людей на поверхность или на свежую струю по путям с минимальной длиной загазованных выработок;
- кратчайший отвод продуктов горения из шахты;
- устойчивость проветривания шахты, при возникновении очагов возгорания в наклонных выработках;
- снижение интенсивности горения;
- возможность движения отделений горноспасателей по выработкам со свежей струёй воздуха;
- необходимые условия работы горноспасателей по ликвидации аварии со стороны свежей струи.

При составлении ПЛА и в ходе ликвидации аварий применяют следующие вентиляционные режимы [1]: сохранение нормального проветривания – основного вентиляционного режима, который был до аварии, но с увеличением или уменьшением расхода воздуха, поступающего к месту аварии; общешахтное реверсирование; местный реверс; закорачивание вентиляционной струи; нулевой режим – проветривание с остановкой вентиляторов, за счёт естественной тяги.

В процессе анализа возможных аварий и аварийных ситуаций необходимо учитывать: вид и место их возникновения; количество вентиляционных установок, режимы работы; состояние вентиляционных сооружений, реверсивных устройств и горных выработок; возможность образования взрывоопасных скоплений метана; влияние источников тяги на проветривание; количество застигнутых аварией людей и их расположение в горных выработках.

### **Изложение основного материала**

Для подготовки подземных промышленных объектов к вероятным чрезвычайным ситуациям, в частности, к пожарам, и разработке планов ликвидации аварий необходимо заранее рассматривать и решать широкий круг сложных взаимосвязанных задач. Опыта и интуиции горных инженеров-практиков для этого недостаточно.

В последние десятилетия хороших результатов удалось достичь, применяя численные методы решения задач, физическое и математическое моделирование аэрогазодинамических процессов в шахтах и современную персональную вычислительную технику [2]. На одном, достаточно эффективном подходе, остановимся подробнее.

Нами был разработан комплекс программ «Вентиляция шахт» [2; 3] для моделирования и расчёта распределения газоздушных потоков в сетях шахтных выработок и решения основных задач разработки ПЛА на ПЭВМ. Это программное обеспечение, предназначенное для операционных систем «Windows 7, 10», построено по модульному принципу, позволяющему легко расширять комплекс решаемых задач, используя единую базу данных промышленного объекта и сохраняя основные возможности представления исходной

информации и получаемых результатов в [3] наглядном графическом виде – непосредственно на схеме вентиляции шахты или рудника [2; 3].

Для исследования параметров подземного пожара и его влияния на распределение воздуха в шахте разработаны и включены в комплекс программ модули: «Пожар» и «Параметры экзогенного пожара».

Используя модуль «Пожар», можно выполнить расчёты параметров пожара двумя способами: по нормативным документам ВГСЧ – «Расчёт по Уставу» и по известной пожарной нагрузке в горной выработке – «Оценка динамики пожара» (рис. 1).

Рассмотрим подробнее первый случай – «Расчёт по Уставу».

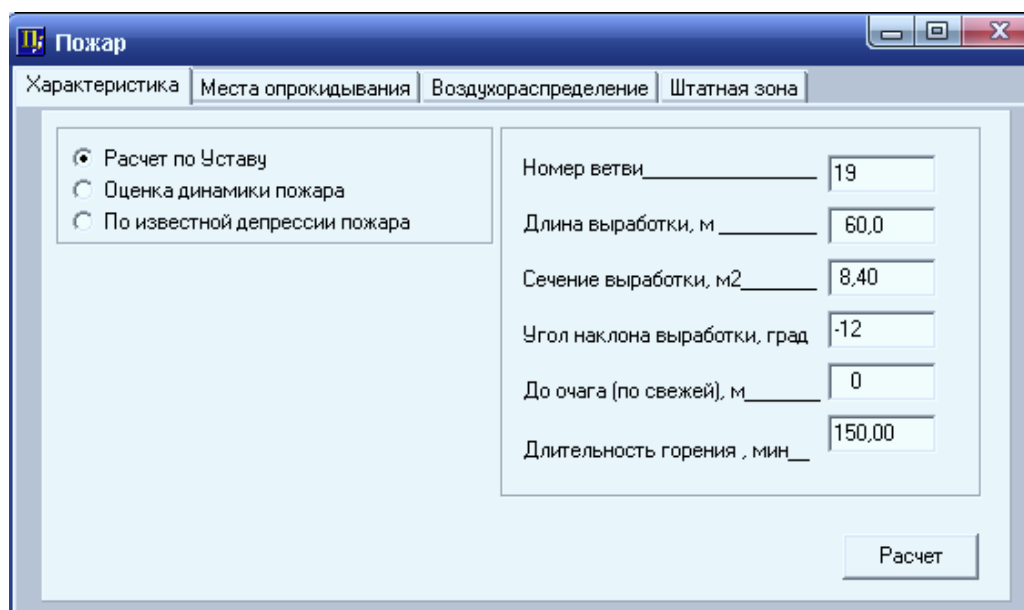


Рис. 1. Диалоговое окно для выбора способа расчета параметров пожара и ввода исходных данных (закладка «Характеристика»)

В диалоговом окне закладки «Характеристика» (см. рис. 1) отображается информация об аварийной ветви из базы данных конкретной шахты. Если в базу данных введены длины выработок и высотные отметки узлов, то углы наклона выработок рассчитываются автоматически. Для «Расчета по Уставу» и/или «Оценки динамики пожара» параметры, отсутствующие в базе данных, можно вводить в диалоговое окно, показанное выше. Угол наклона при восходящем проветривании – положительный, а при нисходящем – отрицательный (при условии, что воздушный поток в нормальном режиме направлен от начального узла к конечному узлу, и расход воздуха в ветви – положительный). Длительность горения в соответствии с нормативными документами устанавливается в пределах до 150 мин.

По команде «Расчет» в этом модуле последовательно решаются следующие задачи:

- рассчитывается базовое распределение воздуха до пожара;
- определяются параметры пожара (температура вдоль выработки, изменение температуры в очаге, динамика зоны горения и тепловой депрессии);
- для нисходящего проветривания рассчитывается критическая депрессия;
- рассчитывается воздухораспределение с учетом пожара;
- анализируется устойчивость проветривания и осуществляется поиск мест опрокидывания вентиляционных струй;
- рассчитывается зона пожарных газов;
- при неустойчивом проветривании, когда в ряде выработок вентиляционная струя опрокидывается, то дополнительно моделируются мероприятия, повышающие устойчивость;
- генерируются отчетные документы.

Результаты решения перечисленных выше задач представляются в закладках многостраничного окна (рис. 2) в виде таблиц, графиков, текстовых комментариев, а также выводятся непосредственно на схему вентиляции.

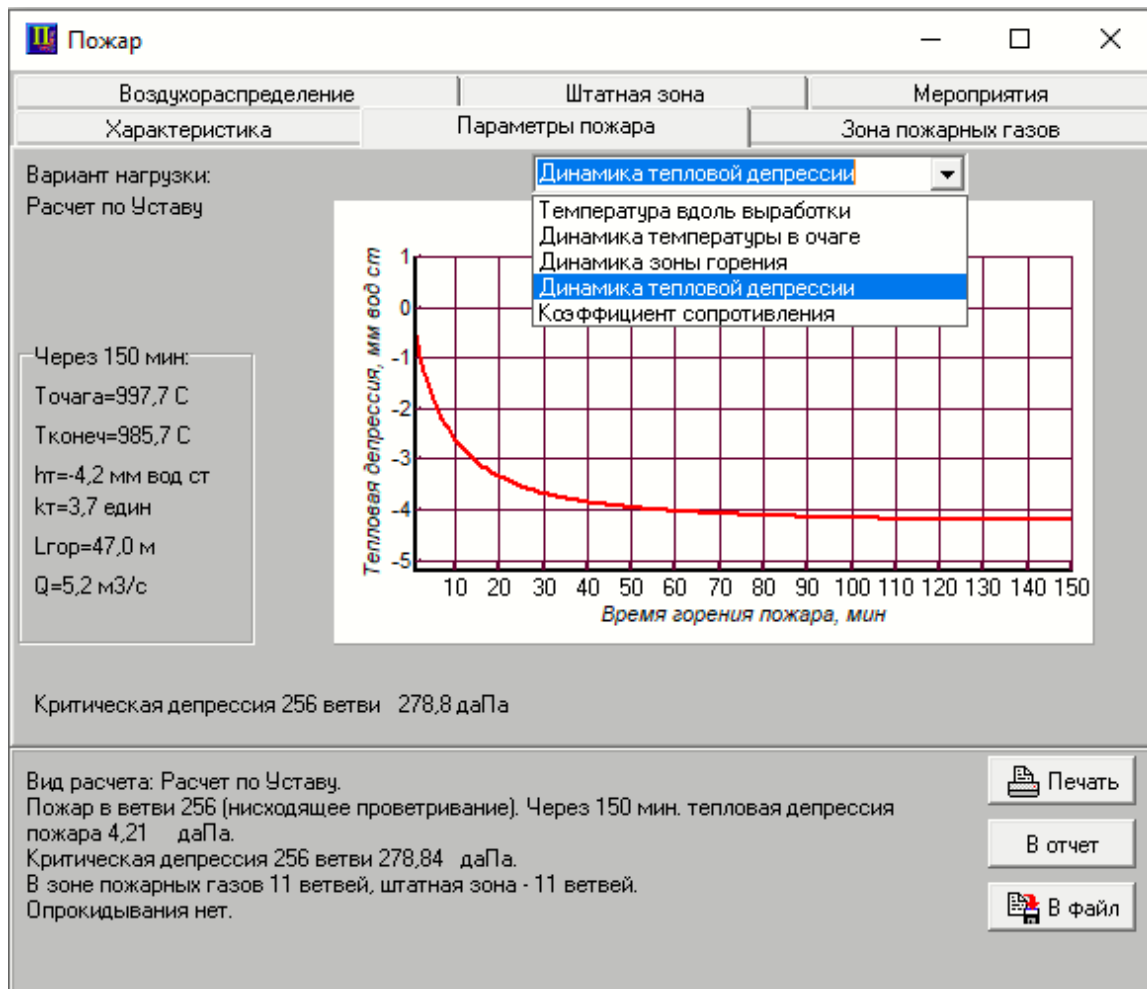


Рис. 2. Результаты моделирования пожара в заданной ветви и расчета распределения воздуха в сети шахты с учетом тепловой депрессии пожара

Текстовое сообщение выводится в нижней части окна (см. рис. 2), а таблицы с результатами можно просмотреть, выбирая одну из закладок многостраничного окна. На рис. 1 показана страница окна «Параметры пожара», а на рис. 3 представлена таблица «Места опрокидывания» и т.д.

Характеристика		Параметры пожара				Зона пожарных газов			
Места опрокидывания		Воздухораспределение		Штатная зона		Мероприятия			
Опрокидывание в 5 ветвях									
Номер	R, км	Q норм., куб.м	Q авар., куб.м	H норм., даПа	H авар., даПа	Длина, м	Сечение, м	Tнач, °	Tкон, °
198	60.50000	0.33	-0.10	6.48	0.64	0	0.0	35.6	103.6
329	1.11111	2.42	-0.76	6.48	0.64	70	9.0	21.0	103.6
475	0.40400	2.78	-4.58	3.12	8.48	0	0.0	57.4	264.5
477	2.77778	0.49	-1.80	0.67	8.95	20	9.0	156.2	264.5
486	23.60000	0.16	-0.63	0.61	9.43	20	0.5	163.8	303.8

Рис. 3. Места опрокидывания вентиляционных струй при пожаре в заданной ветви

Зону пожарных газов и места опрокидывания можно также просмотреть на схеме вентиляции шахты. Ветвь с пожаром закрашивается красным цветом, зона пожарных газов - желтым, места опрокидывания – зеленым, места опрокидывания, попадающие в зону, дополнительно выделяются штриховкой.

Для моделирования мероприятий, повышающих устойчивость проветривания выработки при пожаре, нужно вызвать окно «Мероприятия» (рис. 4) и изменить параметры ветвей в соответствии с предполагаемыми действиями.

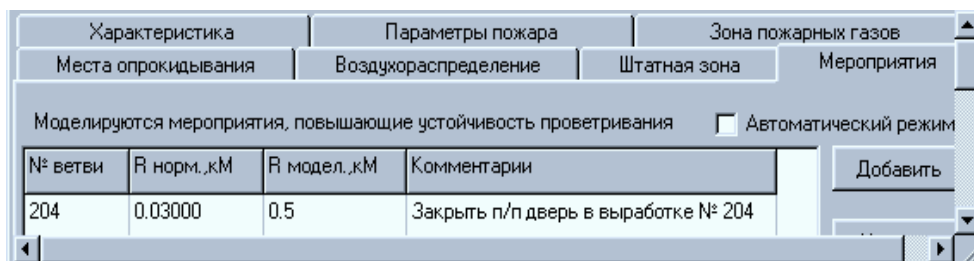


Рис. 4. Моделирование мероприятий, повышающих устойчивость

Для аварийных выработок с восходящим проветриванием предусмотрена возможность осуществить автоматически моделирование мероприятий по повышению устойчивости проветривания (отмечается в окне птичкой) (см. рис. 4). При этом, анализируется эффект от закрытия противопожарных дверей ниже очага пожара, то есть от увеличения сопротивления и уменьшения расхода воздуха в аварийной выработке.

На рис. 5 показана закладка «Зона пожарных газов» с таблицей ветвей и итоговым заключением: «В результате предложенных мероприятий удаётся обеспечить устойчивость проветривания».

Номер	Начало	Конец	R, км	Q норм., куб. м/с	Q авар., куб. м/с	H норм., даПа	H авар., даПа	Длина, м	Сеч.
204	151	242	0.43000	8.76	9.66	2.10	39.92	180	12.0
312	324	225	0.02166	88.39	88.40	157.23	157.28	554	4.2
313	225	226	0.00030	89.06	89.07	2.38	2.38	25	7.0
314	226	1	0.01657	90.28	90.29	445.69	445.66	10	1.0
325	149	338	0.01810	22.15	22.26	8.38	8.47	425	8.3
327	338	249	0.05400	26.69	26.73	38.46	38.58	106	10.0
328	279	241	0.01850	12.19	12.52	2.45	2.60	150	8.0
340	249	250	0.00500	28.28	28.32	4.00	4.01	260	11.0
342	250	224	0.11920	36.11	36.13	155.45	155.62	294	10.0
476	242	279	0.00074	8.92	9.74	0.06	0.07	25	8.0
490	241	149	0.00469	17.96	18.15	0.95	0.98	194	10.0

Вид расчета: Расчет по Уставу (моделирование мероприятий).  
 Пожар в ветви 204 (восходящее проветривание). Через 150 мин. тепловая депрессия пожара 38.88 даПа.  
 В зоне пожарных газов 12 ветвей, штатная зона - 12 ветвей.  
 Установка регулятора R=0.4 км в ветви 204 обеспечивает устойчивость во всех ветвях.

Рис. 5. Закладка «Зона пожарных газов»

Представляется таблица ветвей, попадающих в зону пожарных газов с учетом реализации мероприятий, повышающих устойчивость проветривания.

Во втором случае, когда используется режим «Оценка динамики пожара», дополнительно нужно ввести информацию о пожарной нагрузке в аварийной ветви (рис. 6), а именно, о типе конвейерной ленты, применяемой крепи, наличии и количестве дополнительных горючих изделий (трапов, кабелей). Эти параметры влияют на величину тепловой депрессии пожара.

Характеристика | Места опрокидывания | Воздухораспределение | Штатная зона

Расчет по Уставу  
 Оценка динамики пожара  
 По известной депрессии пожара

Учет пожарной нагрузки

Вариант пожарной нагрузки  
 Конвейерная лента PTP  
 Лента и затяжка 1500  
 Затяжка  Крепь

Дополнительные горючие  
 Трапы  Бруски  Уголь  
 Кабели по типам и количеству  
3x25+1x10+3x4 5  
3x25+1x10+3x4  
3x35+1x10+3x4  
3x50+1x10+3x4  
3x70+1x10+3x4  
3x90+1x10+3x4

Номер ветви \_\_\_\_\_ 456  
Длина выработки, м \_\_\_\_\_ 350  
Сечение выработки, м<sup>2</sup> \_\_\_\_\_ 11,2  
Угол наклона выработки, град \_\_\_\_\_ 6  
До очага (по свежей), м \_\_\_\_\_ 0  
Длительность горения, мин \_\_\_\_\_ 150,00

Расчет

Рис. 6. Уточнение пожарной нагрузки при «Оценке динамики пожара»

Дальнейшая последовательность решения задач и формы представления результатов остаются такими, как и в первом случае.

И наконец, возможен третий вариант: оценка последствий подземного пожара «по известной депрессии пожара» (рис. 7).

Характеристика | Места опрокидывания | Воздухораспределение | Штатная зона

Расчет по Уставу  
 Оценка динамики пожара  
 По известной депрессии пожара

Тепловая депрессия, даПа \_\_\_\_\_ 25

Номер ветви \_\_\_\_\_ 456  
Длина выработки, м \_\_\_\_\_ 350  
Сечение выработки, м<sup>2</sup> \_\_\_\_\_ 11,2  
Угол наклона выработки, град \_\_\_\_\_ 6  
До очага (по свежей), м \_\_\_\_\_ 0  
Длительность горения, мин \_\_\_\_\_ 150,00

Расчет

Рис. 7. Оценка динамики пожара

В этом случае, вводится тепловая депрессия для расчета воздухораспределения и оценки устойчивости, а параметры пожара не рассчитываются. Формы отчётов сохраняются такими же, как и в первом случае.

С помощью модуля «Параметры экзогенного пожара» рассчитываются основные параметры развившегося экзогенного пожара, когда практически полностью расходуется кислород на горение, и при постоянном расходе воздуха сгорает постоянное количество горючего материала.

После выбора данной задачи, на экране появляется диалоговое окно для ввода исходных данных (левый столбец на рис. 8) и выполнения расчета.

Рис. 8. Экранная форма для ввода исходных данных (слева) и представления результатов расчёта (справа) параметров экзогенного пожара

Форма сечения выбирается из раскрывающегося списка: (арочная, трапециевидная, круглая, сводчатая, квадратная). Зона постоянной годовой температуры (нейтральный слой), в которой температура в течение года не изменяется и равна среднегодовой для данной местности расположена на глубине 20–40 м. Постоянная годовая температура для Донбасса – 10 °С, геотермический градиент (геотермическая ступень) – расстояние в метрах, при углублении на которое температура пород возрастает на 1 °С, изменяется в довольно широких пределах от 12 м/°С до 120 м/°С. Среднее значение геотермического градиента для Донбасса 30–35,2. Длительность горения задается в пределах 5–150 мин.

По команде «Расчет» рассчитываются параметры пожара (показаны на рис. 8 в правом верхнем окне), и зависимость температуры газовой смеси за очагом пожара по длине аварийной выработки (график). Для удобства анализа результатов, можно оценить расстояние от места возникновения пожара в выработке до участка выработки с заданной температурой

пожарных газов. В окне  $T_x, ^\circ\text{C}$  необходимо ввести необходимую температуру и по команде «Enter» в окне  $L_x, \text{м}$  получим искомый результат. В приведённом примере – это:  $T_x, ^\circ\text{C}$  40  $L_x, \text{м}$  845,22.

Замечание: При температуре пожарных газов 500 °С – возможен взрыв газовой смеси,  $T_x = 250$  °С – максимально допустимая температура в конце противопожарных негорючих зон крепи,  $T_x = 40$  °С – температура допустимая при работе в респираторе,  $T_x = 26$  °С – нормальная температура.

Все основные результаты, получаемые при решении описанных выше задач, по распределению газоздушных потоков в вентиляционных сетях и оценке параметров пожаров можно распечатать в форме стандартных отчетов или отчетов, создаваемых пользователем.

### **Выводы и перспективы дальнейших исследований**

Автоматизированный расчёт параметров подземных пожаров и оценка их влияния на устойчивость проветривания шахты существенно облегчают и ускоряют разработку ПЛА, появилась возможность прогнозировать, в какие выработки при возникновении пожара попадут продукты горения, представляющие серьезную опасность для жизни и здоровья людей. Сейчас эти программы проходят опытную эксплуатацию на шахтах «Комсомолец Донбасса», «Холодная Балка», им. А.Ф. Засядько, «Ростовская» и других. Неоднократно математическое моделирование реальных пожаров с помощью наших программ успешно применялось в ходе ликвидации подземных аварий на шахтах Ростовской области.

В дальнейшем планируется расширить функциональные возможности программного обеспечения и включить его в компьютерную версию ПЛА для горного диспетчера.

### **Библиографический список**

1. Пашковский, П. С. Проветривание шахт при подземных пожарах / П. С. Пашковский, В. И. Лебедев. – Донецк : ЧП «Арпи», 2012. – 448 с.
2. Кравченко, М. В. Решение задач техносферной безопасности промышленных объектов с использованием ПЭВМ : уч.-метод. пособие / М. В. Кравченко, Н. М. Кравченко, Т. М. Кравченко. – Макеевка : Донбасская национальная академия строительства и архитектуры, ЭБС АСВ, 2021. – 135 с.
3. Кравченко, М. В. Опыт использования компьютерной системы «Вентиляция шахт» для решения задач техносферной безопасности / М. В. Кравченко, Н. М. Кравченко, П. С. Пашковский // Безопасность жизнедеятельности предприятий в промышленно развитых регионах: сб. материалов XII Междунар. науч.-практ. конф. – Кемерово : Изд. КузГТУ, 2017. – С. 117-1–117-8.

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СИСТЕМ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ПОВЕРХНОСТИ ЗЕМЛИ И ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ ДЛЯ МОНИТОРИНГА ПОЖАРООПАСНОЙ ОБСТАНОВКИ

### USE OF EARTH OBSERVING SYSTEM AND GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEMS TO MONITOR FIRE HAZARDS

**Кривошея Дмитрий Григорьевич**

Старший преподаватель

E-mail: tsp-kafedra@mail.ru

ГБУ ВО «Академия МВД ДНР  
имени Ф.Э. Дзержинского»

**Ефименко Виталий Леонидович**

Старший преподаватель

ГБОУ ВО «АГЗ МЧС ДНР»

*В настоящей работе рассмотрены возможности использования геоинформационных систем и систем дистанционного зондирования Земли для получения информации о состоянии потенциально опасных объектов. Приведены примеры систем комплексного мониторинга с использованием средств наземного, морского, воздушного и космического базирования с получением и регистрацией соответствующей информации о ее составе, количестве, качестве, а также достаточности для решения поставленных задач.*

**Ключевые слова:** спутники, информационные технологии, мониторинг, лесные ресурсы, пожары.

#### Введение

Как потенциально опасные принято классифицировать значительное количество объектов, стабильная работа которых является жизненно важной для функционирования национальной экономики и общества в целом. К данной категории принято относить объекты транспортного комплекса, химической, атомной и нефтегазовой промышленности, энергетики, спецтехники и пр. Необходимо подчеркнуть, что все эти объекты относят к высокорисковым, так как их эксплуатация сопряжена с высокой концентрацией опасных веществ и использованием энергии в значительных количествах. Повреждение или разрушение вышеуказанных объектов может вызвать возникновение аварий и катастроф с

**Dmitry Krivosheya**

Senior Lecturer

E-mail: tsp-kafedra@mail.ru

Academy of the Ministry of Internal Affairs of the Donetsk People's Republic named after F.E. Dzerzhinsky

**Vitaliy Efimenko**

Senior Lecturer

The Civil Defence Academy of EMERCOM of the DPR

*The present work considers the possibilities of using geoinformation systems and Earth observing systems for obtaining information on the condition of potentially dangerous objects. Examples are given of integrated monitoring systems using ground, sea, air and space-based means with obtaining and registering relevant information about its composition, quantity, quality, and sufficiency for solving the assigned tasks.*

**Keywords:** satellites, information technology, monitoring, forest resources, fires.

региональными, национальными или глобальными последствиями, а также привести к значительным человеческим или материальным потерям.

Современный подход к обеспечению безопасности на базе управления риском базируется на парадигме управления риском и предполагает перенос акцента с усилий по ликвидации последствий катастроф на действия по их прогнозированию и предотвращению [1]. Применительно к потенциально опасным объектам это означает развитие систем комплексного мониторинга и диагностики технического состояния объекта; динамического контроля параметров, определяющих степень повреждения ключевых компонентов системы и т.п. Таким образом, одним из основных методов снижения риска чрезвычайных ситуаций техногенного характера на потенциально опасных объектах и повышения их уровня защищенности является мониторинг состояния объекта и прилегающей территории.

### **Изложение основного материала**

В настоящее время для осуществления постоянного мониторинга состояния потенциально опасных объектов и значительных территорий используется комплекс технических решений и организационных мероприятий предупредительного характера. Рассмотрим некоторые из них.

Инструкция по дистанционному мониторингу пожаров, анализу спутниковых данных и основам дешифрирования космоснимков подготовлена добровольными лесными пожарными [2]. Описывает дистанционные методы для анализа и планирования деятельности добровольных лесных пожарных. Позволяет ответить на следующие вопросы:

- как узнать о пожарах не выходя из дома?
- что обозначают термоточки и как определить вид пожара?
- где размещаются официальные сводки и как посмотреть статистику лесных пожаров?
- как построить график термоточек за последние десять лет и посчитать площадь пожара?

Дистанционный мониторинг является одним из инструментов обнаружения пожаров и принятия решения о выезде групп лесных пожарных. Технический прогресс дошел до той стадии, когда мы имеем возможность ежедневно получать информацию с космических спутников, такую как, данные о термических аномалиях и спутниковые снимки разного качества. Все это можно эффективно применять для отслеживания пожаров на природных территориях.

На настоящий момент, у каждого пользователя сети Интернет есть свободный доступ к космическим снимкам спутников. Такие ресурсы, как Яндекс или Google предлагают покрытие снимками высокого разрешения практически по всей стране. В отличие от карт, спутниковые снимки имеют множество преимуществ. Одно из самых главных – это «картинка», максимально приближенная к реальности. Все картографические материалы, которыми сейчас возможно пользоваться (то есть карты высокого качества и детализации), во многом уже стали иметь существенные расхождения с тем, что можно увидеть на месте. Это не только застройка природных территорий и развитие дорожных сетей, но и зарастание полей лесом, изменение гидрографии и другое. Разные спутниковые снимки, как правило, имеют разный срок давности съемки от 1 дня до 3 лет, но обновляются регулярно. Снимки делаются и в разное время года, то есть находить нужную нам весной и летом информацию часто приходится, наблюдая на снимках снег, замерзшие озера и т.п. При этом важно помнить, что и спутниковые снимки не отражают действительность на 100 % – например, на снимках сверхвысокого разрешения (снимках с максимальной детализацией), сделанных три года назад, мы можем не увидеть, что в реальности канава пересохла, мост обвалился, дорогу размыло.

Спутниковые снимки условно делятся на 3 категории:

– снимки **высокого и сверхвысокого разрешения** (рис. 1), оперативно предоставляются пользователям на платной основе и могут стоить очень дорого, но через несколько лет после съемки попадают в бесплатный доступ. Доступ к мозаикам спутниковых снимков высокого и сверхвысокого разрешения предоставляют такие службы как Яндекс, Bing, Google;



Рис. 1. Снимок высокого (сверхвысокого) разрешения

– снимки **среднего и высокого разрешения** (Landsat, Sentinel) (рис. 2) общедоступны, но пролет этих спутников не покрывает всю поверхность Земли за сутки, поэтому в открытом доступе снимки появляются с периодичностью, примерно, раз в 1–2 недели;



Рис. 2. Снимок среднего (высокого) разрешения

– снимки **низкого разрешения** (MODIS, VIIRS) (рис. 3) также общедоступны и в открытом доступе появляются ежедневно.



Рис. 3. Снимок низкого разрешения

В пожарной картографии используются спутниковые снимки всех категорий. Для работы на выездах, как правило, снимки используются как подложка, то есть основа, на которую накладывается вся остальная собранная информация. На данный момент нет единого источника спутниковой информации, который мог бы быть применим на территорию всей страны. На разные участки лучшее качество снимков может быть у разных компаний, предоставляющих подобную информацию. Самые часто используемые для мониторинга – Яндекс, Google, Bing, USGS, NASA. Безусловно, источников гораздо больше, но мы рассмотрим только некоторые из них. Более подробно о спутниках, системах мониторинга и их истории можно прочитать на Лесном форуме Гринпис [3].

### Инструменты для дистанционного мониторинга пожаров

Для того чтобы получить информацию о пожаре нужны сведения о термоточках, спутниковые снимки высокого разрешения, кадастровые границы и прогноз погоды. Все эти сведения возможно найти в сети Интернет в бесплатном доступе, приведены ссылки на все описываемые ресурсы.

#### FIRES.RU

Один из самых простых и распространенных ресурсов производства компании «Сканэкс» – Сервис «Карта пожаров» (рис. 4) [4].

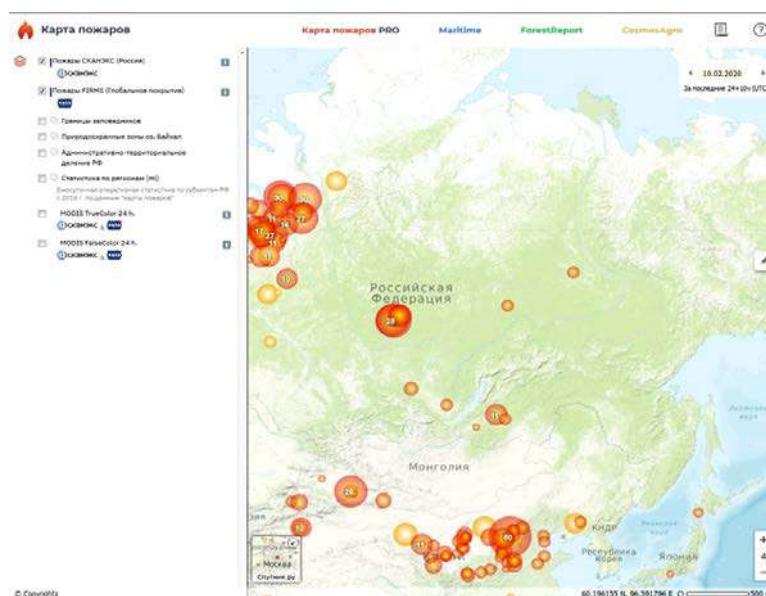


Рис. 4. Сервис «Карта пожаров»

Возможности ресурса:

1. Отображение термоточек на территории России за каждый день с 2010 года. В верхнем правом углу страницы можно выбрать нужную, за которую вы хотите посмотреть термоточки. Термоточки отображаются все, зарегистрированные в этот период, к сожалению, невозможно определить только область, которая Вас интересует, поэтому рекомендуется иметь хорошее соединение с интернетом. Термоточки отображаются красно-оранжевыми кружками с цифрой внутри. Эта цифра – количество пожаров, в данной точке. При приближении кружки разбиваются на отдельные пожары.

2. Космоснимки – слои космических снимков спутников MODIS в привычном для нас цвете и канале SWIR (FalseColor) с разных спутников. Автоматически всегда подключена подложка СКАНЭКСа.

3. Дополнительная информация:

- Границы федеральных ООПТ;
- Административные границы субъектов;
- Статистика по регионам.

Так же на сайте есть функция отрисовки полигонов с автоматическим подсчетом площади – можно обвести нужный объект и сразу узнать его размер. При обновлении страницы все внесенные пользователем данные автоматически сбрасываются (в том числе и дата).

Для работы с этим инструментом нужен только браузер и интернет-соединение. Никаких дополнительных программ устанавливать не надо (рис. 5).

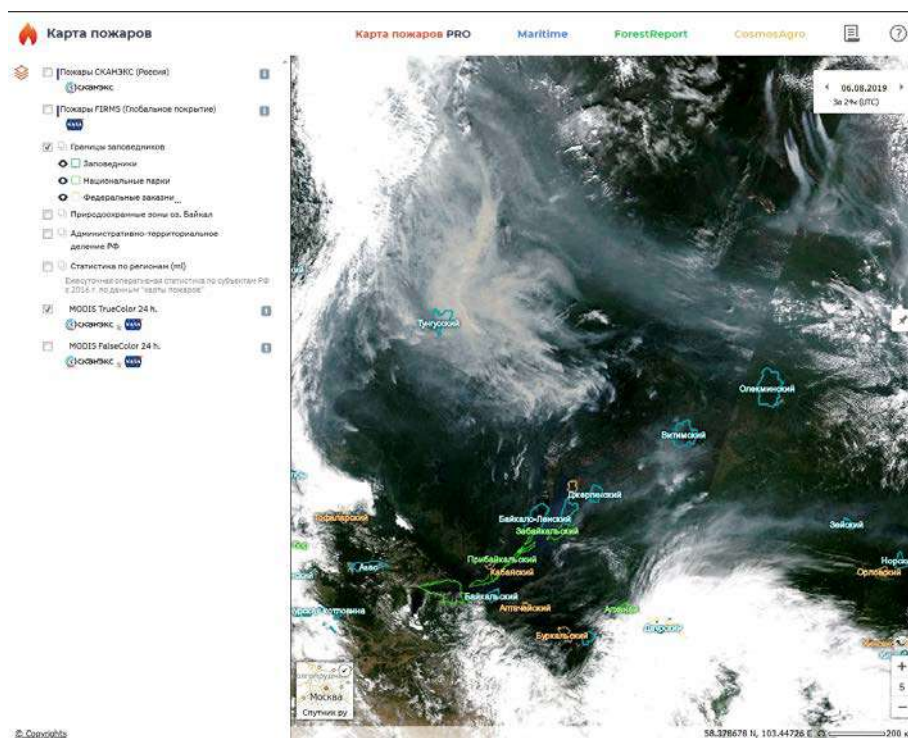


Рис. 5. Пример работы с сервисом «Карта пожаров»

### ИСДМ-РОСЛЕСХОЗ

Отечественная информационная система дистанционного мониторинга «ИСДМ-Рослесхоз» находится на сайте «Авиалесоохраны» (рис. 6) [5]. Это единственный официальный государственный источник информации о пожарах на территории России. В случае необходимости сопоставления действий или информации профильных служб, для определения их актуальности и соответствия действительности, следует обратиться именно к «ИСДМ-Рослесхоз». Вышеуказанные сведения формируются на основе спутниковых данных, рассчитываются автоматически и все профильные ведомства получают доступ к ним.

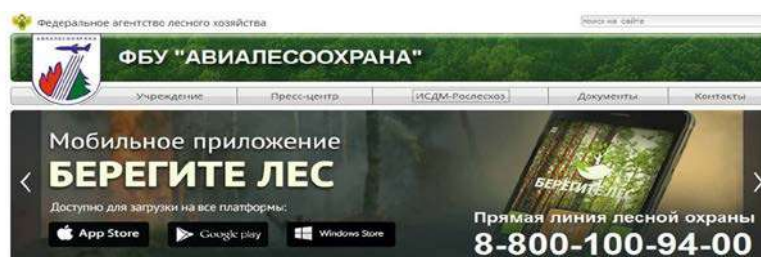


Рис. 6. Сервис «ИСДМ-Рослесхоз» на сайте «Авиалесоохраны»

Чтобы воспользоваться картой «ИСДМ-Рослесхоз» необходимо авторизоваться на сайте «Госуслуги». После авторизации на сайте «Госуслуги», возвращаемся на вкладку «ИСДМ-Рослесхоз», выбираем «Вход в систему», затем – «Войти через ЕСИА», далее – вкладка «Карты». Доступ к данным открыт.



Для сравнения контуров с термоточками, воспользуемся функцией «Посмотреть в Google Earth». Перед тем, как ее нажать рекомендуем отключить все лишние слои (административные границы, города, масштаб, координатная сетка и лесопокрытые территории – в противном случае все это продублируется в Google Earth Pro) (рис. 8).

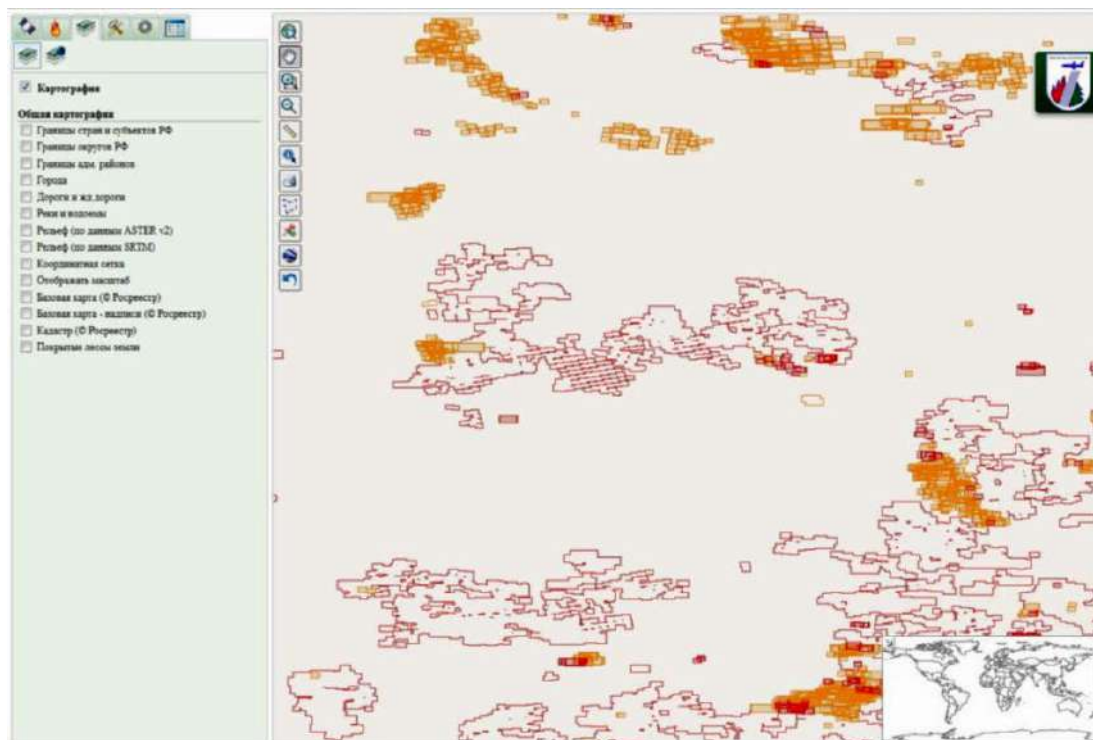


Рис. 8. Сервис «ИСДМ-Рослесхоз». Пример использования

Кроме карты на сайте «Авиалесоохраны» есть много табличных данных о пожарах, статистика, сводки о пожарах и многое другое. Рассмотрим несколько полезных функций, которые могут пригодиться добровольным лесным пожарным для отслеживания информации, публикуемые в СМИ. Напомним, что данные, публикуемые на сайте «Авиалесоохраны» являются официальными (рис. 9).

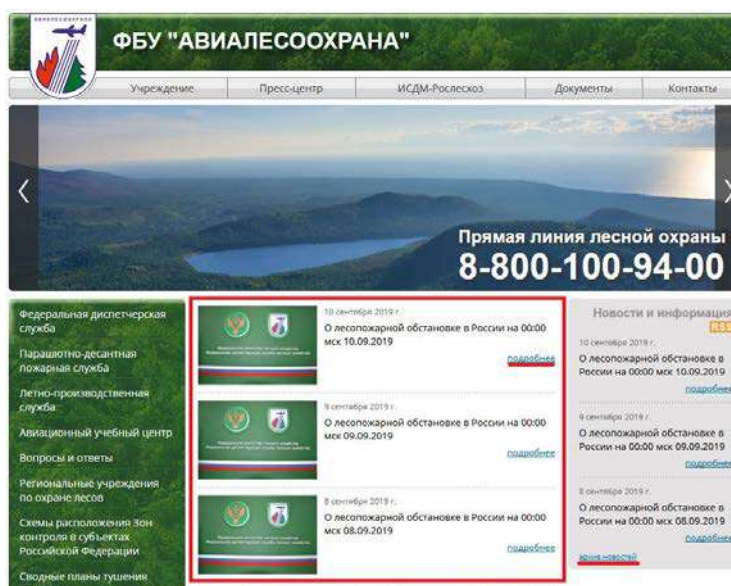


Рис. 9. Сервис «ИСДМ-Рослесхоз». Пример использования

**Порядок дистанционного мониторинга и его ограничения [2].**

Для качественного дистанционного мониторинга пожаров во время пожароопасного периода возможен следующий порядок действий:

1. Ежедневный просмотр термоточек, скаченных с Nasa и открытых в Google Earth Pro.
2. При попадании термоточек на важную для нас территорию – поиск свежих снимков на Sentinel Hub, чтобы посмотреть детальнее на выгоревшую территорию.
3. При крупных пожарах – просмотр на World View, составление прогноза задымления населенных пунктов.
4. Определение категории земель и ответственных за тушение этого пожара.
5. Поиск информации о выделенных силах на тушение.
6. Запрос информации у государственных служб.
7. Принятие решения о реагировании.
8. При необходимости, подсчет примерной площади пожара и сравнение его с официальными данными.

Ограничения дистанционного мониторинга:

1. Обновление высокодетальных снимков происходит раз в несколько лет.
2. Ежедневные данные спутников Terra и Aqua имеют общую погрешность до 1 км.
3. Спутники регистрируют не все пожары, а только те, которые были во время его пролета (пожар может существовать и без наличия зарегистрированных термоточек – действовать между пролетами спутника или сильная облачность может не дать возможности спутнику зарегистрировать его).

4. Костры и торфяные пожары, как правило, спутниками не регистрируются.
5. Обзору могут мешать дым или облака.

По итогам собранной информации возможно:

- обнаружить пожар;
- определить вид пожара;
- предположить наиболее вероятную причину возникновения пожара;
- определить продолжительность действия пожара;
- определить примерную площадь пожара;
- определить координаты пожара;
- определить наличие угроз населенным пунктам, объектам инфраструктуры или особо охраняемым природным территориям (далее – ООПТ);
- определить ответственных за категорию земель, на которой действует пожар;
- предположить наиболее вероятный состав горючих материалов.

При мониторинге и принятии решения о выезде необходимо рассчитывать время, которое понадобится для сбора и транспортировки группы до места пожара. Скоротечные травяные и тростниковые пожары, как правило, отображаются большим количеством термоточек, но в момент поступления данных в открытие источники (когда мы видим эти данные) пожар уже может не действовать. При этом, если травяной или тростниковый пожар, на время его регистрации спутниками, развивался в сторону осушенного торфяника, леса или ООПТ (определяется сопоставлением данных о термоточках, прогнозе погоды, границ ООПТ и дешифрирования космоснимков на предмет торфяников, леса, естественных и искусственных преград), то такие случаи требуют большего внимания – перешел огонь на лес или болото, или нет.

**Выводы и перспективы дальнейших исследований**

В этой статье рассмотрены несколько примеров, показывающие основные принципы дешифрирования спутниковых снимков и дистанционного мониторинга пожаров. Для того, чтобы научиться анализировать спутниковые данные необходимо это делать, если не ежедневно, то хотя бы с регулярной периодичностью. Уделяйте внимание резонансным пожарам в разных регионах или анализируйте пожары прошлых лет: смотрите, как они

выглядят на разных снимках, как отображаются в термоточках, какие данные появлялись об этих пожарах в СМИ и насколько они совпали со спутниковыми данными. Со временем, процесс дистанционного мониторинга станет оперативным и на общую оценку ситуации в регионе или стране станет достаточно нескольких минут, например, за время утреннего чаепития.

Следует постоянно помнить, что дистанционный мониторинг пожаров – это совокупность прогнозов и предположений, сделанных на основе спутниковых данных. Чем больше мы собираем информации из различных источников, тем точнее наши предположения. Но при этом, абсолютную реальность мы можем увидеть только приехав непосредственно на место пожара.

Дистанционный мониторинг является неотъемлемой частью системной работы по профилактике и предупреждению развития пожаров. Инструменты, описанные в данной статье, позволяют не только оценивать ситуацию в регионе объективно, но и вести плановую работу по изменению отношения населения к пожарам, а значит и влиять на количество пожаров.

### **Библиографический список**

1. Таранов, Р. А. Использование систем дистанционного зондирования Земли для оценки состояния потенциально опасных объектов [Электронный ресурс] / Р. А. Таранов // Научная электронная библиотека : сайт. – Электрон. дан. – [б. м.], 2020–2022. – Режим доступа: <https://elibrary.ru/contents.asp?id=33784586>. – Загл. с экрана.

2. Дистанционный мониторинг пожаров, анализ спутниковых данных и основы дешифрирования космоснимков. Инструкция добровольных лесных пожарных [Электронный ресурс] // Google диск : сайт. – Электрон. дан. – [б. м.]. – Режим доступа: [https://drive.google.com/file/d/1uU8RAR8r-e547at-iI\\_eWhVBssXhRDwC/view?usp=sharing](https://drive.google.com/file/d/1uU8RAR8r-e547at-iI_eWhVBssXhRDwC/view?usp=sharing). – Дата обращения: 07.12.2021. – Загл. с экрана.

3. Лесной форум Гринпис [Электронный ресурс] // Forestforum : сайт. – Электрон. дан. – [б. м.]. – Режим доступа: <https://forestforum.ru/fires.php?str=5>. – Дата обращения: 08.12.2021. – Загл. с экрана.

4. Сервис «Карта пожаров» [Электронный ресурс] // Группа компаний «СКАНЭКС» : сайт. – Электрон. дан. – Москва, 2022. – Режим доступа: <https://scanex.ru/company/news/obnovlen-servis-karta-pozharov-/>. – Дата обращения: 12.11.2021. – Загл. с экрана.

5. Информационная система дистанционного мониторинга ИСДМ-Рослесхоз // ФБУ «Авиалесохрана» : сайт. – Электрон. дан. – [б. м.]. – Режим доступа: <https://aviales.ru/>. – Дата обращения: 18.11.2021. – Загл. с экрана.

**АНАЛИЗ ОСНОВНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПО ПОЖАРАМ В ДНР****ANALYSIS OF THE MAIN PARAMETERS ON FIRES IN THE DPR****Кучер Татьяна Викторовна**

Старший преподаватель

E-mail: [kucher\\_t@mail.ru](mailto:kucher_t@mail.ru)**Акатова Илона Игоревна**

Студент

E-mail: [akatova-ilona@mail.ru](mailto:akatova-ilona@mail.ru)

ГБОУ ВО «АГЗ МЧС ДНР»

**Tatyana Kucher**

Senior Lecturer

E-mail: [kucher\\_t@mail.ru](mailto:kucher_t@mail.ru)**Iлона Akatova**

Student

E-mail: [akatova-ilona@mail.ru](mailto:akatova-ilona@mail.ru)The Civil Defence Academy of EMERCOM  
of the DPR

*В работе выполнен анализ по основным показателям пожарной обстановки в ДНР. Построены диаграммы для отображения динамики количества пожаров, количества погибших и травмированных при пожарах людей.*

**Ключевые слова:** МЧС ДНР, количество пожаров, анализ, частота гибели, диаграмма.

*The article analyzes the main parameters of the fire situation in the DPR. Diagrams are constructed to display the dynamics of the number of fires, the number of people killed and injured in fires.*

**Keywords:** EMERCOM of the DPR, number of fires, analysis, death rate, diagram.

**Введение**

В мире по различным причинам постоянно возникают пожары, которые причиняют большой вред природе и экономике, так как при пожарах гибнут и травмируются люди, уничтожаются материальные ценности и т.д.

В организации предупреждения пожаров одно из ведущих мест занимает статистическая обработка данных по пожарам и загораниям, а также их социальным, экономическим и экологическим последствиям. Ведется учет того, как часто возникают пожары, каковы их последствия, сколько погибает людей, уничтожается зданий, выгорает лесов, что является причиной пожаров и др.

В результате статистического наблюдения формируются документы фиксации данных по пожарам и их последствиям, которые затем систематизируются, полученные данные обобщаются по группам, подводятся итоги, определяются среднестатистические показатели. Также проводится анализ количественных показателей, которые характеризуют уровень противопожарной защиты различных объектов.

На основании обработанного цифрового материала осуществляется дальнейшее планирование работы подразделений МЧС ДНР.

**Изложение основного материала**

Пожарная статистика ведется, чтобы получить полную количественную информацию для оценки угроз и уровня противопожарной защиты на объектах различного назначения, в конкретных населенных пунктах. Эти сведения разрешают МЧС рационально планировать работу. Информация собирается по таким параметрам:

- когда и где произошло возгорание;

- какой был причинен ущерб, какова сумма спасенных материальных ценностей;
- количество погибших, травмированных, спасенных людей;
- причины происшествий и т.д.

На сайте МЧС ДНР на странице «Надзорная деятельность» [1] можно ознакомиться с основными показателями по пожарам и их последствиями по городам и районам Донецкой Народной Республики за 2016–2021 гг.

Обобщенные статистические показатели, характеризующие информацию о пожарах и последствиях от них, приведены на рисунках 1–7.

На рисунке 1 отображена динамика количества пожаров за 6 лет с 2016 по 2021 гг. по некоторым городам ДНР. На рисунке 2 отображена динамика основных показателей по пожарам за 6 лет. Из диаграмм видно, что лидирующими городами по этому показателю являются Донецк, Макеевка и Горловка, что обусловлено большой численностью населения и территориальной площадью. Также видно, что в Донецке наблюдается тенденция на увеличение количества пожаров, а в Макеевке, наоборот, на уменьшение.

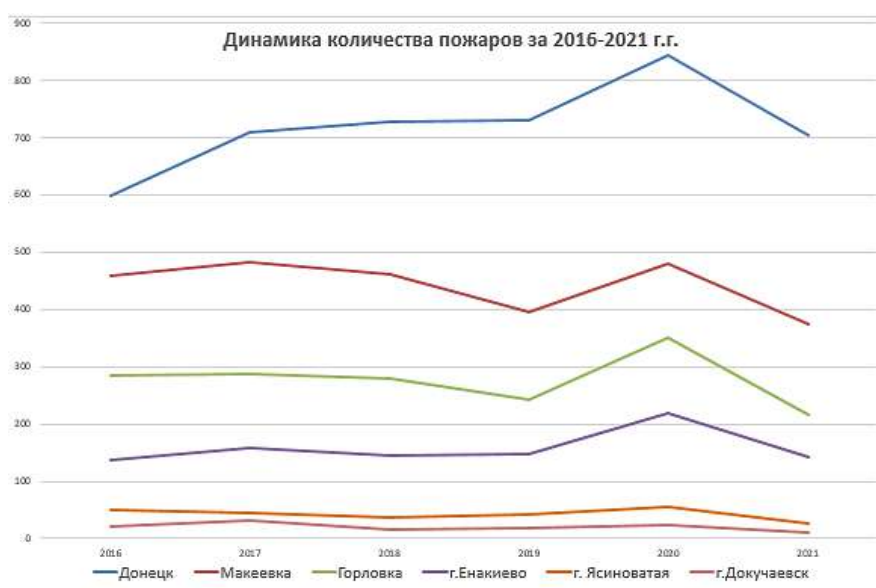


Рис. 1. Динамика количества пожаров

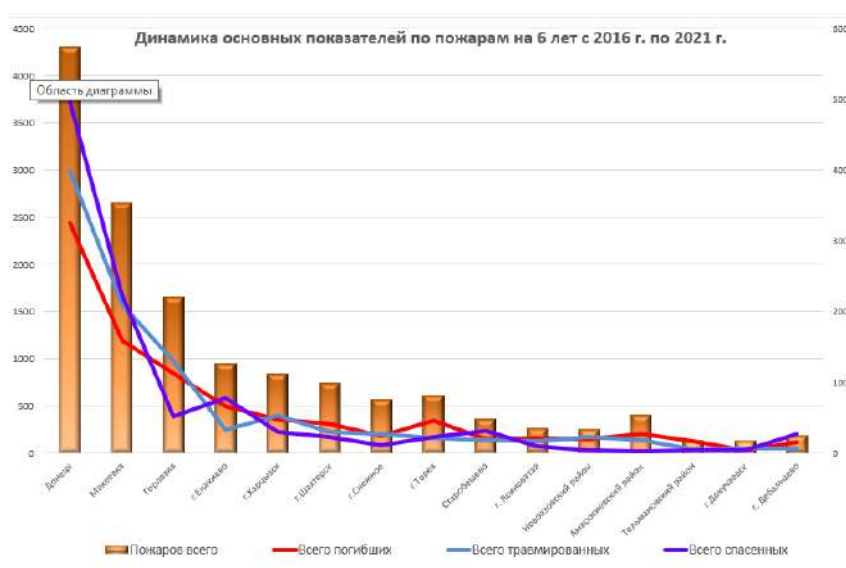


Рис. 2. Динамика основных показателей по пожарам за 6 лет

Также важно анализировать динамику показателей по пожарам в течении года. На основании сезонной статистики можно предлагать конкретные меры противопожарной безопасности. Например, в отопительный сезон количество пожаров больше, чем в летний период, соответственно, надо проводить профилактические беседы по использованию отопительных приборов, проверке отопительных печей и т.п.

На рисунке 3 можно увидеть, что в 2021 году в Донецке максимальное количество пожаров было в октябре, по количеству пожаров первое место занимает Кировский район, являющийся самым большим районом по площади. Такой анализ не учитывает размеры и густонаселенность района. Поэтому в данной работе были определены такие показатели, как количество пожаров (среднее на 6 лет по региону), приходящееся на 1000 чел и на 1 м<sup>2</sup>. Данные о численности районов были взяты на 1 октября 2019 года [3]. По результатам была построена диаграмма, изображенная на рисунке 4.

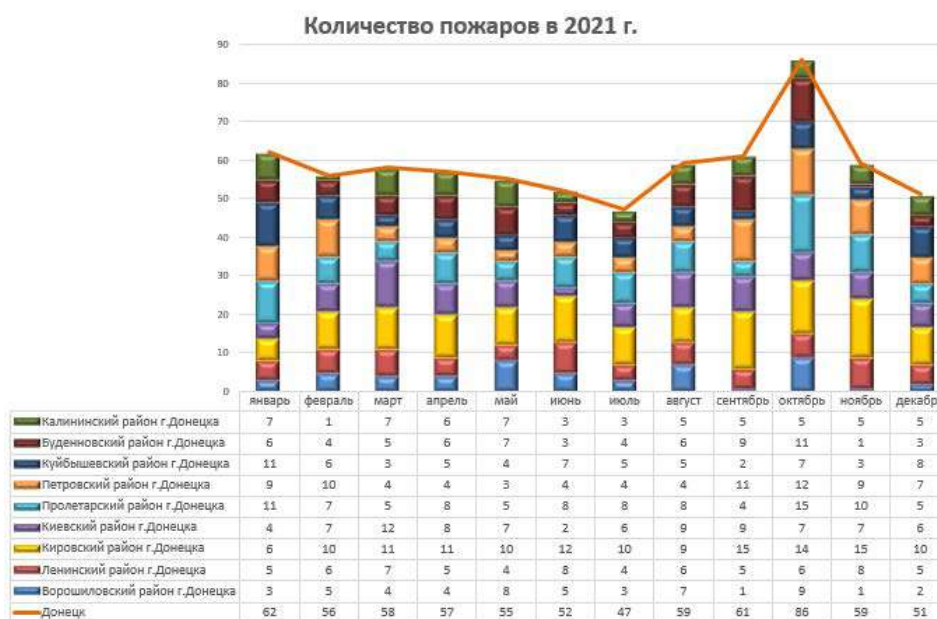


Рис. 3. Динамика количества пожаров в Донецке за 2021 г.

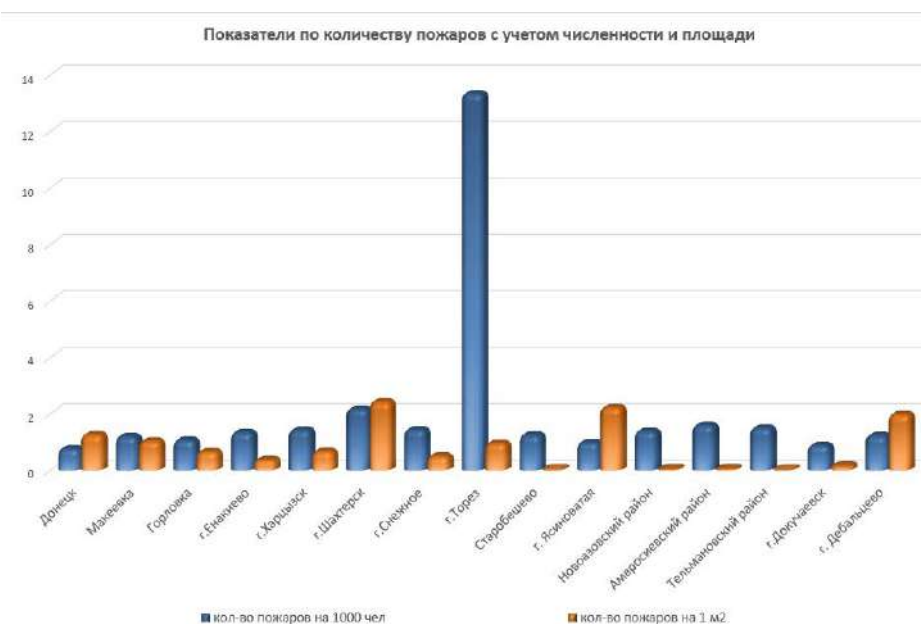


Рис. 4. Показатели по количеству пожаров с учетом численности и площади

Одним из показателей анализа пожарной статистики в исследованиях последних лет является соотношение количества травмированных и погибших людей при пожарах. Этот показатель может характеризовать уровень развития мероприятий противопожарной защиты, а также действия пожарной охраны по тушению пожаров и спасению людей, нейтрализующие опасные факторы пожара, снижающие количество погибших при пожарах людей [2]. Динамика этого показателя по ДНР показана на рис. 5. На рис. 6 показана динамика этого показателя за 6 лет по городам, в которых значение этого показателя является наибольшим. Средний показатель отношения травмированных при пожаре людей к погибшим по Республике равен 0,92, в РФ значение показателя чуть больше 1,22, что тоже является далеко не лучшим значением в мире. Полученные данные можно объяснить рядом некоторых факторов: социально-экономические условия, деятельность подразделений пожарной охраны, квалификация персонала, ведение боевых действий на границе конфликта с Украиной и пр.

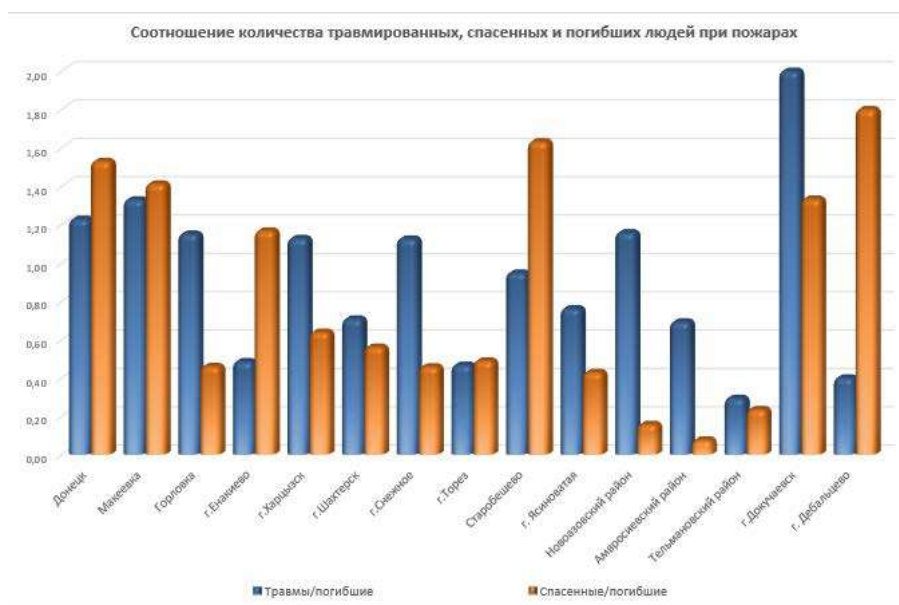


Рис. 5. Соотношение количества травмированных и погибших людей при пожарах

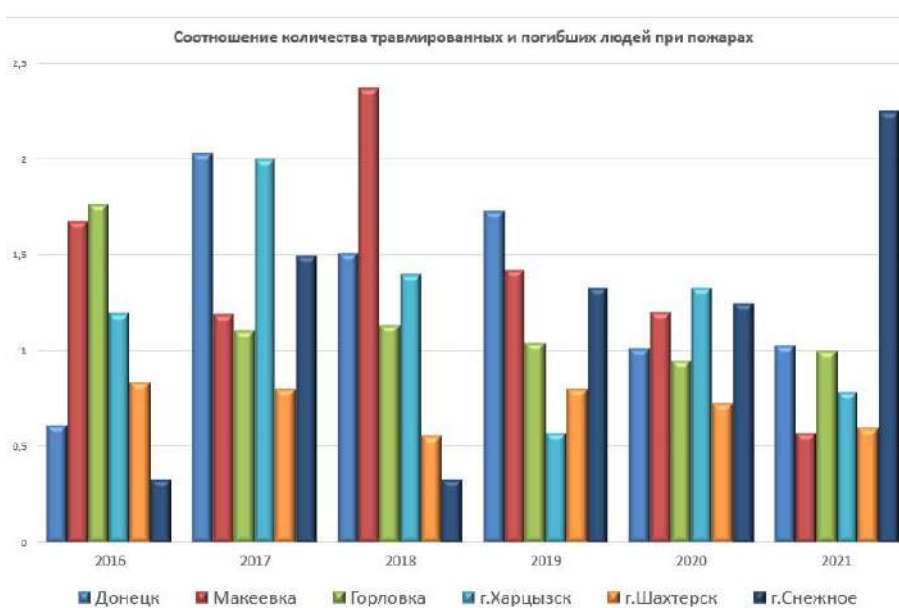


Рис. 6. Соотношение количества травмированных и погибших людей при пожарах по городам

Еще одним показателем, который более качественно характеризует статистику по пожарам, является частота гибели и частота травмирования людей, т.е сколько погибших и травмированных приходится в среднем на 1 пожар. Диаграмма с данными этого показателя по регионам Республики показана на рис. 7.

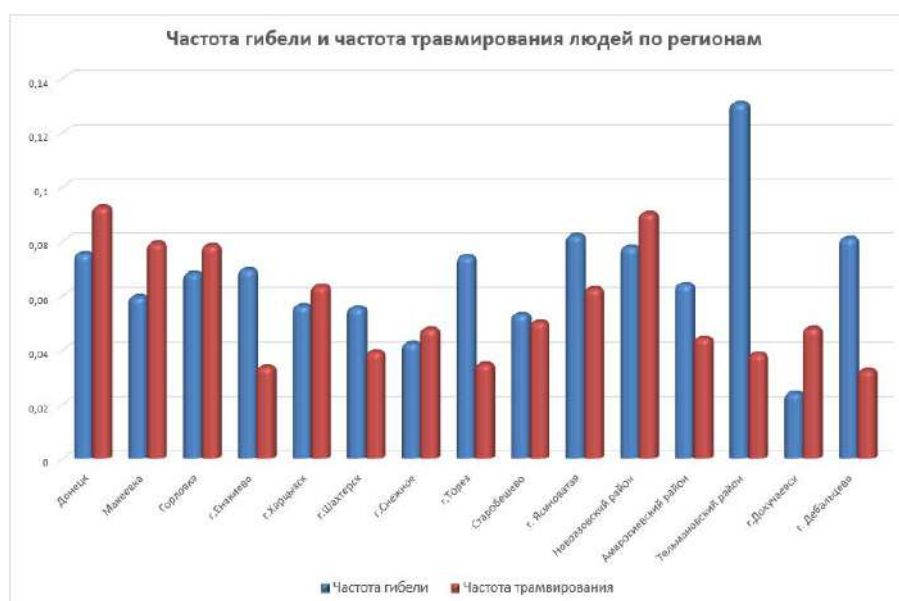


Рис. 7. Частота гибели и травмирования людей при пожарах

### Выводы и перспективы дальнейших исследований

Картина, получаемая в результате анализа статистических данных по пожарам, определяет ключевые факторы, повлекшие за собой возгорание, материальный ущерб, опасные последствия для людей и объектов. Это позволяет в дальнейшем разрабатывать меры по предупреждению аналогичных случаев и уже в начале года вырабатывать необходимые управленческие решения на текущий год.

### Библиографический список

1. Надзорная деятельность [Электронный ресурс] // МЧС Донецкой Народной Республики : сайт. – Электрон. дан. – [б. м.], 2022. – Режим доступа : <http://dnmchs.ru/content/control>. – Дата обращения: 15.03.2022. – Загл. с экрана.
2. Харин, В. В. Зависимость гибели и травмирования людей при пожарах от продолжительности пожаров / В. В. Харин, В. И. Сибирко, А. А. Кондашов, Е. В. Бобринев, Е. Ю. Удавцова // Безопасность техногенных и природных систем. – 2021. – № 4. – С. 19–24.
3. Численность населения ДНР на 1 октября 2019 года [Электронный ресурс] // Все о ДНР : сайт. – Электрон. дан. – [б. м.]. – Режим доступа: <https://vsednr.ru/chislennost-naselenia-dnr-2019/>. – Дата обращения: 15.03.2022. – Загл. с экрана.

## ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ОРГАНИЗАЦИИ ТУШЕНИЯ ПОЖАРОВ В ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЯХ

### PROSPECTS FOR THE DEVELOPMENT OF THE FIRE EXTINGUISHING ORGANIZATION IN HIGH-RISE BUILDINGS

**Ладнюк Виталий Александрович**  
Ассистент

**Макаров Максим Юрьевич**  
Курсант  
E-mail: maksimmakarov20141@gmail.com

ГБОУ ВО «АГЗ МЧС ДНР»

*Ни для кого не секрет, что уровень пожарно-тактической подготовки личного состава, эффективность управления пожарно-спасательными подразделениями и модернизация современных средств, и способов тушения определяют качество тушения пожаров. А учитывая темпы многоэтажного строительства во всем мире, решение задачи по организации тушения пожаров в высотных зданиях выходит практически на первые позиции.*

**Ключевые слова:** боевые действия, высотные здания, тушение пожаров, средства тушения, виды тушения.

#### Введение

Строительство высотных зданий в крупнейших городах мира с каждым годом стремительно развивается. Это связано с высокой ценой земельного участка, ограничением городской территории, интенсивным ростом населения, а также с другими факторами. В мире высотное строительство охватывает все больше городов каждый год. В России высотное здание считается высотой около 75 м (примерно 25 этажей), хотя в других странах высотным считается здание высотой 35–100 м, а здание высотой свыше 100 м – небоскрёбом [1].

#### Изложение основного материала

Известно, что высотные здания оснащены полноценным комплексом систем противопожарной защиты, однако кратковременные работы систем направлены на успешную эвакуацию людей в случае пожара, и дальнейшее воздействие пожара лежит на силах пожарной охраны. Таким образом, подготовка пожарных и спасателей для тушения пожаров высотных зданий сохраняет свое значение и, кроме того, требует постоянного совершенствования.

Международная статистика показывает, что пожары в небоскребах не редкость. Среди самых крупнейших пожаров прошлого десятилетия можно выделить следующие:

**Vitaly Ladnyuk**  
Assistant

**Maksim Makarov**  
Cadet  
E-mail: maksimmakarov20141@gmail.com

The Civil Defence Academy of EMERCOM  
of the DPR

*There is no secret that the level of fire and tactical training of personnel, the effectiveness of fire and rescue units' management and the modernization of modern means and methods of extinguishing determine the quality of fire extinguishing. And taking into account the pace of multi-storey construction around the world, the solution of the problem of fire extinguishing organizing in high-rise buildings comes almost to the forefront.*

**Keywords:** fighting, high-rise buildings, fire extinguishing, extinguishing means, types of extinguishing.

3 апреля 2013 года, пожар в столице Чечни в 40-этажном здании Башни «Олимп» комплекса «Грозный-Сити». Огонь распространился на площади 18 тысяч квадратных метров. Пожар обошелся без жертв;

19 мая 2015 года в 16-этажном жилом здании в городе Баку, пожар, который привел к гибели 15 человек, еще 63 человека получили травмы различной тяжести;

13 февраля 2016 года, пожар на строящемся объекте «Абу-Даби Плаза», находящейся в столице Казахстана Астане. Огонь распространился по деревянным опалубкам и брезентовым пологам с 11 по 25 этаж. Огнеборцами было эвакуировано 150 человек. Пострадавших нет;

20 июля 2016 года, в 75-этажном здании небоскреба «Sulafa Tower» в Дубае. Огнем было охвачено более 20 этажей, пламя распространялось по облицовке здания. Благодаря слаженной работе пожарно-спасательных служб жертв удалось избежать;

19 января 2017 года, в 17-этажном торговом центре «Пласко» в Тегеране, столице Ирана. В результате пожара погибло 30 человек и произошло обрушение здания;

14 июня 2017 года, в 24-этажном жилом доме «Grenfell Tower» в Лондоне. Пожар привел к гибели 80 человек. Пожарными из горящего дома было спасено 65 человек.

1 мая 2018 года, заброшенное 20-этажное здание в Сан-Паулу. Ночью 1 мая здание загорелось и в течение полутора часов обрушилось. По официальным данным, один человек погиб и еще 34 считаются пропавшими без вести.

В вышеуказанных примерах наглядно видно, что тушение пожаров и спасание людей в многоэтажных зданиях всегда является непростой задачей. Несвоевременная организация планирования боевых действия пожарных подразделений, принимающих участие в тушении пожаров на подобных объектах, слабая подготовка пожарно-спасательных подразделений, не правильно выбранное решение по доставке огнетушащих веществ на подобные высоты, могут вызвать серьезные последствия, в том числе и гибель людей.

Статистика пожаров в высотных зданиях Российской Федерации за 2019–2020 годы:

– в зданиях высотой 17-25 этажей в 2019 году произошло 849 пожаров, на которых погиб 21 человек, в 2020 году – 762 пожара, 25 погибших;

– в зданиях более 25 этажей в 2019 году произошло 16 пожаров, погибших нет, в 2020 году – 10 пожаров, погибших нет [2].

Анализирую статистические данные, существенно заметен рост пожаров и гибель людей за 2020 год в зданиях высотой 17–25 этажей.

Любая чрезвычайная ситуация на высотном объекте осложнена наличием множества людей, которых нужно эвакуировать, сложностью аварийно-спасательных работ, высоким темпом распространения пламени и вредных продуктов горения внутри здания так и снаружи, высоким уровнем температуры на путях эвакуации, трудоемкостью подачи средств тушения, в особенности на последних этажах здания и загроможденностью подъездов не соответствующим тактико-техническим характеристикам пожарной техники. Залогом быстрого и успешного тушения пожара является тренировка пожарно-спасательных подразделений на различных объектах с отработкой современных и инновационных методов спасения людей и организации тушения пожаров [3].

Для этих целей в городе Москва 29 августа 2017 года на башне «Восток» Московского международного делового центра «Москва-Сити» было проведено пожарно-тактическое учение. Объект учений был выбран не случайно. Центр представляет собой комплекс уникальных по своей архитектуре зданий с нестандартными планировками, противопожарной защитой и конструктивными решениями. А Башня «Восток» является самым высоким зданием в Европе: её высота составляет 373 метра и насчитывает 95 этажей. «Восток» входит в состав Многофункционального офисно-рекреационного комплекса «Федерация», на стилобатной части которого расположены две башни различной высоты. В башне размещены офисы, предприятия розничной торговли, номера отеля, жилые секторы, и помещения общественного питания.

Целью учений являлась проверка возможностей на практике современных образцов пожарной техники по подаче огнетушащих веществ на достаточно большие высоты. Подача огнетушащих веществ осуществлялась 4-мя способами:

Первый – «классический способ», при котором осуществлялась подача воды с использованием промежуточных водоподающих агрегатов (мотопомп);

Второй способ – подача воздушнонаполненной пены от автоцистерны, оборудованной установкой «SKY CAFS»;

Третий – подача ствола системы пожаротушения с гидроабразивной резкой «Кобра»;

Четвёртый способ – подача воды от второй ступени высокого давления пожарного насоса автоцистерны по рукавам повышенной прочности (без использования дополнительного водоподающего оборудования). Этот способ впервые в г. Москве был испытан на эффективность переходник с соединительными гайками «Шторц-Богдан».

В ходе учений было установлено сразу 4 рекорда по подаче огнетушащих веществ на высоту. Подача воды с использованием экспериментального способа от второй ступени насоса и компрессионной пены от установки «SKY CAFS» была достигнута предельная отметка в 373 метра. Такими результатами по подаче - как воды, так и пены, без перекачки, не достигло ни одно подразделение пожарной охраны Европы. А также в мировой практике пожаротушения не использовалась система пожаротушения «Кобра» на высоте в 270 метров, где установка показала превосходные результаты гидроабразивной резки! При этом длина рукавной линии составляла 350 метров, а агрегат подачи находился на нулевой отметке.

Конечно, практические навыки и полученные результаты учений имеют большое значение для развития и совершенствования тактики тушения пожаров в высотных зданиях, но не стоит останавливаться на достигнутом. Для того чтобы руководитель тушением пожара мог на основе знаний и исходя из наличия того или иного оборудования принимать верные управленческие решения по организации тушения пожара в начальной стадии его развития, необходимо разобрать все положительные стороны и недостатки каждого из способов [4].

Практические навыки, полученные в ходе учений, очень важны для того, чтобы совершенствовать и развивать тактику тушения пожара в высотных зданиях, однако не стоит останавливаться на достигнутых результатах. Чтобы руководитель тушения пожара мог на основании знаний, а также при наличии оборудования, принимать правильное решение по тушению пожара в начале его развития, нужно проводить как можно чаще учения подобного рода.

В итоге можно отметить следующее: при работе промежуточных водоподъемных агрегатов (мотопомпы) была установлена полная автономность и мобильность, это позволяет устанавливать их на любую твердую поверхность вблизи естественных или природных запасов воды, которые недоступны для подъезда пожарных машин. На практике пожарная мотопомпа, помимо работ по тушению пожара, используется для заполнения различных баков, емкостей. Для осушения затопленных подвалов, объектов, технических этажей, колодцев. Второй этап показал, что подача воздушнонаполненной пены от автоцистерны, оборудованной установкой «SKY CAFS» обеспечивает существенную эффективность при тушении, благодаря ее свойствам для тушения тратиться меньшее количество воды, тем самым предотвращается наносимый ущерб. Третий способ – это подача ствола системы пожаротушения с гидроабразивной резкой «Кобра», Преимущество установки «Кобра» - повышение безопасности пожарных, так как тушение осуществляется с безопасного места вне здания и(или) сооружения, избегая риска получения травм вследствие воздействия пламени, горючих газов, и токсичных веществ, влияющих на спасателя. В настоящее время наиболее безопасным методом тушения является система пожаротушения с помощью гидроабразивной резки «Кобра». Четвертый метод тушения является подача воды от второй ступени высокого давления пожарного насоса (этот метод был впервые опробован на соединении с гайками «Storts-Богдан»), новая технология позволяет обеспечивать водой на значительно большей высоте, чем это можно сделать было с помощью вместе соединенных рукавов [5].

### **Выводы**

Считаем целесообразным провести научные обоснования предлагаемых методов подачи на высоту огнетушащих веществ, предложить решения для включения в нормативную базу при проектировании высотных комплексов, в том числе по устройству сухотрубов, что приведет к уменьшению времени на развертывание сил и средств, и как следствие, приведет к сокращению времени свободного горения, минимизации потерь, гибели людей. Можем предположить, что наиболее целесообразно для подачи огнетушащих средств на высоту, в зданиях повышенной этажности преимущественно использовать промежуточные мотопомпы, так как они являются экономически доступными, простые в эксплуатации, использовании, высокоманевренные, автономны, возможность установки их на любое твердое покрытие вблизи природного или искусственно созданного запаса воды, недоступного для подъезда пожарной автотехники [6].

### **Библиографический список**

1. Граник, Ю. Г. Проектирование и строительство высотных зданий / Ю. Г. Граник. – Москва, 2020. – С. 20–23.
2. Пожары и пожарная безопасность в 2010 г. : статистический сборник. – Москва : ВНИИПО МЧС России, 2011. – 140 с.
3. Денисов, А. Н. Тактические приемы аварийной разведки и спасения при тушении пожаров : учеб. пособие / А. Н. Денисов, М. М. Данилов, О. И. Степанов. – Москва : Академия ГПС МЧС России, 2020. – 50 с.
4. Иванников, В. П. Справочник руководителя тушения пожара / В. П. Иванников, П. П. Ключ. – Москва : Стройиздат, 1987. – 190 с.
5. Кирюханцев, Е. Е. О повышении эффективности тушения пожаров в высотных зданиях [Электронный ресурс] / Е. Е. Кирюханцев, В. Н. Иванов // Интернет-журнал «Технологии техносферной безопасности». – Вып. № 5 (51). – 2013. – С. 1–5. – Электрон. дан. – [б. м.], 2022. – Режим доступа: <http://academygps.ucoz.ru/ttb/2013-5/2013-5.html>. – Загл. с экрана.
6. Терещнев, В. В. Пожаротушение в зданиях повышенной этажности : учеб. пособие / В. В. Терещнев, А. В. Подгрушный, Н. С. Артемьев. – Москва : Академия ГПС МЧС России, 2009. – 117 с.

УДК 614.841.34

## ПРИМЕНЕНИЕ АЗОТФОСФОРСОДЕРЖАЩЕГО ОГНЕЗАЩИТНОГО СОСТАВА ДЛЯ ЗАЩИТЫ ОТ ТЕРМИЧЕСКОЙ ДЕСТРУКЦИИ ДРЕВЕСИНЫ МЕТОДОМ СИНХРОННОГО ТЕРМИЧЕСКОГО АНАЛИЗА

### THE USE OF NITROGEN-PHOSPHORUS-CONTAINING FLAME RETARDANT COMPOSITION FOR PROTECTION AGAINST THERMAL DESTRUCTION OF WOOD BY THE METHOD OF SYNCHRONOUS THERMAL ANALYSIS

**Мартirosян Игорь Юрьевич**

Начальник ПСЧ № 14

ГПСО г. Макеевка

МЧС ДНР

*Применение конструкций из древесины для объектов строительства значительно повышает их горючесть, а в случае возникновения пожара способствует образованию опасных факторов пожара, представляющих значительную опасность для жизни и здоровья человека, в настоящей статье рассмотрено применение азотфосфорсодержащего огнезащитного состава для защиты от термической деструкции древесины.*

**Ключевые слова:** *древесина, огнезащитный состав, огнезащитные составы, деструкция.*

#### Введение

В настоящее время для огнезащиты натуральной древесины популярны такие способы, как поверхностная и глубокая пропитка специальными составами, содержащими антипирены, а также нанесение огнезащитных покрытий.

Как правило, огнезащитные пропиточные составы и покрытия для древесины представляют собой многокомпонентные системы. Каждый компонент системы исполняет свою функциональную роль в обеспечении общего огнезащитного эффекта и требуемых эксплуатационных свойств.

В большинстве случаев пропиточные составы представляют собой солевые растворы в водной среде или в органических растворителях.

Поверхностную пропитку осуществляют многократным нанесением состава на защищаемую поверхность деревянных элементов конструкций или облицовочных материалов ручным или механизированным способом.

Поверхностная пропитка при своей дешевизне и технологичности менее эффективна, чем глубокая пропитка, но позволяет за счет смачивания поверхности составами защитить смонтированные деревянные конструкции непосредственно на строительных объектах. Получить надежную огнезащиту древесины подобным способом крайне сложно. Во многом это обусловлено слабым проникновением солей в древесину. Требуется высокий их расход.

**Igor Martirosyan**

Head of the Fire and Rescue Department of SFRS of Makeevka

The EMERCOM of the DPR

*The use of wood structures for construction projects significantly increases their flammability, and in the event of a fire, it contributes to the formation of fire hazards that pose a significant danger to human life and health. Thus, the use of a nitrogen-phosphorus-containing flame retardant to protect against thermal degradation of wood has been discussed.*

**Keywords:** *wood, fire protection, flame retardants, destruction.*

## Изложение основного материала

### Способы повышения огнестойкости древесины и древесных материалов

Более глубокое проникновение огнезащитного раствора в поверхностные слои древесины обеспечивается при таких методах пропитки, как применение горяче-холодных ванн, а также обработки в промышленных аппаратах – автоклавах в режиме последовательного увеличения давления или чередования вакуума и повышенного давления.

Способ горяче-холодных ванн, изображённый на рис. 1 нашел промышленное применение в качестве основного способа пропитки строительных деталей из древесины на ряде крупных деревообрабатывающих комбинатов. Глубокая пропитка древесины огнезащитными солевыми растворами основана на особенностях капиллярно-сосудистого строения древесины. Ряд технологических трудностей, необходимость большого расхода антипиренов, потребность в специальном оборудовании для проведения глубокой пропитки древесины огнезащитными составами ограничивают возможности практического использования этого направления огнезащиты древесины [1].

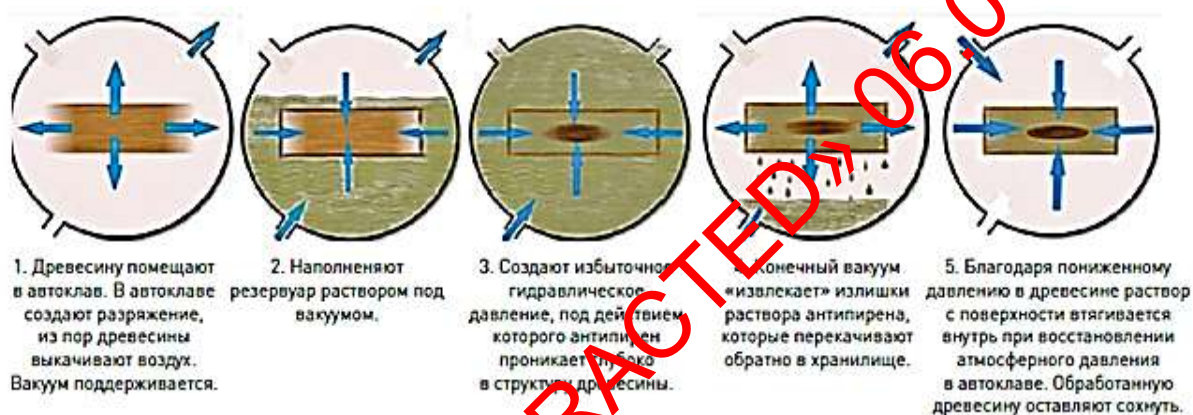


Рис. 1. Процесс пропитки древесины в автоклаве

В настоящее время разработано большое число огнезащитных пропиточных составов для древесины, которые отличаются друг от друга различным набором и количественным сочетанием низкомолекулярных неорганических веществ и производных органических соединений, проявляющих свойства антипиренов. Научные и практические исследования в этой области продолжают развиваться с целью выявления еще более эффективных огнезащитных составов для древесины и улучшения эксплуатационных свойств конечной продукции.

К числу веществ, часто используемых в рецептурах огнезащитных пропиточных составов, следует отнести различные производные фосфорной и фосфоновых кислот: моно- и диаммонийфосфаты или их смеси (аммофос), мочевино-, меламино- и амидофосфаты, амидометилфосфонаты. Борная кислота, тетрабораты аммония и натрия, аммонийные соли серной и соляной кислот, хлориды щелочноземельных металлов и металлов переменной валентности, карбонаты натрия и калия – это далеко не полный перечень неорганических веществ, используемых в виде компонентов пропиточных огнезащитных составов для древесины [2].

Для огнезащиты древесины и других органических материалов предложено новое поколение водорастворимых олигомерных антипиренов, содержащих в своих макромолекулах одновременно элементы фосфора и бора. Их синтез основан на реакции взаимодействия диметилфосфита с борной кислотой при различном молярном соотношении реагентов и температуре [2].

Обработка древесины сосны водным составом P, B – содержащего антипирена позволяет повысить кислородный индекс древесины с 20–23 до 53 [3].

Среди используемых в настоящее время ОЗС для древесины особое место занимают покрытия вспучивающегося типа, защитные свойства которых проявляются при действии высоких температур и огня. Развитию этого направления огнезащиты древесины уделяют большое внимание и в нашей стране, и за рубежом. Покрытия вспучивающегося типа обязательно содержат важные компоненты: 1 – связующие пленкообразующие вещества, являющиеся одновременно источником образования углеродного каркаса при разложении; 2 – катализаторы реакций образования углеродного скелета; 3 – сенивающие (вспучивающие) агенты. Для усиления общего огнезащитного действия вводят разные добавки, способные влиять на технологические, теплозащитные и другие эксплуатационные свойства покрытий. Это наполнители со свойствами антипиренов, загустители, пигменты, стабилизаторы и т.д. [2].

В качестве связующих – источника образования углеродного каркаса рекомендованы термопластичные полимеры: поливинилацетат, поливиниловый спирт, хлорированный поливинилхлорид, хлорированный каучук, латексы сополимеров винилхлорида с винилиденхлоридом, хлорсульфированный полиэтилен, полиуретаны [4].

Кроме этого, остаются неопределенными вопросы разработки и применения огнезащитных средств, способных снижать интенсивность процесса обугливания древесины, определяющего огнестойкость деревянных конструкций. Недостаточно внимания уделено влиянию природы огнезащитных средств на этот важный процесс и изучению физико-химических процессов, обеспечивающих эффективность огнезащитного действия при тепловом воздействии на древесину разных пород и видов.

### **Изменение характеристик древесины в результате огнезащитной обработки**

Исследование древесины необработанной и обработанной огнезащитным составом полученного, на основе продуктов химической деструкции полиэтилентерефталата (ПЭТФ) с полиэтиленполиамином (ПЭПА) проводили в научной лаборатории термического анализа «Определение свойств веществ и материалов при воздействии высоких температур» методом синхронного термического анализа на приборе Nietzsche STA 449 F5 Jupiter. Испытания проводили в атмосфере воздуха со скоростью нагрева 20 К/мин, совмещённым с квадрупольным масс-спектрометром.

При проведении термического анализа необработанной древесины начальные потери массы при нагревании образцов до 120-150 °С обусловлены эндотермическим процессом испарения влаги. Собственно, разложение древесины начинается при более высокой температуре. Окислительное разложение древесины протекает в две стадии. Первая стадия связана с деструкцией компонентов древесины, вторая – с окислением образующегося кокса. Обе стадии разложения экзотермичны, осуществляются с выделением значительного количества тепла.

Термограмма необработанной древесины сосны (в высокодисперсном состоянии) представлена на рис. 2.

Анализ термограммы показал, что термоокислительная деструкция древесины протекает в три стадии (на дифференциально-термогравиметрической кривой (ДТГ) присутствуют три пика потери массы). Первая стадия, обусловленная удалением влаги из древесины, протекает в низкотемпературной области (60÷160 °С) со скоростью потери массы 1,33 %/мин. Вторая стадия ( $T = 160 \div 380$  °С) характеризуется интенсивным протеканием процесса термоокислительной деструкции целлюлозы, лигнина и гемицеллюлозы (скорость потери массы 19,13 %/мин) за счёт процессов деполимеризации, декарбоксилирования, дегидратации химически связанной воды и образованием кокса. Потеря массы на этой стадии составила более 60 %. Третья стадия протекает в интервале температур 380÷540 °С, потеря массы (более 25,0 %), обусловленная термоокислительной деструкцией образующегося кокса. Интенсивность потери массы при этом составила 8 %/мин. При нагревании до 600 °С происходит практически полная потеря массы образца (остаточная масса составила ~3 %).

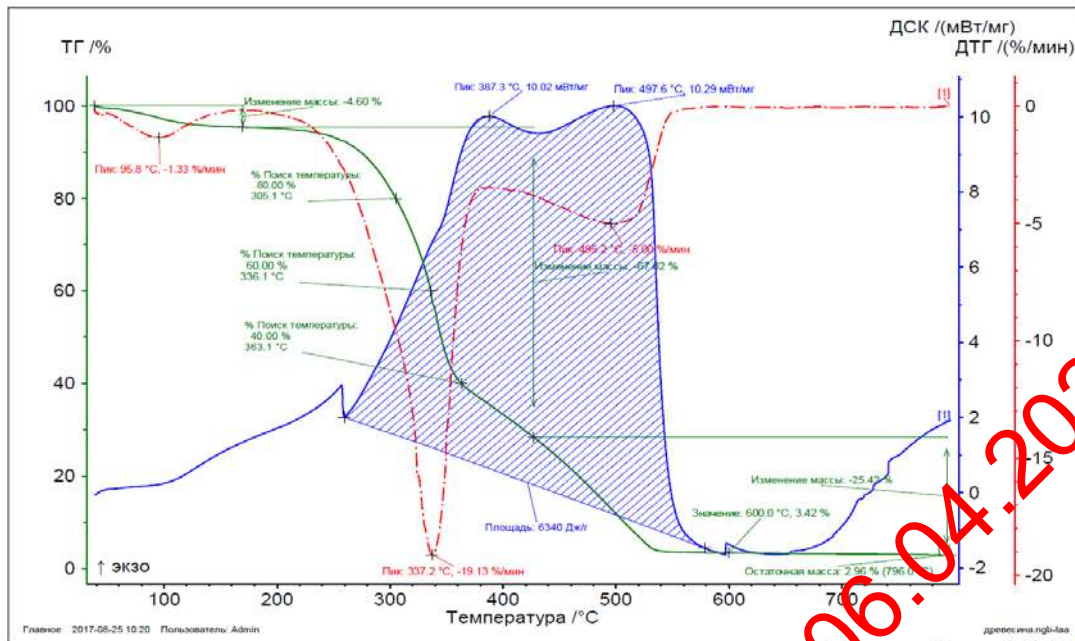


Рис. 2. Термограмма древесины сосны необработанной огнезащитным составом

Средняя потеря массы в интервале температур от 400–700 °С для необработанной древесины составляет 87 %, для обработанной древесины составляет 69 %. Разница потери массы для обработанной и необработанной древесины составляет 18 %. Величина зольного остатка увеличивается в 4,37 раза.

Анализ кривой дифференциально сканирующей калориметрии (ДСК кривой) свидетельствует о высоком суммарном экзотермическом эффекте (6340 Дж/г), сопровождающим вторую и третью стадии термоллиза древесины сосны.

Термограмма древесины сосны, обработанной азотфосфорсодержащим антипиреном, представлена на рис. 3.

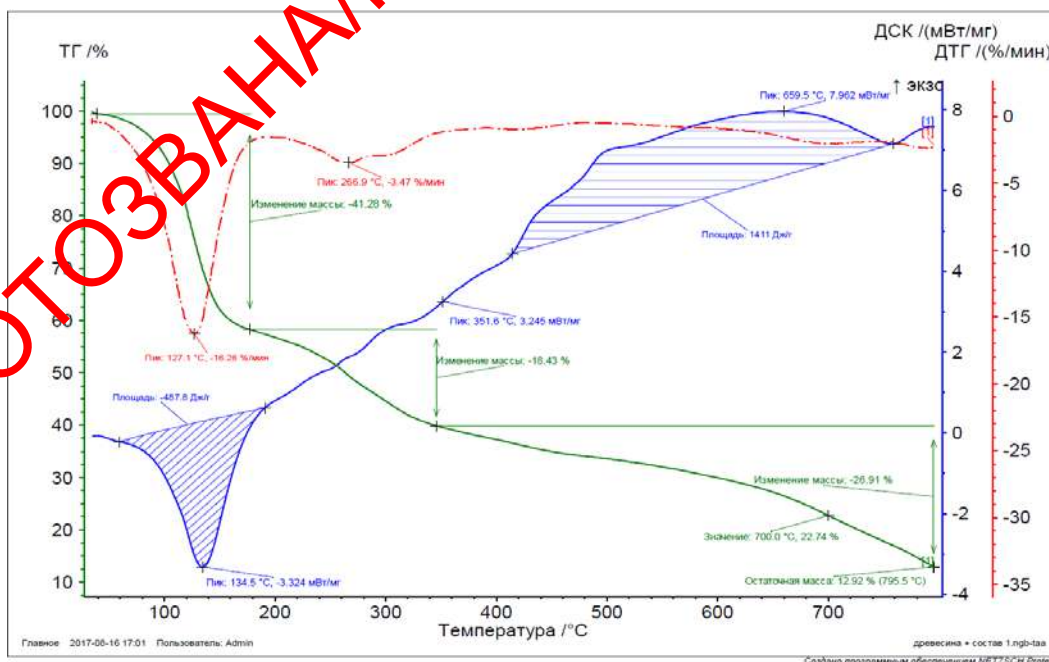


Рис. 3. Кривые ТГ, ДТГ, ДСК и ионного тока древесины сосны, обработанной огнезащитным составом

На термогравиметрической кривой древесины, обработанной огнезащитным составом, также видны 3 ступени, свидетельствующие о трёх стадиях термолиза древесины. Однако интенсивность потери массы значительно ниже, что свидетельствует об эффективности огнезащитного состава. Результаты термогравиметрического анализа обработанной и необработанной ОЗС древесины представлены в таблице 1.

Таблица 1

Термоаналитические характеристики необработанной древесины  
и древесины обработанной огнезащитным составом

Объект исследования	Потеря массы при температуре, °С							Зольный остаток, %
	100	200	300	400	500	600	700	
Необработанная древесина, %	2,91	4,88	17,84	66,65	88,18	96,58	96,85	2,96
Древесина обработанная ОЗС	8,39	43,21	55,337	62,71	66,38	70,04	77,26	12,92

Основная потеря массы происходит в интервале температур 60÷200 °С и обусловлена протеканием нескольких процессов: дегидратацией углеводной части древесины, плавлением  $\alpha$ -метиленфосфоновых кислот, присутствующих в огнезащитном составе. Остаточная масса при 600 °С составила примерно 34 %, т.е. на порядок выше, чем для не обработанной ОЗС древесины.

Полученные данные свидетельствуют о высоких огнезащитных характеристиках ОЗС (табл. 2).

На ДТГ кривой хорошо видны два пика с максимумами при температурах 127 °С и 267 °С.

Таблица 2

Данные анализа термоаналитических характеристик обработанной  
и необработанной древесины

Термоаналитические характеристики	Необработанная древесина, %			Древесина обработанная ОЗС, %	
	1-й ДТГ пик	2-й ДТГ пик	3-й ДТГ пик	1-й ДТГ пик	2-й ДТГ пик
Т, °С	95,8	337,2	495,2	127	267
Скорость потери массы ДТГ, %/мин	1,33	19,13	5,00	16,23	3,47
$\Delta H$ , Дж/г	74,1	6340		487,8	1411

Анализ полученных результатов показал, что скорость потери массы снижается в среднем на 2 %/мин, что свидетельствует о снижении горючести обработанной огнезащитным составом древесины [5].

Термолиз обработанной древесины сопровождается значительным эндоэффектом (465 Дж/г) с максимумом при температуре 135 °С. На ДСК кривой ярко выражен экзотермический пик с максимумом при температуре 660 °С. Экзотермический тепловой

эффект составил 1411 Дж/г, что в 4,5 раза ниже теплового эффекта термоокислительной деструкции необработанной древесины.

### Анализ результатов огнезащитной обработки древесных материалов

Для идентификации выделяющихся в ходе термоллиза газов и анализа процесса термоллиза древесины проведён масс-спектральный анализ. Кривые ионного тока высокой интенсивности с массовыми числами  $m/z = 18$  а.е.м. и  $m/z = 17$  подтверждают выделение паров воды [6] (рис. 4). Известно, что фосфорсодержащие соединения облегчают пиролитические реакции отщепления воды углеводной части древесины, являясь катализаторами этих реакций, а также процессов циклизации, что и способствует коксообразованию [7].

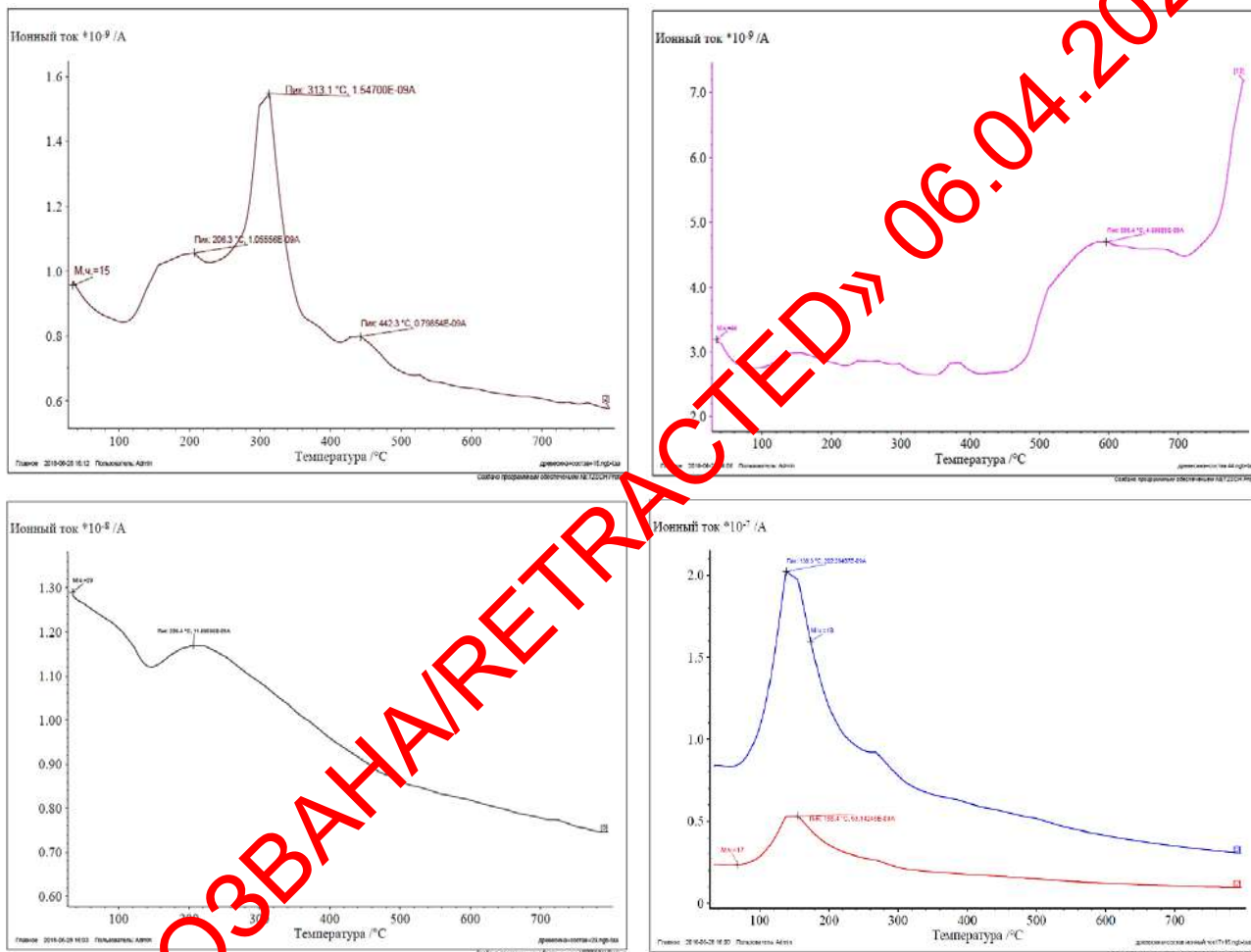


Рис. 4. Кривые ионного тока древесины сосны, обработанной огнезащитным составом

Анализ кривых ионного тока, представленных на рис. 4 показал, что в результате термического воздействия на ОЗС происходит разложение аммонийных солей  $\alpha$ -аминометиленфосфоновых кислот с образованием низкомолекулярных соединений ( $H_2O$ ,  $CO_2$ ,  $NH_3$ ), не поддерживающих горение и фосфорсодержащих соединений, которые действуют как дегидратирующие агенты. Пик ионного тока для массового числа  $m/z = 18$  а.е.м. характерен для паров воды. Так же из негорючих газов выделяется аммиак  $m/z = 17$  а.е.м., углекислый газ  $m/z = 44$  а.е.м. Также наблюдается выделение производного аммиака – метиламина  $CH_3NH_2$   $m/z = 31$  а.е.м. и хлороводорода  $HCl$   $m/z = 36$  а.е.м. [6]. На рис. 5 приведена термограмма огнезащитного состава на основе продуктов деструкции полиэтилентерефталата с полиэтиленполиамином.

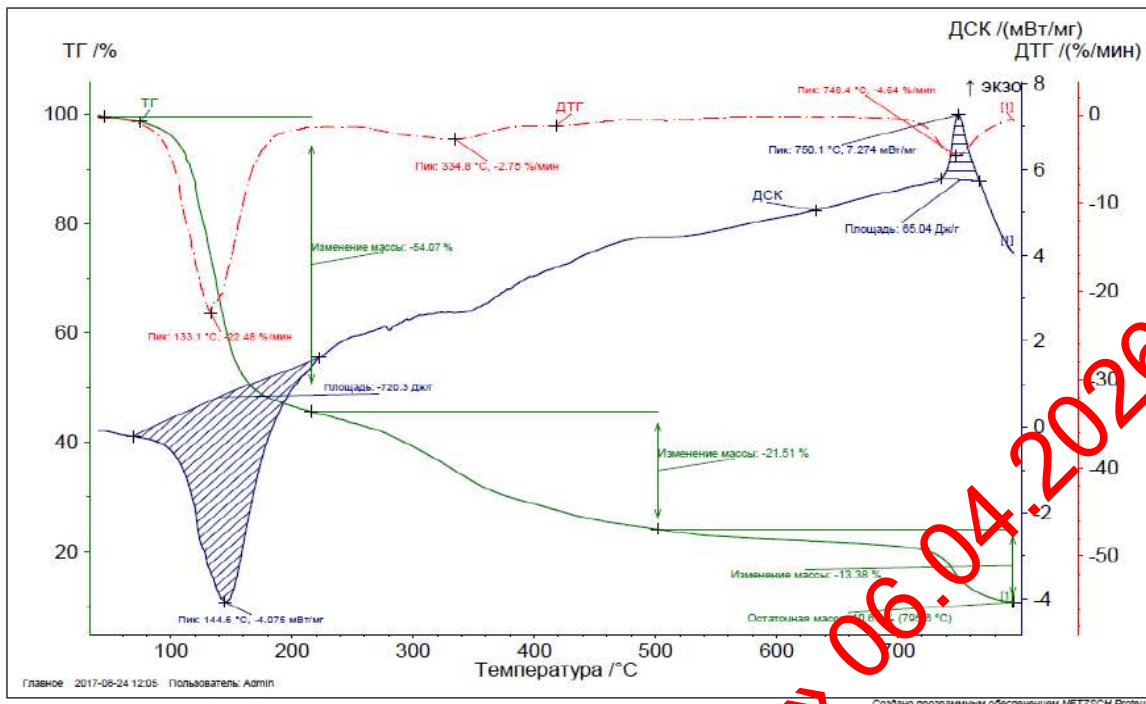


Рис. 5. Термограмма огнезащитного состава на основе продуктов деструкции полиэтилентерефталата с полиэтиленполиамином

### Выводы и перспективы дальнейших исследований

Результаты исследований свидетельствуют о том, что нанесение на поверхность древесины азотфосфорсодержащего ОЗС на основе продуктов аминлиза полиэтилентерефталата изменяет механизм ее термического разложения (изменяется количество ДТГ и ДСК пиков, и значения термоаналитических характеристик). При термоллизе обработанной древесины потеря массы уменьшается в среднем на 18 %, интенсивность потери массы уменьшается на 2 %/мин, зольный остаток увеличивается на 10 %, а тепловой эффект экзотермического процесса термоллиза снижается в 4,5 раза. Это обусловлено тем, что под действием высоких температур происходит разложение аммонийных солей  $\alpha$ -аминометиленфосфоновых кислот с образованием низкомолекулярных соединений ( $H_2O$ ,  $CO_2$ ,  $NH_3$ ) замедляющих горение фосфорсодержащих соединений, которые действуют как дегидратирующие агенты. Также, образующийся при низких температурах (ниже температуры самовоспламенения древесины) карбонизированный слой и выделение низкомолекулярных соединений, не поддерживающих горение, приводит к ограничению доступа кислорода к неповрежденным слоям древесины. Остаточная масса у обработанной огнезащитным составом древесины на 10 % больше, что свидетельствует о высокой огнезащитной способности применяемого огнезащитного состава.

### Библиографический список.

1. Покровская, Е. Н. Химико-физические основы увеличения долговечности древесины. Сохранение памятников деревянного зодчества с помощью элементоорганических соединений : монография / Е. Н. Покровская. – Москва : Изд-во АСВ, 2003. – 104 с.
2. Нагановский, Ю. К. Прогнозирование долговечности древесины методом термического анализа / Ю. К. Нагановский, Е. Н. Покровская, И. И. Пищик, Н. В. Смирнов // Пожаровзрывобезопасность. – 2001. – № 6. – С. 31–32.
3. Нагановский, Ю. К. Термическая устойчивость древесины различной длительности эксплуатации / Ю. К. Нагановский, Е. Н. Покровская, И. И. Пищик, Н. В. Смирнов // Строительные материалы. – 2000. – № 9. – С. 34–35.

4. Макишев, Ж. К. Изучение процесса обугливания деревянных конструкций различного срока эксплуатации методами термического анализа / Ж. К. Макишев, А. Б. Сивенков // Технологии техносферной безопасности. – 2016. – Вып. 1 (65). – С. 84–88.

5. Асеева, Р. М. Горение древесины и её пожароопасные свойства : монография / Р. М. Асеева, Б. Б. Серков, А. Б. Сивенков. – Москва : Академия ГПС МЧС России, 2010. – 262 с.

6. Асеева, Р. М. Влияние времени эксплуатации древесины на её пожароопасные свойства / Р. М. Асеева, С. Л. Барботько, Р. В. Дегтярев [и др.] // Энциклопедия инженера-химика. – 2010. – № 3. – С. 27–34.

7. Aseeva, R. M. Fire Behavior and Fire Protection in Timber Buildings / R. M. Aseeva, B. B. Serkov, A. B. Sivenkov. – Springer, 2014. – 280 p.

«ОТОЗВАНА/RETRACTED» 06.04.2026

## ОПЫТ ОРГАНИЗАЦИИ ЛЕСОПОЖАРНОГО МОНИТОРИНГА В ЗОНАХ РАДИОАКТИВНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ

### EXPERIENCE IN ORGANIZING FOREST FIRE MONITORING IN AREAS OF RADIOACTIVE CONTAMINATION

**Марченко Татьяна Андреевна**

Д-р мед. наук, профессор

Главный научный сотрудник

E-mail: [general1952@yandex.ru](mailto:general1952@yandex.ru)

ФГБУ «Всероссийский научно-исследовательский институт по проблемам гражданской обороны и чрезвычайных ситуаций МЧС России» (Федеральный центр высоких технологий)

**Раздайводин Андрей Николаевич**

Заведующий отделом

E-mail: [razdayvodin@roslesrad.ru](mailto:razdayvodin@roslesrad.ru)

**Радин Александр Игоревич**

Заведующий лабораторией

E-mail: [radin@roslesrad.ru](mailto:radin@roslesrad.ru)

ФБУ Всероссийский НИИ лесоводства и механизации лесного хозяйства (ФБУ ВНИИЛМ)

*Изложены результаты научно-практических работ по повышению эффективности противопожарных мероприятий в загрязненных радионуклидами лесах. Приведены сведения о структуре и технических характеристиках системы видеонаблюдения лесопожарного мониторинга в условиях Брянской области.*

**Ключевые слова:** преодоление последствий радиационных аварий, радиоактивно загрязненная территория, радиоактивные лесные пожары, безопасность жизнедеятельности населения.

#### Введение

Радиоактивное загрязнение лесов Российской Федерации связано с рядом радиационных аварий и инцидентов. Наибольшие площади лесов подверглись радиоактивным выпадениям в результате катастрофы на Чернобыльской АЭС в 1986 году. Основным дозообразующим долгоживущим радионуклидом, сформировавшим

**Tatyana Marchenko**

Doctor of Medical Sciences, Professor

Chief Researcher

E-mail: [general1952@yandex.ru](mailto:general1952@yandex.ru)

All-Russian Research Institute on Civil Defence and Emergency Situations of the Ministry of Emergency Situations of Russia (Federal Center for Science and High Technologies)

**Andrey Razdayvodin**

Head of Department

E-mail: [razdayvodin@roslesrad.ru](mailto:razdayvodin@roslesrad.ru)

**Alexander Radin**

Head of Laboratory

E-mail: [radin@roslesrad.ru](mailto:radin@roslesrad.ru)

All-Russian Research Institute of Forestry and Mechanization

*The results of scientific and practical work on improving the effectiveness of fire-fighting measures in forests contaminated with radionuclides are presented. The information about the structure and technical characteristics of the video surveillance system of forest fire monitoring in the Bryansk region is given.*

**Keywords:** overcoming the consequences of radiation accidents, radioactive contaminated territory, radioactive forest fires, life safety of the population.

чернобыльский след является цезий-137 ( $^{137}\text{Cs}$ ). Первоначальная площадь лесов, загрязненных  $^{137}\text{Cs}$ , составила около 2 млн. га, в настоящее время она составляет около 660 тыс. га [1].

Леса, как тип ландшафта, выполняют функцию биогеохимического барьера. Они предотвращают дальнейшее распространение радионуклидов, удерживая их в различных компонентах лесных экосистем: прежде всего в лесных почвах, а также растительности. Вместе с тем, загрязненные радионуклидами леса являются источником радиационной опасности для работников лесного хозяйства, населения и потребителей лесной продукции [2].

Особую опасность представляют чрезвычайные ситуации, прежде всего – радиоактивные лесные пожары. Они способствуют повышению содержания  $^{137}\text{Cs}$  в атмосферном воздухе и переносу радионуклидов за пределы зон радиоактивного загрязнения [3; 4]. Например, исследования ученых МНТЦ «Укрытие» в Чернобыле, показали, что при лесном пожаре в дымовом шлейфе в составе аэрозольных частиц появляются все радионуклиды, которые находятся на местности после аварии на ЧАЭС. Основными носителями  $^{137}\text{Cs}$  являются субмикронные аэрозоли, что обеспечивает их длительное существование в атмосфере и перенос на большие расстояния [5]. По некоторым оценкам суммарная активность в газоаэрозолях при природных пожарах может достигать 1500 МБк/га и более [6]. В ряде работ приводятся данные о сравнительно невысоких рисках переоблучения для участников тушения, поскольку концентрации радионуклидов в воздухе на кромке природного пожара ниже уровней, установленных международными и национальными нормами радиационной безопасности [7–12]. В то же время, следует учитывать, что участники тушения пожаров зачастую проживают в зонах радиоактивного загрязнения, получая дополнительную дозовую нагрузку от бытового внешнего и внутреннего облучения [13] и непосредственно соприкасаются с объектами и материалами (лесные горючие материалы, зола, недожог и т. п.) превышающими значения минимально значимых удельной активности радионуклидов (МЗУА) и активности радионуклидов в помещении или на рабочем месте (МЗА) по  $^{137}\text{Cs}$  [14; 15].

Таким образом мониторинг лесопожарной обстановки в целях своевременного обнаружения и ликвидации возгораний в лесах, загрязненных радионуклидами и на сопредельных природных территориях представляет особо актуальную проблему.

### **Изложение основного материала**

В Российской Федерации наибольшим чернобыльским выпадениям подверглась Брянская область. Большие работы по реабилитации загрязненных территорий и возвращению их к условиям нормальной жизнедеятельности проводятся по Программе совместной деятельности по преодолению последствий чернобыльской катастрофы в рамках Союзного государства.

В соответствии с требованиями действующего законодательства в целях обеспечения пожарной и радиационной безопасности в лесах, расположенных на землях, подвергшихся радиоактивному загрязнению  $^{137}\text{Cs}$  обнаружение лесных пожаров и наблюдение за их развитием должны осуществляться с пожарных наблюдательных пунктов, оборудованных автоматическими системами наблюдения и (или) с использованием авиационных средств (авиационное патрулирование) [16].

Для решения этой задачи в 2015-2016 гг. в ходе реализации мероприятий Программы совместной деятельности по преодолению последствий чернобыльской катастрофы в рамках Союзного государства был создан пилотный сегмент системы наблюдений за противопожарной обстановкой в наиболее загрязнённых  $^{137}\text{Cs}$  лесах на Юго-западе Брянской области [17].

Работы проводились на территории Злынковского и Клинцовского лесничеств Брянского управления лесами. Общая площадь этих лесничеств, загрязненная радиоцезием составляет 152410 га, в т.ч. с плотностью радиоактивного загрязнения свыше 40 Ки/км<sup>2</sup> – 2421,4 га. Большую часть лесов составляют хвойные, преимущественно сосновые, насаждения разных

возрастов с высокими классами природной пожарной опасности. На территории лесничеств присутствуют все зоны радиоактивного загрязнения по  $^{137}\text{Cs}$ : 1–5, 5–15, 15–40, 40 и более Ки/км<sup>2</sup> (или, соответственно, в СИ: 37–185, 185–555, 555–1480, 1480 и более кБк/м<sup>2</sup>). В связи с этим наблюдается высокое содержание  $^{137}\text{Cs}$  в лесной растительности и лесных горючих материалах.

При проведении работ учитывались природно-климатические условия, рельеф местности, распределение территории лесничеств по зонам радиоактивного загрязнения, подразделение лесов по целевому назначению и другим характеристикам в соответствии с материалами лесоустройства.

Система видеонаблюдения должна была обеспечивать оперативность фиксации возгораний на подконтрольной территории и высокую точность локализации места возгорания при круглосуточном и круглогодичном режиме работы, автоматический контроль ситуации в зоне наблюдений, максимизацию соотношения «размер подконтрольной территории – количество пунктов наблюдения». Обязательным условием являлась централизованная обработка информационных данных.

В качестве программного обеспечения для пилотного сегмента была выбрана система «Лесной дозор» разработки ООО «ДиСиКон», Россия. Общая схема системы распределенного видеонаблюдения представлена на рисунке 1 [18].

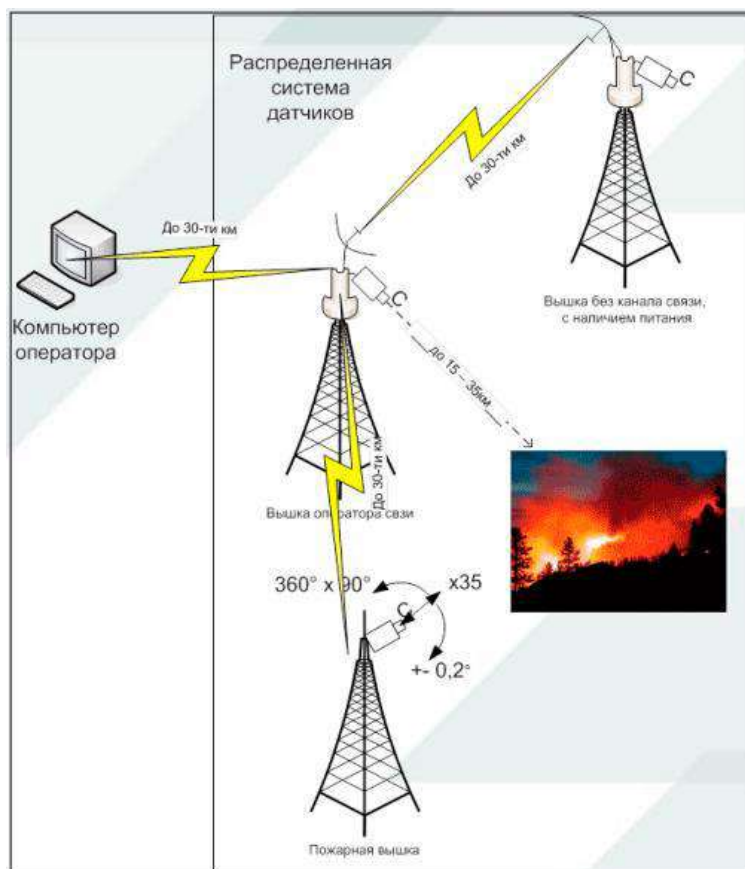


Рис. 1. Общая схема системы распределенного видеонаблюдения

В качестве оборудования видеонаблюдения были использованы управляемые IP-видеокамеры и другое дополнительное оборудование, поддерживающее протокол сетевого и транспортного уровня TCP/IP. Оборудование обеспечивает возможность подключения к цифровым каналам связи для удаленного получения видеоданных и управления. Оно пригодно для уличного применения в температурном диапазоне от  $> -40$  до  $+50$  °C и имеет функцию контроля температуры безопасного включения.

Все точки наблюдения обеспечивают возможность эксплуатации в одном программно-аппаратном комплексе. Каждая точка наблюдения имеет в составе одну видеокамеру. Для каждой точки наблюдения обеспечена возможность непрерывной передачи видеoinформации в контрольный центр в режиме реального времени.

Радиус обзора с каждой точки наблюдения составляет не менее 20-ти км (в ясную погоду). Оптическое устройство обеспечивает возможность автоматической фокусировки, ручной фокусировки, автоматической диафрагмы, ручной диафрагмы. Имеется возможность потоковой передачи видеоизображения по каналам связи, а также включения и отключения режима автоматической фокусировки и наличие режима «день/ночь».

Как показал анализ, в условиях района исследований достаточной является схема, включающая восемь точек наблюдения, оснащенных видеокамерами, расположение которых позволяет осуществлять обзор одновременно всей подконтрольной территории. Для организации точек наблюдения были подобраны антенно-мачтовые сооружения (АМС) оператора сотовой связи «Мегафон» и «МТС» в городах и поселках Брянской области: Злынка, Гордеевка, Красная Гора, Мамай, Мирный и др. (рис. 2).

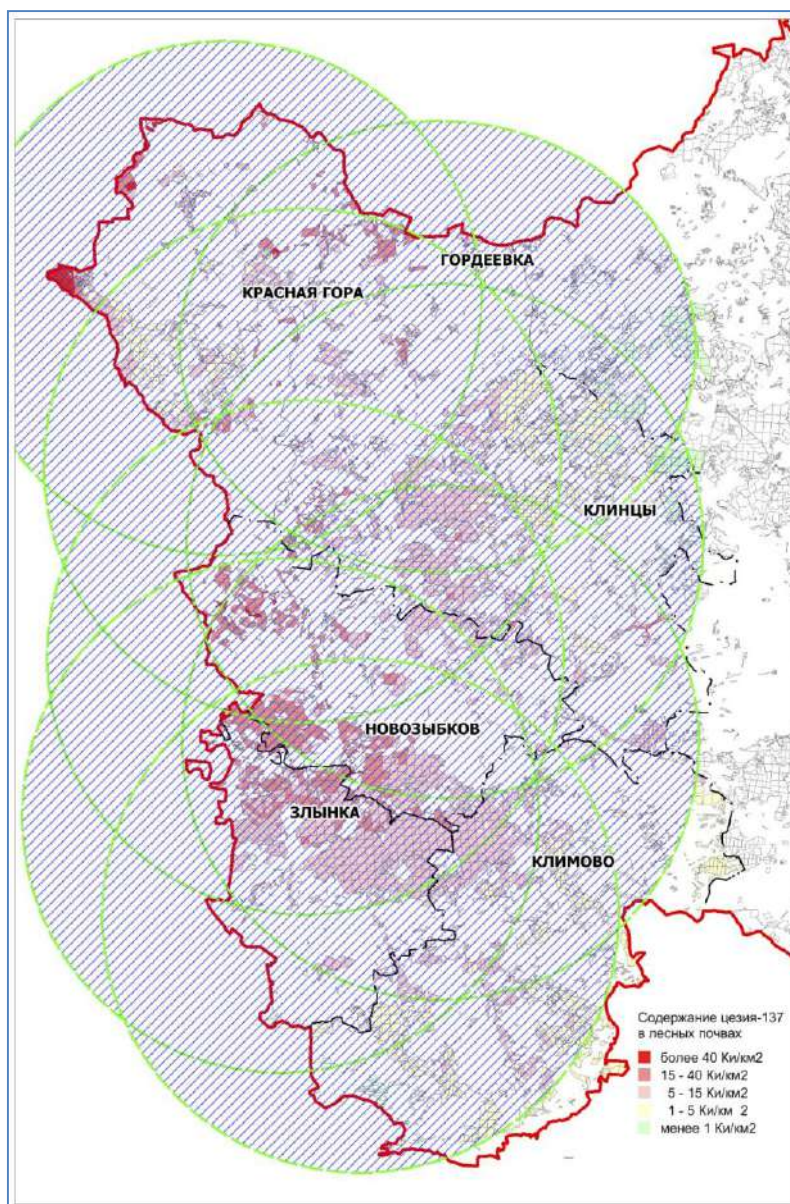
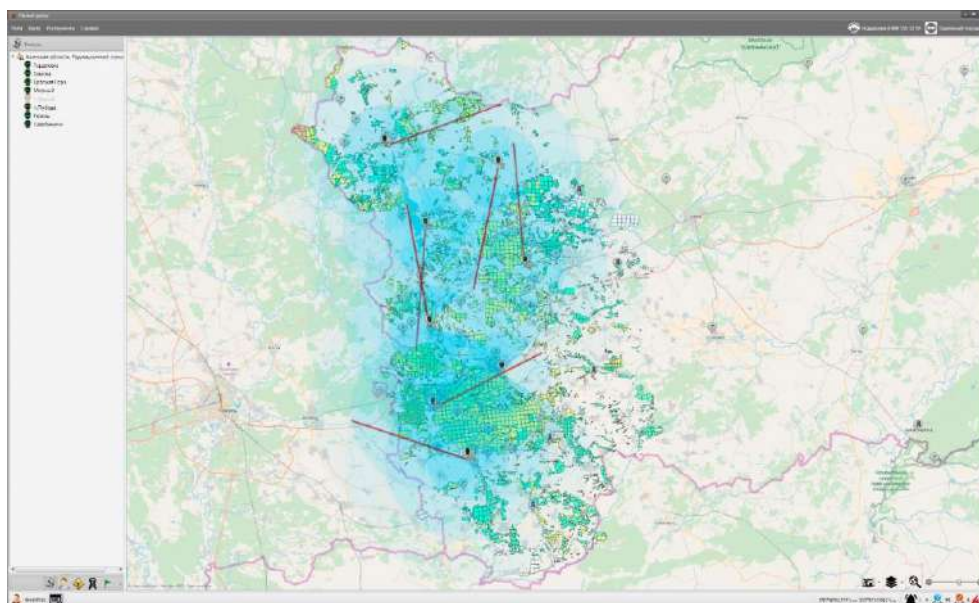


Рис. 2. Зона обнаружения пожаров системой наблюдений за противопожарной обстановкой в наиболее загрязнённых  $^{137}\text{Cs}$  лесах Юго-запада Брянской области

Временной интервал для обзора камерой подконтрольной территории составляет 3–4 минуты. Он зависит от пропускной способности сети передачи данных. Указанное время обзора реализуемо при пропускной способности каналов 512 кбит/с.

С камеры наблюдения изображение передается в контрольный центр по каналам связи, сохраняется в памяти компьютера и отображается на мониторе оператора. Изображение может отображаться на неограниченном количестве рабочих мест, но функции управления камерами сосредоточены только на рабочем месте оператора.

Видеокамеры имеют возможность по команде через имеющиеся интерфейсы поворачиваться на нужную ориентацию по горизонтали и вертикали с точностью не менее чем  $0,3^\circ$ , а также по запросу через имеющиеся интерфейсы возвращать свою текущую ориентацию по вертикали и горизонтали с точностью не хуже, чем  $0,3^\circ$ . Вид окна рабочего места оператора системы «Лесной дозор» представлен на рисунках 3 а) и 3 б).



а)



б)

Рис. 3. Окна рабочего места оператора системы «Лесной дозор»: а) окно «Карта» с включенными слоями «топография» и «зоны радиоактивного загрязнения»; б) вид с камеры на лесные участки в зоне радиоактивного загрязнения

Процесс обнаружения возгораний на территории лесного фонда пожара складывается из нескольких последовательных этапов. Система видеонаблюдения производит автоматический мониторинг территории и самостоятельно выявляет подозрительные объекты, которые имеют признаки задымления. Соответствующие видеозаписи маркируются, а оператор получает извещение о возможной опасности возгорания. Если контрольная проверка видеозаписей с вероятными признаками возгорания подтверждает его наличие, оператор с помощью системы по географическим координатам может с высокой точностью определить его местоположение, после чего сообщает необходимую информацию на ближайшую лесопожарную станцию.

Время обнаружения лесного пожара, при благоприятных условиях, составляет около 20 секунд после поступления на компьютер оператора контрольного центра кадра с изображением источника возгорания при вероятности достоверного заключения о возгорании около 99 %.

### **Выводы и перспективы дальнейших исследований**

Система лесопожарного мониторинга в зонах радиоактивного загрязнения является важной составной частью комплекса мер по охране лесов от пожаров на сопредельных территориях России и Беларуси.

Система создана на основе использования современных технологий компьютерного зрения, ГИС-технологий, технологий распределенных вычислений, клиент-серверных Интернет-технологий.

Аппаратная часть системы позволяет интегрировать ее в различные комплексы с различным программным обеспечением. В настоящее время система расширена до 50 камер. Она вошла в единый комплекс лесопожарного мониторинга Брянского управления лесами и работает под управлением ПО «Лесохранитель».

Система позволила увеличить оперативность обнаружения лесных пожаров и уменьшить трудозатраты на мероприятия по обнаружению, локализации и ликвидации радиоактивных лесных пожаров.

Существенным положительным эффектом от введения в действие системы видеомониторинга лесов является снижение дозовой нагрузки на работников лесного хозяйства, осуществляющих противопожарное патрулирование территории.

### **Библиографический список.**

1. 35 лет Чернобыльской аварии. Итоги и перспективы преодоления ее последствий в России. 1986–2021 : российский национальный доклад ; под общ. ред. Л. А. Большова / Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт проблем безопасного развития атомной энергетики Российской академии наук. – Москва : Академ-Принт, 2021. – 104 с.
2. Раздайводин, И. И. Радиоэкологические проблемы в лесах России / А. Н. Раздайводин, И. И. Марадудин, А. И. Радин, Д. Ю. Ромашкин // Лесохоз. информ.: электрон. сетевой журн. – 2019. – № 3. – С. 116–133.
3. Душа-Гудым, С. И. Радиоактивные лесные пожары / С. И. Душа-Гудым. – Москва : ВНИИЦлесресурс, 1999. – 160 с.
4. Душа-Гудым, С. И. Проблемы радиоэкологии леса. Лес. Человек. Чернобыль / С. И. Душа-Гудым // Сборник научных трудов Института леса НАН Беларуси. – 2004. – Вып. 61. – С. 98–104.
5. Пазухин, Э. М. Влияние лесного пожара на перераспределение радионуклидов в зоне отчуждения ЧАЭС / Э. М. Пазухин, Б. И. Огородников // Предупреждение, ликвидация и последствия пожаров на радиоактивно загрязненных землях : сб. науч. трудов. – Гомель, 2002. – Вып. 54. – С. 167–170.
6. Душа-Гудым, С. И. Методика оценки и расчета выхода загрязненных радионуклидов продуктов горения при лесных пожарах / С. И. Душа-Гудым, С. Е. Огнева. – Москва : ВНИИЛМ, 2002. – 36 с.

7. Кашпаров, В. А. Радиологические последствия пожара в Чернобыльской зоне отчуждения в апреле 2015 года / В. А. Кашпаров, В. В. Миронюк, М. А. Журба [и др.] // Радиационная биология. Радиоэкология. – 2017. – № 5. – С. 512–527.

8. Дворник, А. А. Радиоэкологическая оценка влияния пирогенного фактора на вторичное радиоактивное загрязнение прилегающей территории (на примере Гомельской области) : автореф. дис. ... канд. биол. наук : 03.02.08 / Дворник Александр Александрович. – Гомель, 2014. – 26 с.

9. Дворник, А. А. Состояние дымовых аэрозолей при сгорании радиоактивных лесных горючих материалов в условиях лабораторного эксперимента / А. А. Дворник, Р. К. Спиров // Экологический вестник. – 2013. – № 2. – С. 5–10.

10. Дворник, А. А. Радиоактивное загрязнение воздуха в результате лесных пожаров и его опасность для здоровья человека / А. А. Дворник, А. М. Дворник [и др.] // Радиация и риск. – 2016. – № 2. – С. 100–108.

11. Kashparov, V. A. Forest fires in the territory contaminated as a result of the Chernobyl accident : radioactive aerosol resuspension and exposure of firefighters / V. A. Kashparov [et al.] // J. of Environ. Radioactivity. – 2000. – № 51. – P. 281–298.

12. Dusha-Gudym, S. I. Transport of radioactive materials by wildland fires in the Chernobyl accident zone : how to address the problem / S. I. Dusha-Gudym // International forest fire news. – 2005. – № 32. – P. 119–125.

13. Брук, Г. Я. Средние годовые эффективные дозы облучения в 2017 году жителей населенных пунктов Российской Федерации, отнесенных к зонам радиоактивного загрязнения вследствие катастрофы на Чернобыльской АЭС (для целей зонирования населенных пунктов) / Г. Я. Брук // Радиационная гигиена. – 2017. – № 4. – С. 73–78.

14. Радин, А. И. К вопросу о классификации радиоактивных лесных пожаров / А. И. Радин, И. И. Марадудин, А. П. Рябинков [и др.] // Лесной вестник / Forestry Bulletin. – 2019. – № 2. – С. 107–114.

15. Марченко, Т. А. Ретроспективное и современное состояние лесных территорий приграничных районов Брянской области, подвергшихся радиоактивному загрязнению / Т. А. Марченко, А. И. Радин, А. Н. Раздайводин // Радиационная гигиена. – 2020. – № 13(2). – С. 6–18.

16. Об утверждении Особенности осуществления профилактических и реабилитационных мероприятий в зонах радиоактивного загрязнения лесов [Электронный ресурс] : Приказ Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации № 283 от 08.06.2017 г. // Контур Норматив : сайт. – Электрон. дан. [б. м.]. – Режим доступа: <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=298983>. – Загл. с экрана.

17. Белов, А. А. Адаптация системы видеонаблюдения для мониторинга лесов, загрязненных радионуклидами, на сопредельных территориях Российской Федерации и Республики Беларусь / А. А. Белов, А. Н. Раздайводин, А. И. Радин [и др.] // Проблемы и перспективы развития территорий, пострадавших в результате катастрофы на чернобыльской АЭС, на современном этапе : материалы Междунар. науч.-практ. конф., 26–27 июля 2018 г., г. Хойники. – Хойники : ГПНИУ «ПГРЭЗ», 2018. – С. 192–196.

18. «Лесной дозор» версия 3.5 : руководство пользователя, руководство по установке и эксплуатации специального лицензионного программного обеспечения. – Нижний Новгород : ООО «ДиСиКон», 2017. – 64 с.

УДК 614.84

## ПРИМЕНЕНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОПТИМАЛЬНЫХ МЕСТ ДИСЛОКАЦИИ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ ПОЖАРНО-СПАСАТЕЛЬНЫХ ЧАСТЕЙ

### APPLICATION OF MATHEMATICAL MODELING FOR DETERMINATION OF OPTIMUM POSITIONS OF SPECIALIZED FIRE AND RESCUE PARTS

**Маштаков Владислав Александрович**  
Заместитель начальника отдела

**Кондашов Андрей Александрович**  
Канд. физ.-мат. наук, ведущий научный  
сотрудник

**Удавцова Елена Юрьевна**  
Канд. техн. наук, ведущий научный  
сотрудник

**Бобринев Евгений Васильевич**  
Канд. биол. наук, ведущий научный  
сотрудник

*E-mail: otdel\_1\_3@mail.ru*

Федеральное государственное бюджетное  
учреждение «Всероссийский Ордена  
«Знак Почета» научно-исследовательский  
институт противопожарной обороны  
МЧС России»  
(ФГБУ ВНИИПО МЧС России)

*Разработана математическая модель  
определения мест размещения специализи-  
рованных пожарно-спасательных частей.  
В модели учтены риски возможных  
чрезвычайных ситуаций природного и  
техногенного характера на территории  
субъектов Российской Федерации.*

**Ключевые слова:** специализированная  
пожарно-спасательная часть, место  
дислокации, математическая модель,  
оптимизация, время следования.

#### Введение

Деятельность территориальных пожарно-спасательных частей (далее – ПСЧ) не всегда может обеспечить их эффективное применение при ликвидации чрезвычайных ситуаций по причинам привязки ПСЧ к району выезда и ограниченности в видах работ [1].

В связи с этим важнейшим направлением деятельности государства является перспективное развитие служб специализированных пожарно-спасательных частей ФПС ГПС.

**Vladislav Mashtakov**  
Deputy Head of Department

**Andrey Kondashov**  
Candidate of Physics and Mathematics  
Sciences, Leading Researcher

**Elena Udavtsova**  
Candidate of Technical Sciences, Leading  
Researcher

**Evgeny Bobrinev**  
Candidate of Biology Sciences, Leading  
Researcher

*E-mail: otdel\_1\_3@mail.ru*

Federal State-Financed Establishment «All  
Russian Research Institute for Fire Protection  
of Ministry of Russian Federation for Civil  
Defense, Emergencies and Elimination of  
Consequences of Natural Disasters»  
(FGBU VNIPO of EMERCOM of Russia)

*A mathematical model has been developed  
for determining the locations of specialized fire  
and rescue units. The model takes into account  
the risks of possible natural and man-made  
emergencies on the territory of the constituent  
entities of the Russian Federation.*

**Keywords:** specialized fire and rescue unit,  
location, mathematical model, optimization,  
travel time.

На СПСЧ в территориальных гарнизонах пожарной охраны возлагаются широкий спектр задач [1; 2]:

- тушение крупных пожаров в населенных пунктах и на объектах, проведение аварийно-спасательных, водолазных и иных специальных инженерно-технических работ, связанных с ликвидацией пожаров;
- ликвидация последствий взрывов и других техногенных аварий в населённых пунктах и на объектах;
- ликвидация аварий на магистральных трубопроводах;
- ликвидация аварий на транспортных магистралях и узлах;
- тушение природных пожаров;
- ликвидация последствий затоплений и наводнений;
- ликвидация последствий землетрясений.

Указом Президента Российской Федерации № 501 от 16 октября 2019 г. утверждена «Стратегия в области развития гражданской обороны, защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций, обеспечения пожарной безопасности и безопасности людей на водных объектах на период до 2030 года» (далее – Стратегия). Реализация Стратегии предусматривает создание оптимальных условий для эффективного решения общегосударственных задач в области обеспечения безопасности жизнедеятельности населения и защищённости критически важных и потенциально опасных объектов на территории Российской Федерации от опасностей, возникающих при ЧС и пожарах в целях обеспечения национальной безопасности и устойчивого социально-экономического развития Российской Федерации.

Приказами МЧС России № 425 от 14.08.2019 г. «Об организации управления МЧС России при реагировании на чрезвычайные ситуации» и № 536 от 20.07.2020 г. «О плане мероприятий на 2020-2024 годы (I этап) по реализации Министерством Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий Стратегии в области развития гражданской обороны, защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций, обеспечения пожарной безопасности и безопасности людей на водных объектах на период до 2030 года» предусмотрено проведение исследований по оперативному реагированию и эффективности действий подразделений пожарной охраны при тушении крупных пожаров и проведении связанных с ними аварийно-спасательных работ.

В соответствии с задачами, возложенными на СПСЧ были сформулированы требования, предъявляемые к СПСЧ:

- высокая степень готовности к оперативному реагированию на ЧС;
- способность выполнять аварийно-спасательные и другие неотложные работы в режиме постоянной готовности;
- мобильность, позволяющая эффективно реализовывать принцип территориального прикрытия объектов;
- соответствие их размещения на территории страны уровням возможных угроз;
- способность выполнять задачи по предназначению максимально эффективно и в сжатые сроки, действовать автономно;
- способность к оперативному взаимодействию с территориальными и объектовыми нештатными аварийно-спасательными формированиями (НАСФ), группировками вооруженных сил Российской Федерации, воинских формирований при ликвидации ЧС [3].

### **Изложение основного материала**

В настоящем исследовании предпринята попытка разработать математическую модель зависимости места размещения специализированных пожарно-спасательных частей в территориальных гарнизонах пожарной охраны от поставленных перед ними задач с учетом рисков возможных чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера на территории субъектов Российской Федерации.

В реаниматологии используется термин «золотой час» для определения промежутка времени (принятого близким по продолжительности к 1 часу) после получения травмы, который позволяет наиболее эффективно оказать первую помощь. Считается, что в течение этого времени вероятность того, что лечение предотвратит смерть пациента, наиболее высока [4]. Поэтому можно считать целесообразным критерием для определения места дислокации специализированной пожарно-спасательной части использовать минимизацию времени следования подразделений СПСЧ к месту потенциальной ЧС на основе анализа всех потенциально опасных объектов и территорий в соответствующем территориальном гарнизоне пожарной охраны с учетом рисков возникновения чрезвычайных ситуаций и крупных пожаров.

Среднее время следования от места дислокации СПСЧ до места потенциальной ЧС может быть определено с использованием следующей формулы

$$T = \frac{\sum_{i=1}^{N_{об}} p_i t_i + \sum_{j=1}^{N_{лес}} p_j t_j + \sum_{k=1}^{N_{нав}} p_k t_k + \sum_{l=1}^{N_{зем}} p_l t_l + \sum_{m=1}^{N_{тп}} p_m t_m}{\sum_{i=1}^{N_{об}} p_i + \sum_{j=1}^{N_{лес}} p_j + \sum_{k=1}^{N_{нав}} p_k + \sum_{l=1}^{N_{зем}} p_l + \sum_{m=1}^{N_{тп}} p_m}, \quad (1)$$

где  $N_{об}$  – количество объектов, на которых возможно возникновение крупных пожаров, взрывов и техногенных аварий;

$p_i$  – вероятность возникновения крупного пожара, взрыва и техногенной аварии на  $i$ -том объекте, ед./год;

$t_i$  – время следования от места дислокации СПСЧ до  $i$ -го объекта;

$N_{лес}$  – количество населенных пунктов, расположенных на территории, где возможно возникновение лесных пожаров;

$p_j$  – вероятность возникновения лесного пожара в районе расположения  $j$ -го населенного пункта, ед./год;

$t_j$  – время следования от места дислокации СПСЧ до  $j$ -го населённого пункта;

$N_{нав}$  – количество населенных пунктов, расположенных на территории, где возможно подтопление и наводнение;

$p_k$  – вероятность подтопления или наводнения в районе расположения  $k$ -го населенного пункта, год<sup>-1</sup>;

$t_k$  – время следования от места дислокации СПСЧ до  $k$ -го населённого пункта;

$N_{зем}$  – количество населенных пунктов, расположенных на территории, где возможно землетрясение;

$p_l$  – вероятность землетрясения в районе расположения  $l$ -го населенного пункта, год<sup>-1</sup>;

$t_l$  – время следования от места дислокации СПСЧ до  $l$ -го населённого пункта.

$N_{тп}$  – количество точек на магистральных трубопроводах, используемых для вычисления  $T$  (выбираются расположенными равномерно по длине трубопроводов с некоторым шагом, например 10 км);

$p_m$  – вероятность возникновения аварии на участке магистрального трубопровода длиной, равной величине шага, выбранного при определении количества точек, год<sup>-1</sup>;

$t_m$  – время следования от места дислокации СПСЧ до  $m$ -ой точки на магистральном трубопроводе.

Для определения время следования составляется список транспортных магистралей (улиц, дорог и т.д.), по которым пожарные и спасательные автомобили движутся из пожарно-спасательной части к месту вызова (пожара, ЧС). Для каждой транспортной магистрали определяется средняя скорость следования. Общее время следования определяется как сумма времен следования по каждой магистрали.

Если пожарно-спасательная часть располагается на значительном удалении от объекта потенциального возникновения ЧС (100 км и более), то для доставки личного состава и техники целесообразно использовать авиацию. В этом случае общее время следования

определяется как сумма времени следования от пожарно-спасательной части к месту погрузки в самолет или вертолет, времени полета, времени разгрузки и времени следования от места приземления до объекта.

По формуле (1) определяется среднее время следования от места дислокации СПСЧ до места потенциальной ЧС для начального положения СПСЧ. Координаты начального положения СПСЧ могут быть определены по формулам

$$X_0 = \frac{\sum_{i=1}^{N_{об}} p_i x_i + \sum_{j=1}^{N_{лес}} p_j x_j + \sum_{k=1}^{N_{нав}} p_k x_k + \sum_{l=1}^{N_{зем}} p_l x_l + \sum_{m=1}^{N_{тп}} p_m x_m}{\sum_{i=1}^{N_{об}} p_i + \sum_{j=1}^{N_{лес}} p_j + \sum_{k=1}^{N_{нав}} p_k + \sum_{l=1}^{N_{зем}} p_l + \sum_{m=1}^{N_{тп}} p_m}, \quad (2)$$

$$Y_0 = \frac{\sum_{i=1}^{N_{об}} p_i y_i + \sum_{j=1}^{N_{лес}} p_j y_j + \sum_{k=1}^{N_{нав}} p_k y_k + \sum_{l=1}^{N_{зем}} p_l y_l + \sum_{m=1}^{N_{тп}} p_m y_m}{\sum_{i=1}^{N_{об}} p_i + \sum_{j=1}^{N_{лес}} p_j + \sum_{k=1}^{N_{нав}} p_k + \sum_{l=1}^{N_{зем}} p_l + \sum_{m=1}^{N_{тп}} p_m}, \quad (3)$$

где  $x_i, x_j, x_k, x_l, x_m$  и  $y_i, y_j, y_k, y_l, y_m$  – координаты соответствующих объектов (см. формулу (1)).

Затем производится минимизация функции (1) с целью определения оптимального место расположения СПСЧ. Минимизация осуществляется методом градиентного спуска [5; 6].

Вычисляется градиент функции (1)

$$\text{grad}(T) = \left( \frac{\partial T}{\partial x}; \frac{\partial T}{\partial y} \right). \quad (4)$$

Затем определяется единичный вектор, направленный против направления градиента

$$\vec{n} = \left\{ -\frac{\partial T}{\partial x} \left[ \left( \frac{\partial T}{\partial x} \right)^2 + \left( \frac{\partial T}{\partial y} \right)^2 \right]^{-\frac{1}{2}}; -\frac{\partial T}{\partial y} \left[ \left( \frac{\partial T}{\partial x} \right)^2 + \left( \frac{\partial T}{\partial y} \right)^2 \right]^{-\frac{1}{2}} \right\}. \quad (5)$$

Далее определяется оптимальная величина шага  $\Delta l$ . Для этого необходимо найти минимум функции

$$F(\Delta l) = T(x + \Delta l n_x; y + \Delta l n_y). \quad (6)$$

Это условие означает, что движение вдоль антиградиента происходит до тех пор, пока значение функции  $F(\Delta l)$  убывает.

Минимум функции (1) удобно находить методом золотого сечения. Точка  $z$  осуществляет золотое сечение отрезка  $[a; b]$ , если выполнено условие

$$\frac{b-a}{b-z} = \frac{b-z}{z-a} = \varphi = \frac{1+\sqrt{5}}{2}. \quad (7)$$

В качестве  $z_1$  и  $z_2$  выбираются точка золотого сечения отрезка и симметричная ей. Если  $a < z_1 < z_2 < b$ , то при указанном выборе точек  $z_1$  – точка золотого сечения отрезка  $[a; z_2]$ , а  $z_2$  – точка золотого сечения отрезка  $[z_1; b]$ . Таким образом, на каждом шаге, кроме первого, необходимо вычислять значение только в одной точке, вторая берется из предыдущего шага.

Задается параметр  $\varepsilon$  – достаточно малая положительная константа, погрешность метода. На первом шаге вычисляются значения  $z_1$  и  $z_2$

$$z_1 = b - \frac{b-a}{\varphi}, \quad (8)$$

$$z_2 = a + \frac{b-a}{\varphi}. \quad (9)$$

Если выполнено условие  $f(z_1) > f(z_2)$ , полагается  $a = z_1$ ,  $z_1 = z_2$ ,  $z_2 = b - (z_1 - a)$ ,  $f(z_1) = f(z_2)$ , вычисляется новое значение  $f(z_2)$ .

Если выполнено условие  $f(z_1) < f(z_2)$ , полагается  $b = z_1$ ,  $z_2 = z_1$ ,  $z_1 = a + (b - z_2)$ ,  $f(z_2) = f(z_1)$ , вычисляется новое значение  $f(z_1)$ .

Данная итерационная процедура продолжается до тех пор, пока не будет достигнута заданная точность

$$\frac{b-a}{2} < \varepsilon. \quad (10)$$

Окончательное значение шага определяется по формуле  $\Delta l = \frac{a+b}{2}$ .

Новое значение среднего времени следования определяется по формуле

$$T(x_1; y_1) = T \left( x - \frac{\frac{\partial T}{\partial x}}{\sqrt{\left(\frac{\partial T}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial T}{\partial y}\right)^2}} \Delta l; y - \frac{\frac{\partial T}{\partial y}}{\sqrt{\left(\frac{\partial T}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial T}{\partial y}\right)^2}} \Delta l \right). \quad (11)$$

После этого определяется новое значение шага  $\Delta l$  путем минимизации функции (6) в точке  $(x_1; y_1)$ . Данная процедура повторяется до тех пор, пока не будет достигнута заданная точность

$$T(x_k; y_k) - T(x_{k-1}; y_{k-1}) < \varepsilon. \quad (12)$$

В качестве примера рассмотрим определения оптимального размещения пожарной части. Данная часть обслуживает девять потенциально опасных объектов. На рис. 1 эти объекты обозначены квадратными маркерами красного цвета. Вероятность возникновения ЧС  $p_i$  для данных объектов варьируется от  $2,5 \cdot 10^{-3}$  до  $6 \cdot 10^{-3}$  год<sup>-1</sup>.

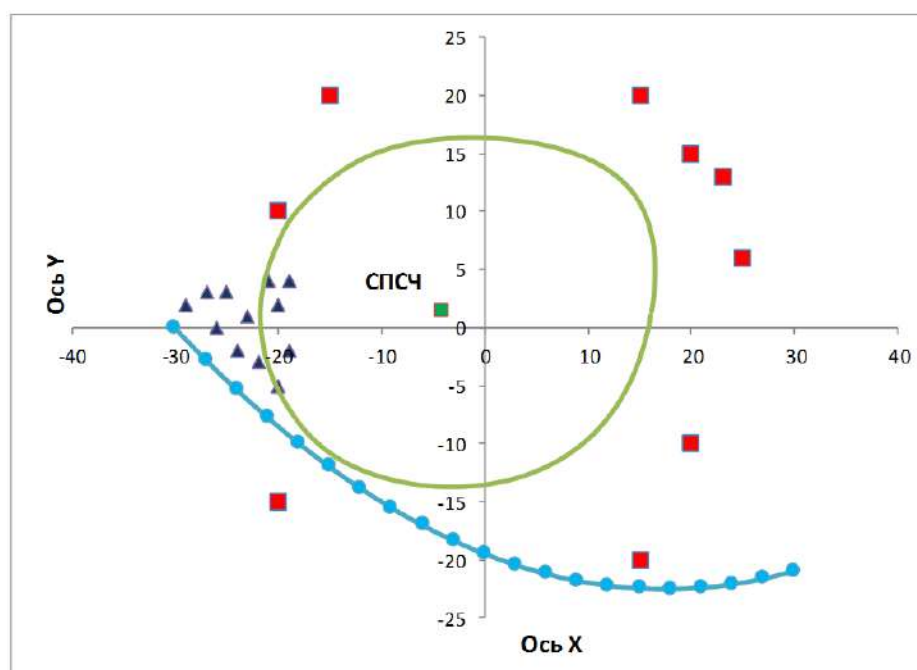


Рис. 1. Расположение объектов потенциальных ЧС (красные квадраты, синие треугольники и светло-синие кружки, соединенные линией), а также оптимальное положение пожарного депо (зеленый квадрат) и область возможного размещения депо (обведена зеленой линией)

На территории обслуживания пожарной части также находится 12 населённых пунктов, которые расположены в зоне возможных лесных пожаров. На рис. 1 данные населенные пункты обозначены треугольными маркерами синего цвета. Вероятность возникновения лесного пожара  $p_j$  в районе расположения населенных пунктов лежит в пределах от  $7 \cdot 10^{-4}$  до  $9 \cdot 10^{-4} \text{ год}^{-1}$ .

В районе обслуживания пожарной части также проходит магистральный трубопровод. Для расчета оптимального месторасположения пожарной части определим контрольные точки вдоль трубопровода, вероятность возникновения ЧС в каждой из них будем считать равной вероятности возникновения ЧС на всем трубопроводе, деленной на количество контрольных точек, ( $p_m = 3 \cdot 10^{-4} \text{ год}^{-1}$ ). На рис. 1 трубопровод показан голубой линией с круглыми маркерами.

Начальное положение пожарной части определяется координатами  $X_0 = 5 \text{ км}$ ,  $Y_0 = -5 \text{ км}$ . Будем считать, что средняя скорость следования  $v_{\text{сл}}$  равна 30 км/час, а время следования определяется по формуле  $t_{\text{сл}} = S_k/v_{\text{сл}}$ , где расстояние от пожарного депо до  $k$ -го объекта вычисляется по формуле

$$S_k = \sqrt{(X_k - X_0)^2 + (Y_k - Y_0)^2}. \quad (13)$$

В таблице представлены результаты расчета методом градиентного спуска. Начальный шаг выбран равным 1 км. Значение параметра  $\varepsilon$  выбрано равным 0,0001. Из таблицы видно, что сходимость достигается после шести итераций. На рис. 1. показано конечное положение пожарного депо. Видно, что оптимальное место положения депо смещено примерно на 11 км к северо-западу от начального положения.

Таблица

Определение оптимального расположения пожарного депо

№ итерации	Среднее время следования, мин	Координата X, км	Координата Y, км	Величина шага, км
0	51,041	5,000	-5,000	-
1	48,779	-0,998	2,683	9,748
2	48,634	-3,252	0,924	2,858
3	48,620	-3,717	1,520	0,755
4	48,618	-3,929	1,354	0,269
5	48,618	-3,973	1,411	0,072
6	48,618	-3,994	1,395	0,025

Реальное положение пожарного депо может отличаться от оптимального с учетом возможности размещения здания депо на местности (наличие водоемов, плотность застройки, возможность использования уже существующих зданий и пр.). Для определения границ области, в пределах которой может быть размещено депо, может быть использован следующий алгоритм.

Будем менять значение угла  $\varphi$  от  $1^\circ$  до  $360^\circ$  с шагом  $1^\circ$ :  $\varphi_j = j, j = 1, 2, \dots, 360$ .

Для каждого значения  $\varphi_j$  будем последовательно вычислять значения координат

$$\begin{aligned} X_{j,k} &= X_0 + k \cos \varphi_j, \\ Y_{j,k} &= Y_0 + k \sin \varphi_j. \end{aligned} \quad (14)$$

Для каждой пары координат  $(X_{j,k}; Y_{j,k})$  вычисляется значение функции  $T(X_{j,k}; Y_{j,k})$ . Находим минимальное целое значение  $k$ , для которого выполнено условие

$$T(X_{j,k}; Y_{j,k}) > t_{\text{норм}}, \quad (15)$$

где  $t_{\text{норм}}$  – нормативное значение времени следования. Искомые координаты для данного значения угла  $\varphi$  определяются по формулам

$$r = \frac{T(X_{j,k}; Y_{j,k}) - t_{\text{норм}}}{T(X_{j,k}; Y_{j,k}) - T(X_{j,k-1}; Y_{j,k-1})},$$

$$X_j = X_0 + (k - r) \cos \varphi_j,$$

$$Y_j = Y_0 + (k - r) \sin \varphi_j. \quad (16)$$

Множество точек  $\{(X_1; Y_1), (X_2; Y_2), \dots, (X_{360}; Y_{360})\}$  определяют границы области, в пределах которой может быть размещено пожарное депо. На рис. 1 в качестве примера показана область возможного размещения депо для объектов, координаты которых представлены в таблице 1, для  $t_{\text{норм}} = 55$  минут.

На рис. 2 показано распределение количества объектов (точек) в зависимости от времени следования до них от места расположения СПСЧ, взвешенное с весом, равным вероятности возникновения ЧС для данного объекта (точки).



Рис. 2. Распределение количества объектов (точек) в зависимости от времени следования до них от места расположения СПСЧ, взвешенное с весом, равным вероятности возникновения ЧС для данного объекта (точки)

### Выводы и перспективы дальнейших исследований

Таким образом, разработана математическая модель зависимости места размещения специализированных пожарно-спасательных частей в территориальных гарнизонах пожарной охраны от поставленных перед ними задач с учетом рисков возможных чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера на территории субъектов Российской Федерации. Предложенная модель может быть использована при разработке предложений по перспективному развитию специализированных пожарно-спасательных частей ФПС ГПС и специализированных пожарно-спасательных частей по тушению крупных пожаров ФПС ГПС.

**Библиографический список**

1. Киселёв, Д. В. Модели управления развитием специализированных пожарно-спасательных частей / Д. В. Киселёв // Пожары и чрезвычайные ситуации: предотвращение, ликвидация. – 2020. – № 3. – С. 77–83.
2. Дагиров, Ш. Ш. Специализированные подразделения пожарной охраны : монография / Ш. Ш. Дагиров, М. В. Алешков, А. Д. Ищенко [и др.]. – Москва : Академия ГПС МЧС России, 2017. – 173 с.
3. Зыков, В. В. Расширение задач, решаемых специализированными пожарно-спасательными частями федеральной противопожарной службы / В. В. Зыков, А. Н. Гладких // Актуальные проблемы пожарной безопасности : материалы XXVII междунар. науч.-практ. конф., посвящённой 25-летию МЧС России. – Москва : ВНИИПО МЧС России, 2015. – С. 228–234.
4. Lerner, E. B. The golden hour: scientific fact or medical "urban legend"? / E. B. Lerner, R. M. Moscati // Academic Emergency Medicine journal. – 2001. – № 7. – P. 758–760.
5. Аттетков, А. В. Методы оптимизации : учеб. для вузов / А. В. Аттетков, С. В. Галкин, В. С. Зарубин. – 2-е изд., стереотип. – Москва : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2003. – 440 с.
6. Гилл, Ф. Практическая оптимизация / Ф. Гилл, У. Мюррей, М. Райт. – Москва : Мир, 1985. – 509 с.

УДК 614.84

**ИЗУЧЕНИЕ ДИНАМИКИ ПОЖАРОВ И ИХ ПОСЛЕДСТВИЙ,  
ВОЗНИКШИХ ПО ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ ПРИЧИНАМ****STUDY OF THE DYNAMICS OF FIRES AND THEIR CONSEQUENCES  
ARISING FROM TECHNOLOGICAL REASONS****Маштаков Владислав Александрович**

Заместитель начальника отдела

**Удавцова Елена Юрьевна**Канд. техн. наук, ведущий научный  
сотрудник**Бобринев Евгений Васильевич**Канд. биол. наук, ведущий научный  
сотрудник**Кондашов Андрей Александрович**Канд. физ.-мат. наук, ведущий научный  
сотрудник**Шавырина Татьяна Александровна**Канд. техн. наук, ведущий научный  
сотрудник*E-mail: otdel\_1\_3@mail.ru*

Федеральное государственное бюджетное учреждение «Всероссийский Ордена «Знак Почета» научно-исследовательский институт противопожарной обороны МЧС России» (ФГБУ ВНИИПО МЧС России)

*Изучена динамика пожаров и их последствий, возникших по технологическим причинам в Российской Федерации за период 2003–2020 гг., по основным группам объектов защиты. Отмечено снижение количества пожаров по технологическим причинам с 2003 по 2016 год, с последующим увеличением на временном отрезке с 2017 по 2020 гг.*

**Ключевые слова:** пожар, технологические причины, скользящее среднее, погибшие, травмированные, пострадавшие.

**Vladislav Mashtakov**

Deputy Head of Department

**Elena Udavtsova**Candidate of Technical Sciences, Leading  
Researcher**Evgeny Bobrinev**Candidate of Biology Sciences, Leading  
Researcher**Andrey Kondashov**Candidate of Physics and Mathematics  
Sciences, Leading Researcher**Tatyana Shavyrina**Candidate of Technical Sciences, Leading  
Researcher*E-mail: otdel\_1\_3@mail.ru*

Federal State-Financed Establishment «All Russian Research Institute for Fire Protection of Ministry of Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters» (FGBU VNIPO of EMERCOM of Russia)

*The dynamics of fires and their consequences that arose for technological reasons in the Russian Federation for the period 2003–2020, according to the main groups of objects of protection, has been studied. There was a decrease in the number of fires for technological reasons from 2003 to 2016, with a subsequent increase in the time period from 2017 to 2020.*

**Keywords:** fire, technological causes, moving average, dead, injured, injured.

### Введение

В литературе широко обсуждаются основные методологические подходы в области управления пожарной безопасностью технологических процессов и разработке рекомендаций по выбору оптимальных методов управления [1–4].

Пожар на любом объекте защиты, как правило, может возникнуть в результате технологических рисков или человеческого фактора. Среди технологических причин необходимо выделить прежде всего:

- неисправность производственного оборудования;
- нарушение технологических процессов, в том числе несоблюдение персоналом или посетителями правил и требований пожарной безопасности, и ряд других причин.

### Изложение основного материала

В настоящей работе проведено изучение динамики пожаров и их последствий, возникших по технологическим причинам, в Российской Федерации за период 2003–2020 гг.

Анализ статистических данных проводился с использованием метода скользящей средней. Аппроксимация данных проводилась методом наименьших квадратов. Для анализа использована статистическая информация федеральной государственной информационной системы «Федеральный банк данных «Пожары»», которая ежегодно формируется согласно приказу МЧС России [5].

На рис. 1 представлено распределение пожаров по технологическим причинам среди основных групп объектов защиты.

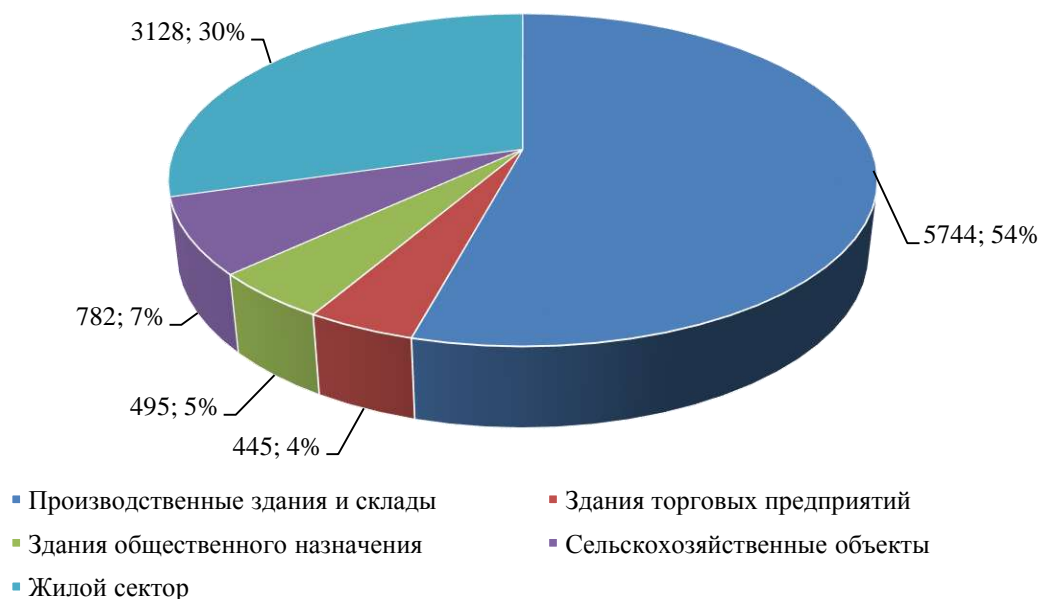


Рис. 1. Распределение пожаров по технологическим причинам среди основных групп объектов защиты за 2003–2020 гг.

Наибольшее число пожаров за анализируемы годы произошло на производственных объектах и складах (54 %) и в жилом секторе (30 %).

На рис. 2 приведена динамика количества пожаров по технологическим причинам по всем анализируемым объектам с 2003 по 2020 гг.

Отметим, что наблюдается снижение количества пожаров с 2003 по 2016 год, с последующим увеличением на временном отрезке с 2017 по 2020 гг. Методом наименьших квадратов выполнена аппроксимация данной зависимости степенной функцией (коэффициент детерминации равен 93 %).

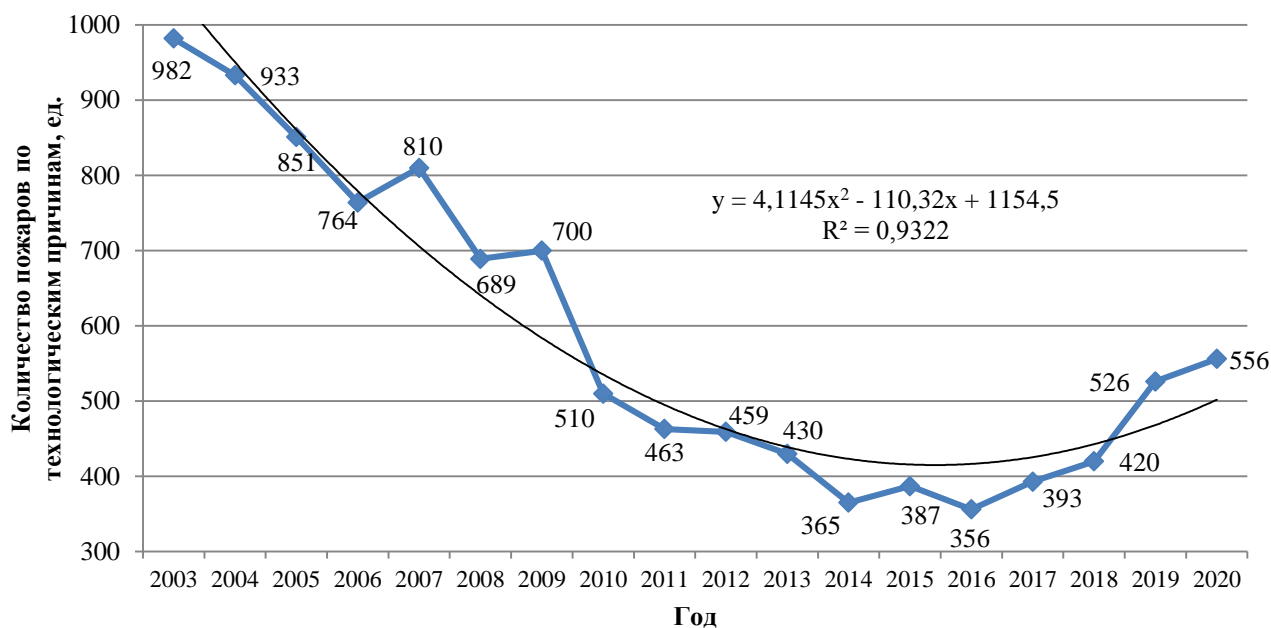


Рис. 2. Динамика количества пожаров по технологическим причинам с 2003 по 2020 гг.

Для сглаживания временных рядов использовали метод скользящих средних – каждую точку ряда заменяли средним из четырех предшествующих точек и текущей точки. На рис. 3 приведена сглаженная кривая динамики количества пожаров по технологическим причинам с 2007 по 2020 гг. За счет сглаживания произошло увеличение коэффициента детерминации до 98 %.

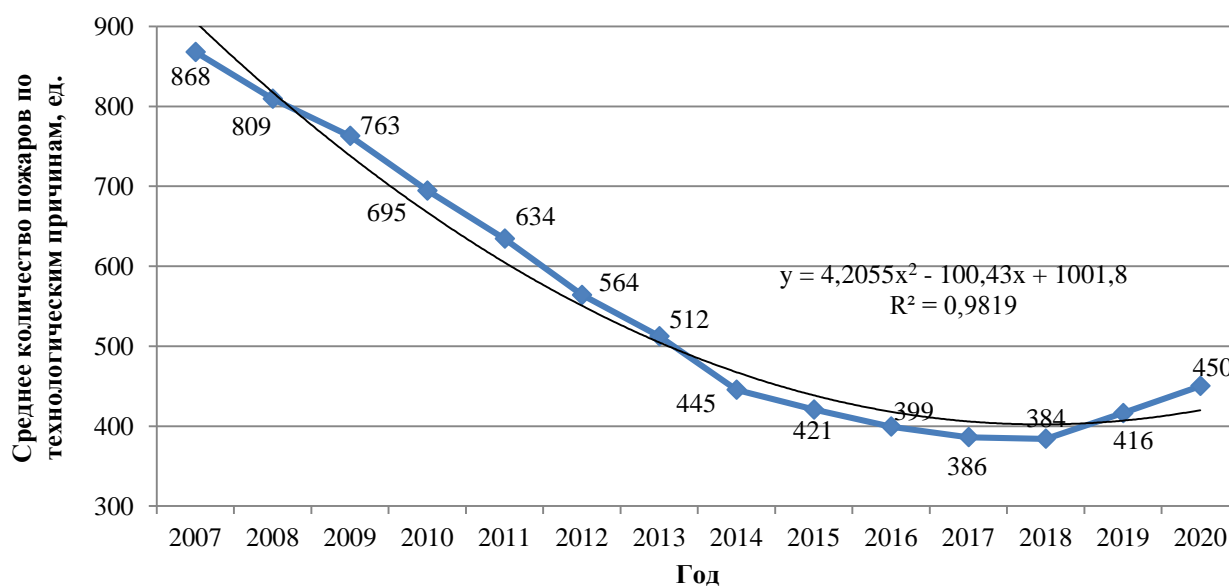


Рис. 3. Сглаженная кривая динамики количества пожаров по технологическим причинам с 2007 по 2020 гг. с использованием метода скользящей средней

Рост количества пожаров в 2019–2020 гг. можно объяснить изменениями, внесенными в Порядок учета пожаров и их последствий приказом МЧС России № 431 от 08.10.2018 г., в соответствии с которым все загорания (ранее не относящиеся к пожарам) стали относить к пожарам [6]. Однако, в таком случае должно наблюдаться снижение относительного количества погибших и травмированных людей в расчете на 100 пожаров в 2019–2020 гг. На рис. 4 представлена динамика среднего количества погибших при пожарах людей в расчете на 100 пожаров с 2007 по 2020 гг. с использованием метода скользящей средней.

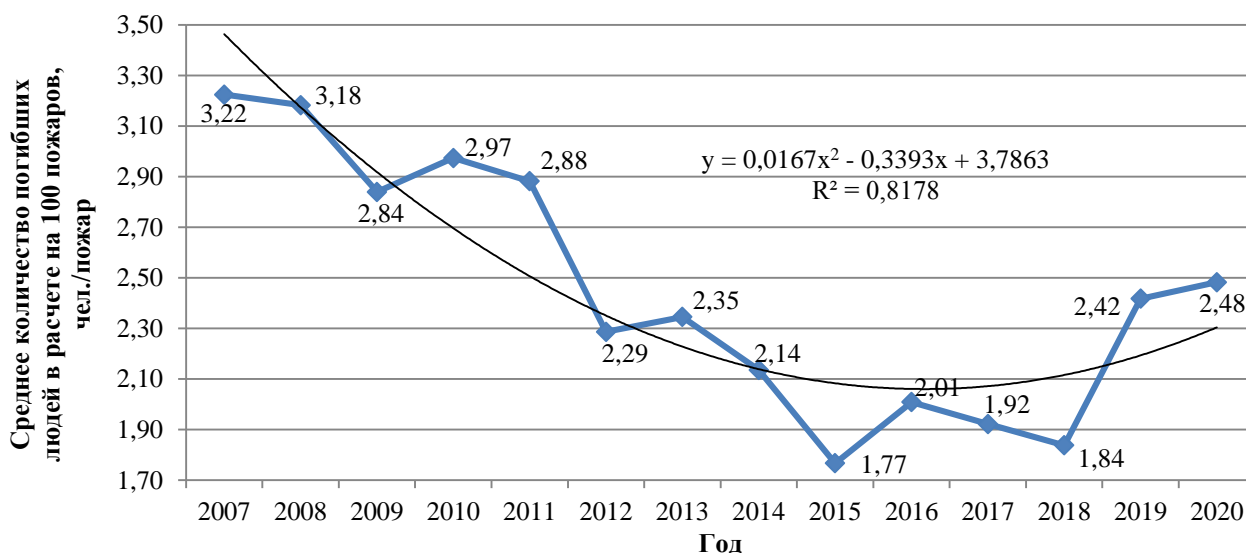


Рис. 4. Динамика среднего количества погибших при пожарах по технологическим причинам людей в расчете на 100 пожаров с 2007 по 2020 гг. с использованием метода скользящей средней

Данная зависимость менее выражена, чем для количества пожаров (коэффициент детерминации равен 82 %), тем не менее наблюдается тренд снижения количества погибших в расчете на 100 пожаров с последующим увеличением в 2019–2020 гг. Выявленную закономерность невозможно объяснить изменениями в учете пожаров [6].

На рис. 5 представлена динамика показателя «отношение количества травмированных людей к количеству пострадавших (погибших плюс травмированных)». Данный показатель не зависит от количества пожаров и от изменений в учете пожаров. Он оценивает вероятность выживания людей, попавших под воздействие опасных факторов пожара [7].

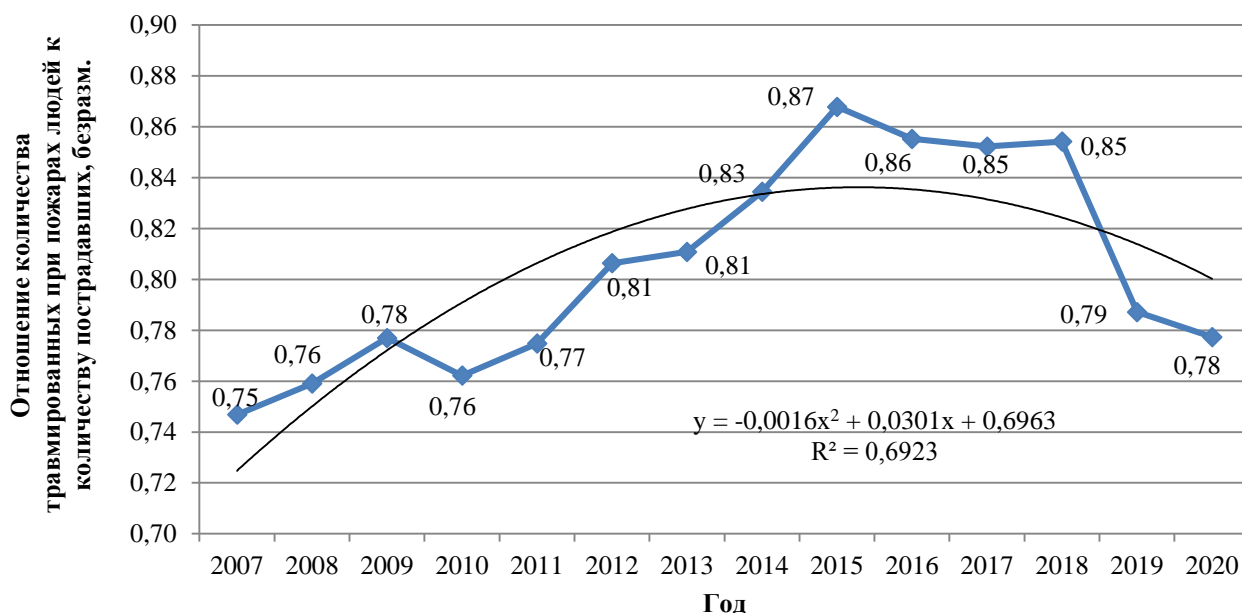


Рис. 5. Динамика отношения количества травмированных людей к количеству пострадавших при пожарах по технологическим причинам людей с 2007 по 2020 гг. с использованием метода скользящей средней

На приведенном рисунке наблюдается снижение рассматриваемого показателя в 2019–2020 гг.

### Выводы и перспективы дальнейших исследований

Таким образом, можно констатировать снижение предупредительных мероприятий по обеспечению противопожарной безопасности за последние два года по технологическим причинам, которые могут вызвать пожар. Следует отметить, что в 2020 г. уменьшилось количество плановых и внеплановых проверок осуществления государственного пожарного надзора за выполнением установленных требований пожарной безопасности на 66 % [8]. Это связано как с рамками масштабной реформы сферы контрольно-надзорной деятельности и принятия Федерального закона от 31.07.2020 № 248-ФЗ «О государственном контроле (надзоре) и муниципальном контроле в Российской Федерации», устанавливающий новый порядок организации и осуществления государственного и муниципального контроля, так и с рядом постановлений Правительства РФ в связи с пандемией о моратории на плановые проверки субъектов малого и среднего предпринимательства и ограничения внеплановых проверок в условиях распространения COVID-19.

Необходимо обратить внимание на рост пожаров и их последствий по технологическим причинам и обеспечить устранение причин, повышающих уровень пожарной опасности технологических процессов, в том числе из-за вероятности появления в производственных условиях социально-психологических причин, вызванных распространением коронавируса SARS-CoV-2, приводящих к непредсказуемым действиям персонала, а также поддержание сил и средств ликвидации пожара в постоянной готовности и знаний правил поведения и порядка действий при пожаре [9; 10].

### Библиографический список

1. Гвоздев, Е. В. Об эффективности управления системой обеспечения пожарной безопасности на предприятии // Технологии техносферной безопасности : интернет-журнал. – 2014. – № 3(55). – С. 25.
2. Швырков, С. А. Пожарная безопасность технологических процессов : учебник / С. А. Швырков, С. А. Горячев, Л. Т. Панасевич [и др.]; под общ. ред. С. А. Швыркова. – 2-е изд., испр. и доп. – Москва : Академия ГПС МЧС России, 2020. – 426 с.
3. Рашоян, И. И. Особенности обеспечения пожарной безопасности технологических процессов с точки зрения управления персоналом / И. И. Рашоян, А. С. Аюков // Символ науки : междунар. науч. журнал. – 2017. – № 3. – С. 114–117.
4. Шмырева, М. Б. Особенности управления пожарной безопасности технологических процессов / М. Б. Шмырева // Современные технологии обеспечения гражданской обороны и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций. – 2014. – № 1(5). – С. 186–188.
5. О формировании электронных баз данных учета пожаров и их последствий». [Электронный ресурс] : Приказ МЧС России № 625 от 24.12.2018 г. // Кодификация : сайт. – Электрон. дан. – [б. м.], 2022. – Режим доступа: <https://rulaws.ru/acts/Prikaz-MCHS-Rossii-ot-24.12.2018-N-625>. – Загл. с экрана.
6. О внесении изменений в Порядок учета пожаров и их последствий, утвержденный приказом МЧС России № 714 от 21 ноября 2008 г. [Электронный ресурс] : Приказ МЧС России № 431 от 8 октября 2018 г. // Официальный интернет-портал правовой информации : сайт. – Электрон. дан. – [б. м.]. – Режим доступа: // <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001201812130004?index=2&rangeSize=1>. – Загл. с экрана.
7. Харин, В. В. Статистический подход оценки степени пожарной опасности по соотношению травмированных и погибших при пожарах людей / В. В. Харин, Е. В. Бобринев, А. А. Кондашов, Е. Ю. Удавцова // Вестник НЦ БЖД. – 2019. – № 4. – С. 127–135.
8. Государственный надзор МЧС России в 2020 г. : информ.-аналит. сб. / П. В. Полехин, А. А. Козлов, А. А. Порошин [и др.]. – Москва : ФГБУ ВНИИПО МЧС России, 2021. – 127 с.
9. ГОСТ 12.1.004-91 Международный стандарт. Система стандартов безопасности труда. Пожарная безопасность. Общие требования. – Введ. 1992-07-01. – Москва : Издательство стандартов, 1991. – 68 с.
10. ГОСТ Р 12.3.047-2012 Система стандартов безопасности труда. Пожарная безопасность технологических процессов. Общие требования. Методы контроля. – Введ. 2014-01-01. – Москва : Стандартинформ, 2014. – 65 с.

УДК 614.8 (075)

## РАБОЧАЯ КАРТА РУКОВОДИТЕЛЯ СПАСАТЕЛЬНОЙ СЛУЖБЫ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ АВАРИЙНО-СПАСАТЕЛЬНЫХ РАБОТ И ТРЕБОВАНИЯ, ПРЕДЪЯВЛЯЕМЫЕ К НЕЙ

### WORK CARD OF THE MANAGER WHEN CARRYING OUT EMERGENCY RESCUE OPERATIONS AND REQUIREMENTS FOR IT

**Михайлов Дмитрий Викторович**

Канд. техн. наук, доцент

Заместитель директора Института  
гражданской защиты, заведующий  
кафедройE-mail: [igz.lnu@mail.ru](mailto:igz.lnu@mail.ru)**Кукушкин Валерий Павлович**

Старший преподаватель

E-mail: [kaf\\_iznit@mail.ru](mailto:kaf_iznit@mail.ru)

ГОУ ВО ЛНР «ЛГУ им. В. Даля»

*В статье изложены сведения о назначении и роли рабочей карты в управлении подразделениями при ликвидации чрезвычайных ситуаций, требования, предъявляемые к ней, рассмотрены вопросы подготовки карты к работе. Показана роль руководителя, управляющего подразделениями спасателей при выполнении аварийно-спасательных работ.*

**Ключевые слова:** руководитель по ликвидации ЧС, рабочая карта, аварийно-спасательные работы, тактические свойства местности.

**Введение**

Оперативно-служебная деятельность подразделений и служб МЧС осуществляется на различной местности, в любое время года, суток, в любую погоду и, как правило, в экстремальных условиях.

Для выполнения оперативно-служебных задач каждому сотруднику аварийно-спасательной службы необходимо всесторонне готовиться, моделировать различные варианты развития событий, которые могут возникнуть при чрезвычайной ситуации. Для составления модели действий каждый спасатель должен знать местность, которая является важнейшим элементом оперативной обстановки. Изучение местности и оценка её особенности, как отдельными сотрудниками, так и оперативными начальниками, должно быть тщательным, чтобы учесть все мельчайшие подробности, как самой местности, так и строений, объектов, хранилищ и местных предметов, расположенных на ней. Это необходимо для того, чтобы:

– во-первых, безошибочно ориентироваться на любой местности в различных условиях;

**Dmitriy Mikhaylov**Candidate of Technical Sciences, Associate  
ProfessorDeputy Director of the Institute of Civil  
Protection, Head of DepartmentE-mail: [igz.lnu@mail.ru](mailto:igz.lnu@mail.ru)**Valery Kukushkin**

Senior Lecturer

E-mail: [kaf\\_iznit@mail.ru](mailto:kaf_iznit@mail.ru)

V. Dahl Lugansk State University

*The article provides information about the purpose and role of the work card in the management of units in emergency situations, the requirements for it, and considers the preparation of the card for work. The role of the head, managing the rescue units in the performance of rescue operations is shown.*

**Keywords:** head of emergency response, work map, emergency rescue operations, tactical properties of the terrain.

– во-вторых, всесторонне учитывать свойства местности, которые способствуют или затрудняют выполнение поставленной задачи;

– в-третьих, учитывая рельеф, условия проходимости, определять наиболее вероятные варианты путей подхода и подъезда к объекту, на котором предстоит выполнять поставленную задачу по ликвидации чрезвычайной ситуации (ЧС).

На основании нескольких моделей, руководитель по ликвидации ЧС, проанализировав обстановку, выбирает наиболее оптимальный вариант и ставит задачу командирам подразделений и групп.

### **Изложение основного материала**

Характер местности определяется её рельефом, расположенными на местности предметами и другими географическими объектами. Важнейшим источником получения информации о топографических элементах местности, их взаимном расположении, координатах, очертаниях и других количественных и качественных показателях являются топографические карты [1].

Основными топографическими элементами местности являются:

- рельеф;
- гидрография;
- почвенно-грунтовой покров;
- дорожная сеть;
- населённые пункты;
- промышленные, сельскохозяйственные и социально-культурные объекты.

Различное сочетание топографических элементов на местности, на которой предстоит решать оперативно-служебные задачи, определяет её тактические свойства [1].

К основным из них относятся:

- проходимость местности;
- условия ориентирования;
- условия наблюдения и др.

Прогодимость местности – это свойство местности, способствующее или затрудняющее передвижение как отдельных сотрудников, групп, так и подразделений. Она учитывается при выборе направления сосредоточения основных усилий подразделения и определяется наличием и качеством дорожной сети, путей сообщения мостов, переправ, рельефным покровом, характером болот, рек и озёр, временем года и погодными условиями.

Основным фактором, определяющим проходимость местности, является дорожная сеть. Чем сильнее развита сеть дорог и чем выше их класс, тем местность доступнее для действий подразделений спасателей и обеспечивающих подразделений и формирований. Автомобильные дороги с твёрдым покрытием допускают движение автотранспорта в любую погоду. Прогодимость грунтовых дорог определяется главным образом характером почв и грунтов, рельефом местности, временем года и состоянием погоды.

Роль дорожной сети ещё больше повышается в лесисто-болотистой, пустынной и горной местности, где передвижение подразделений аварийно-спасательных служб (АСС) и нештатных аварийно-спасательных формирований (НАСФ) вне дорог является крайне затруднительным. Резко возрастает значение дорожной сети в период весенней и осенней распутицы. В таких условиях дороги с твёрдым покрытием приобретают значение важнейших направлений, вдоль которых сосредоточиваются основные усилия подразделений МЧС и ГЗ.

Прогодимость местности вне дорог определяется её пересечённостью. Местность с оврагами, крутыми скатами обрывами, реками и заболоченными участками, с большими площадями лесных массивов существенно снижает проходимость по ней автомобильной, мото- техники и специальных машин.

Условия ориентирования – это свойства местности, способствующие определению местоположения сотрудника (подразделения) и нужного направления движения относительно

сторон горизонта, окружающих объектов местности, а также относительно расположения объекта, на котором произошла авария. Они определяются при движении по топографической карте путём сличения карты с местностью, а на местности – с помощью характерных элементов рельефа и местных предметов, отчётливо выделяющихся среди других объектов по своему внешнему виду или положению и удобных для использования в качестве ориентиров.

Условия наблюдения – это свойства местности, способствующие получению сведений об обстановке в районе чрезвычайной ситуации. Они определяются степенью просматриваемости окружающей местности в районе ЧС, дальностью обзора и зависят от характера рельефа, растительного покрова, наличия населённых пунктов и других объектов, препятствующих обзору местности. В последнее время благодаря развитию и применению беспилотной авиации (БПЛА) появилась возможность получать информацию с места ЧС (пожары, наводнения, оползни, сели, аварии самолётов и др.) и осуществлять дальнейшее прогнозирование развития обстановки.

Для контроля и прогнозирования различных ситуаций во всех подразделениях, участвующих в аварийно-спасательных работах ведутся оперативные и рабочие карты и планы (схемы). Эти графические документы являются важным вспомогательным средством в организации служебной деятельности и проведении аварийно-спасательных мероприятий, в обеспечении чёткого управления силами и средствами во всех структурных подразделениях МЧС.

Аварийно-спасательные работы в современных условиях приобрели необычайно мобильный характер, они ведутся на различных по размерам участках в высоких темпах. Успешно управлять подразделениями спасателей в таких сложных условиях обстановки руководители проведения ликвидации чрезвычайных ситуаций смогут лишь тогда, когда они будут постоянно знать положение, состояние, характер действий основных подразделений и невоенизированных аварийно-спасательных формирований и обстановку в районе возникновения чрезвычайной ситуации. Для этого руководителям операции по ликвидации ЧС необходимо глубоко изучать обстановку не только в районе аварийного объекта, но и на территории всего обслуживаемого района, а также в районе границ соседних подразделений. Только в этом случае они будут в состоянии предвидеть изменение оперативной обстановки (рис.).

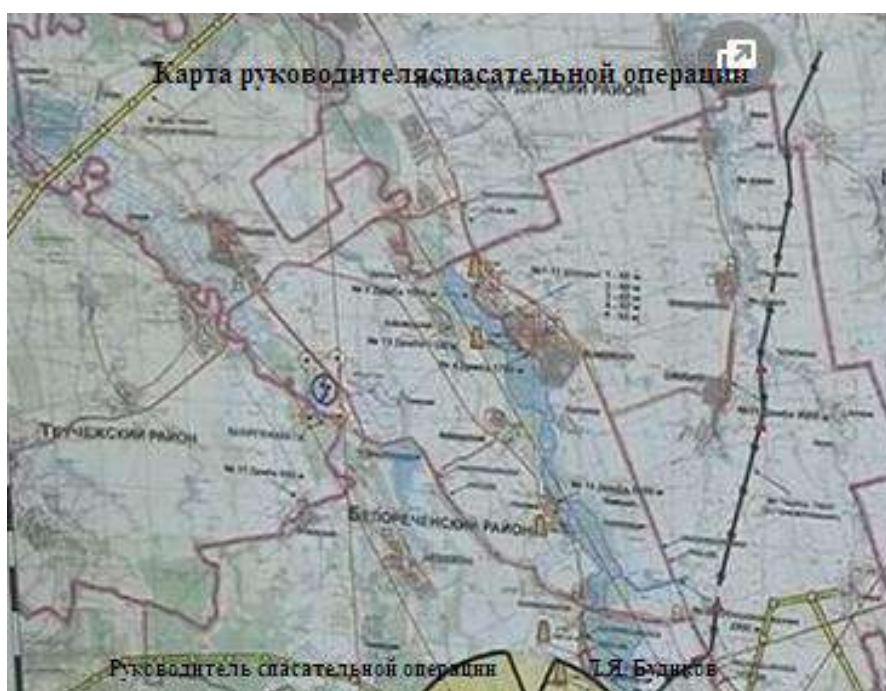


Рис. Рабочая карта руководителя спасательной службы при проведении АСР

Объём мероприятий, входящих в область деятельности руководителей, по управлению подчинёнными подразделениями при ликвидации ЧС постоянно увеличивается. Даже в таких специализированных подразделениях, имеющих в своём составе спасателей международного и первого класса, всю работу, которая возлагается на руководителя по ликвидации ЧС, невозможно выполнить, пользуясь только данными личного наблюдения при ликвидации ЧС на просматриваемом участке или на большой территории. Скоротечность действий спасателей и увеличивающийся пространственный размах спасательных работ уже не укладываются в рамки, ограниченные зрением человека. Многие важнейшие события при проведении спасательных работ могут быть восприняты неадекватно руководителем, осуществляющим руководство и контроль проведения операции, привести к неверной её оценке, а в некоторых случаях к принятию им неверного решения.

В современных условиях, организуя операцию по ликвидации ЧС, спасению людей, животных и материального имущества, руководя подразделениями спасателей, руководитель операции не может ограничиться работой на местности без использования крупномасштабной топографической карты.

Топографическая карта, на которой при помощи условных тактических знаков с необходимыми пояснительными надписями отображается специальная тактическая обстановка со всеми её изменениями в ходе проведения спасательных мероприятий, называется рабочей картой того руководителя, который её ведёт.

Рабочая карта представляет собой один из основных, очень часто единственный документ, с помощью которого руководитель осуществляет управление подразделениями и группами, участвующими в проведении операции по спасению пострадавших в создавшейся чрезвычайной ситуации.

Она базируется на основе топографической карты, поэтому с её помощью можно решать не только спасательные, но и топографические задачи, связанные с анализом местности и на этой основе прогнозировать и грамотно управлять подчинёнными подразделениями.

Рабочая карта руководителя, участвующего в управлении подчинёнными подразделениями предназначается для решения многих и разнообразных задач. Прежде всего отметим, что с помощью рабочей карты руководитель может уяснить полученную задачу по ликвидации ЧС, изучить и оценить обстановку, принять грамотное решение, отдать указания по взаимодействию, поставить задачи подчинённым подразделениям, составить донесение старшему начальнику, информировать соседние подразделения, лично доложить об обстановке старшему начальнику, двигаться с подразделениями по местности, на которой трудно ориентироваться, решать возникающие во время проведения операции по спасению людей и материальных ценностей задачи. Конечно, все эти задачи можно выполнять, если на рабочую карту будут нанесены необходимые данные, т.е. сведения о чрезвычайной ситуации, своих подразделениях, имеющихся в наличии материальных средствах, метеорологической обстановке и возможном прогнозе и ухудшении погодных условий в районе произошедшей чрезвычайной ситуации.

Важнейший элемент обстановки составляют данные о произошедшей чрезвычайной ситуации. Данные об обстановке в районе ЧС добываемые различными способами и средствами, сосредоточиваются у руководителя проведения ликвидации аварии и отражаются на карте с помощью условных тактических знаков [2]. К этим данным обычно относятся:

- положение очага ЧС к определённому времени;
- характер действий групп и подразделений, участвующих в спасательной операции;
- нумерация и расположение сил аварийно-спасательных работ и нештатных аварийно-спасательных формирований.

Положение очага ЧС при нанесении на рабочую карту анализируется с привязкой к местности. На карте руководителя наносятся зоны, в которых находятся:

Зона № 1 – спасатели и мед. персонал.

Зона № 2 – нештатные аварийно-спасательные формирования.

Зона № 3 – транспорт и специальные средства.

Зона № 4 – фрагменты разрушений.

В первую очередь на карту наносятся достоверные проверенные данные о чрезвычайной ситуации. Неподтверждённые данные следует наносить с обязательной отметкой о том, что они требуют подтверждения. Очень важно знать с какой подробностью на рабочую карту наносятся сведения о разрушениях, общей площади в районе чрезвычайной ситуации, варианты развития прогнозируемого перемещения ситуации. Радиационная, химическая и биологическая обстановка, как известно, является очень важным фактором, влияющим на действия спасательных подразделений. Поэтому все эти выше перечисленные факторы должны всегда учитываться при руководстве подразделений спасателей и нештатных аварийно-спасательных формирований. А для этого данные возникшей обстановки надо уметь правильно отражать на рабочей карте. В дальнейшем при проведении операции по спасению и передаче старшими групп спасателей с места аварии изменившихся данных, руководство проведения спасательной операцией немедленно наносит эти уточнённые данные на рабочую карту с целью корректировки задачи по спасению пострадавших.

Не менее важными элементами обстановки, отражаемыми на рабочей карте руководителя, являются положение и характер действий своих подразделений аварийно-спасательных работ и нештатных аварийно-спасательных формирований. Объём сведений о них обычно больше, чем о самой чрезвычайной ситуации

Сложившаяся в результате чрезвычайной ситуации обстановка существует на момент её свершения в определённом районе на участке местности. Нельзя глубоко оценить создавшуюся ситуацию, не изучив предварительно местность, на которой предстоит выполнять поставленную задачу. Поэтому местность тоже является одним из важнейших элементов обстановки. Каждый руководитель спасательной операции, прежде чем принять решение на ведение действий подразделений, должен тщательно изучить и всесторонне оценить местность, учесть все её положительные и отрицательные стороны с точки зрения влияния на предстоящие действия.

С помощью рабочей карты руководитель имеет возможность выполнять эту работу заблаговременно, ещё до непосредственного выезда на местность. Это особенно важно потому, что в скоротечной современной возникшей ситуации, руководитель очень часто не будет располагать временем для продолжительных рекогносцировок местности с целью её глубокого изучения. Рабочая карта позволит руководителю ускорить этот процесс, а, следовательно, сократить время, необходимое для принятия решения.

Степень изучения местности по рабочей карте зависит также от характера поставленной боевой задачи. Например, в интересах совершения марша в район чрезвычайной ситуации руководитель изучает главным образом дорожную сеть, места коротких остановок, привалов, районов сосредоточения и условия передвижения вне дорог. Если подразделениям поставлена задача при возникновении чрезвычайной ситуации в населённом пункте (пожар, наводнение, разрушение при землетрясении и др.) по спасению людей, то руководитель операции по спасению с максимальной подробностью изучает все особенности данного населённого пункта:

- характер его планировки и застройки;
- этажность зданий;
- наличие подъездных путей;
- число жителей в районе ЧС и др.

Навыки в изучении и оценке местности по рабочей карте нарабатываются практикой. Эти навыки основываются на твёрдом знании топографических условных знаков и умении по карте ориентироваться на местности, т.е. определять взаимное расположение местных предметов.

При изучении и оценке местности по рабочей карте руководитель и командиры подразделений придерживаются в основном того порядка действий, который принят для изучения местности путём личного осмотра. Для этого, как правило, руководитель и

командиры подразделений проводят в зоне своей ответственности рекогносцировку, заключающуюся в непосредственном осмотре заданного района либо пешим порядком, либо на транспортном средстве, либо с самолёта, либо с применением беспилотных летательных аппаратов, либо с командной высоты и др. Создаётся общее представление о характере рельефа, районе, в котором произошла ЧС, об условиях вывода (вывоза) населения, доставке средств спасения и маршрутах эвакуации. После этого по карте подробно оцениваются свойства местности, способствующие сохранению жизни и здоровья населения.

Наличие на рабочей карте сведений о расположении подразделений аварийно спасательных служб, НАСФ, транспортных средств позволит штабу руководства принять правильное решение по ликвидации ЧС.

Наличие на рабочей карте сведений о проводимых работах в районе ЧС позволит руководителю без выезда на местность правильно ставить подчинённым подразделениям задачи по спасению и отдавать указания по взаимодействию. При этом руководитель по карте определяет зону действий, районы, в которых необходимо выполнять первоочередные задачи по спасению, маршруты и порядок. Так при взрыве ЧАЭС 26 апреля 1986 года было эвакуировано 116 000 человек. При этом было задействовано 1225 автобусов (на 144 автобусах было установлено транспортно-санитарное оборудование), 360 грузовых автомобилей. На ж.д. станции Янов были подготовлены 2 дизель-поезда на 1500 мест, которые вывозили людей в пригороды Киева.

Поставленная командирами по рабочей карте задача наносится подчинёнными на свои карты. При наличии времени задача обычно уточняется на местности.

Нанесённые на рабочую карту сведения об обстановке позволяют руководителю быстро разрабатывать короткие письменные документы – приказы и распоряжения. С помощью этих документов до подчинённых доводятся задачи, поставленные руководителем, когда невозможно или нецелесообразно ставить задачи лично.

С помощью карты обычно составляют донесения о проделанной работе. Они предназначены для докладов старшему начальнику о выполнении задачи по ликвидации ЧС, о положении спасательных подразделений и их состоянии. Кроме того, с помощью карты командиры подразделений имеют возможность регулярно информировать соседние подразделения об обстановке и получать от них информацию об их действиях. Следует подчеркнуть, что качество выполнения всех этих документов и докладов зависит от полноты данных, имеющихся на рабочей карте руководителя.

Трудно переоценить важность использования рабочей карты при движении по местности, где ориентирование затруднено, ночью в снегопад, туман и в других условиях ограниченной видимости. Определив заблаговременно направление движения (азимут) с помощью компаса Адриана, буссоли, тахеометра или GPS (ГЛОНАСС) аппаратуры, руководитель доводит эти данные до подчинённых и в дальнейшем постоянно следит за соблюдением указанного им направления движения.

Рабочая карта должна отвечать определённым требованиям, важнейшие из которых наглядность, полнота и точность нанесения обстановки [3].

Наглядность рабочей карты руководителя заключается в ясном и чётком отображении обстановки в районе ЧС с выделением её главных элементов. Это достигается:

- правильным применением и чётким вычерчиванием тактических условных знаков;
- выделением положения аварийно-спасательных подразделений, НАСФ, транспортных средств, относящихся к разному времени;
- правильным расположением на рабочей карте служебных и пояснительных надписей;
- правильным, отчётливым изображением фактического положения подразделений, команд, групп и предполагаемых действий;
- правильным подъёмом карты.

Полнота нанесения обстановки на рабочую карту предопределяется тем объёмом сведений, который необходим руководителю для управления подчинёнными подразделениями

при ликвидации чрезвычайной ситуации. Это означает, что на свою рабочую карту руководитель должен наносить только те данные об обстановке, которые ему действительно необходимы. Соблюдение этого требования позволит экономить время при нанесении обстановки, облегчит пользование рабочей картой и, самое главное, будет способствовать сохранению в тайне замысла руководителя по организации и ведению аварийно-спасательных работ подразделениями и замысла старшего начальника.

Содержание рабочих карт командиров, участвующих в ликвидации ЧС (разборе завалов, расчистке снежных заносов, при наводнениях при гололедице и др.), могут быть различными.

Так на рабочую карту по ликвидации аварии на АЭС наносятся зоны радиоактивного загрязнения местности (зона М – 0,014 рад/час, зона А – 0,14 рад/час, зона Б – 1,4 рад/час, зона В – 4,2 рад/час, зона Г – 14 рад/час), а на карту лесных пожаров и наводнений наносятся районы, занятые этими стихийными бедствиями.

Для уточнения и корректировки задачи по ликвидации ЧС в предполагаемый район направляется группа инженерной разведки, которая прибыв на место, немедленно докладывает руководителю или в штаб руководства обо всех изменениях оперативной обстановки, привязывая её к прямоугольным (географическим) координатам. Рабочую карту начальника инженерной разведки, отвечающего за организацию разведывательных действий, надо вести так, чтобы по ней, можно было в любое время, поставить задачи разведорганам, сделать анализ и доложить руководителю все данные о чрезвычайной ситуации в заданном районе.

Точность нанесения обстановки. Выполнение этого требования имеет исключительное значение. Нанесение на рабочую карту обстановки должно точно соответствовать действительному положению района, в котором произошла чрезвычайная ситуация.

Неточность нанесения обстановки на рабочую карту может привести к нежелательным и очень часто к тяжёлым последствиям. Так, например, неточное нанесение обстановки усложнит обнаружение пострадавших от ЧС. А несвоевременное обнаружение пострадавших в свою очередь может привести к летальным исходам.

Добываясь возможно большей точности при нанесении обстановки на рабочую карту, следует иметь в виду предельную практическую точность топографических карт. Тактические крупномасштабные топографические карты, являющиеся основой для рабочих карт руководителя и командиров подразделений и служб, позволяют ориентироваться и определять местоположение в пределах практической точности масштаба карты; например, на картах масштаба 1: 25 000 – до 25 м, 1: 50 000 – до 50 м, 1: 100 000 – до 100 м. На этих картах достаточно подробно изображены наиболее важные в тактическом отношении местные предметы и другие элементы местности, по которым можно с требуемой точностью определять положение подразделений и групп спасателей.

### **Выводы и перспективы дальнейшего исследования**

Подводя итоги выше сказанного необходимо отметить, что умение штаба руководства правильно работать с картой имеет большое значение для управления подразделениями спасателей.

Рабочая карта руководителя, подготовленная к работе с правильно и чётко нанесёнными сведениями об оперативной обстановке, позволит командирам всех степеней своевременно, полно и верно оценить обстановку, принять решение, поставить подчинённым командирам задачи по проведению аварийно-спасательных работ, доложить своё решение старшему начальнику и информировать соседние подразделения об обстановке. Чем лучше будут усвоены приёмы ведения карты, тем меньше времени командиры будут затрачивать для решения задач по руководству подчинёнными подразделениями при выполнении спасательных мероприятий.

Умение правильно готовить и вести рабочую карту – признак культуры каждого сотрудника, участвующего в ликвидации чрезвычайных ситуаций.

**Библиографический список**

1. Псарев, А. А. Рабочая карта командира / А. А. Псарев. – Москва : Воениздат, 2008. – 240 с.
2. Помбрик, И. Д. Рабочая карта командира / И. Д. Помбрик, Н. А. Шевченко. – Москва : Военное издательство Министерства Обороны СССР, 1967. – 96 с.
3. Медведев, А. В. Рабочая карта командира : учеб.-метод. пособие / А. В. Медведев. – Витебск : УО «ВГУ им. П. М. Машерова», 2008. – 64 с.

УДК 691.841

## ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ СИСТЕМЫ ЖАЛЮЗИ ПРИ АВТОМАТИЧЕСКОМ ТУШЕНИИ РЕЗЕРВУАРНОГО ПАРКА

### PROSPECTS FOR THE USE OF THE SHUTTER SYSTEM FOR AUTOMATIC EXTINGUISHING OF THE TANK FARM

**Перевалов Андрей Сергеевич**

Канд. техн. наук, доцент  
Начальник кафедры  
E-mail: pas\_ural@mail.ru

**Рассохин Максим Анатольевич**

Начальник факультета

**Юркин Антон Валерьевич**

Преподаватель

Уральский институт ГПС МЧС России

*В статье, помимо структурирования имеющихся способов тушения резервуаров нефтепродуктов, рассматривается новая установка пожаротушения системы «жалюзи», описывается ее устройство и принцип действия.*

**Ключевые слова:** резервуар, жалюзи, аэрокрыло.

**Andrey Perevalov**

Candidate of Technical Sciences, Associate  
Professor  
Head of Department  
E-mail: pas\_ural@mail.ru

**Maxim Rassokhin**

Head of Faculty

**Anton Yurkin**

Lecturer

Ural Institute of State Fire Service of  
EMERCOM of Russia

*The article, in addition to structuring the existing methods of extinguishing oil tanks, considers a new fire extinguishing installation of the “blinds” system, describes its structure and principle of operation.*

**Keywords:** reservoir, shutters, airfoil.

#### Введение

Одним из основных направлений повышения безопасности при пожаре резервуарных парков хранения нефтепродуктов, наряду с системами предотвращения пожаров и пожаротушения подразделениями пожарной охраны, являются совершенствование и развитие автоматических установок пожаротушения (АУПТ) [1; 2]. Имеющийся анализ выделяет три принципиальных способа тушения резервуаров нефтепродуктов:

– подача огнетушащих веществ в слой горячей жидкости (пеногенераторами, расположенными на крыше резервуара или в верхнем его поясе, способ аэрозольно-порошкового пожаротушения, диоксидом углерода твердым) [3–6];

– подача огнетушащих веществ на поверхность горячей жидкости (подача воздуха под давлением в слой подтоварной воды с пенообразователем, способ с двойным образованием пены, подача пены в нижний слой горючего через трубопровод, расположенный в нижней части резервуара, подача пены в слой горючего через рукав, расположенный в нижней части резервуара) [7–9];

– создание изолирующего слоя над поверхностью горения (откачка горючей жидкости до изолирующего слоя огнепреградителя, на основе сетчатых конструкций) [10; 11].

Методы имеют свои достоинства и недостатки, которые существенно влияют на тушение пожаров. Проведенные исследования показали, что совершенствование способов создания

изолирующего слоя над поверхностью горения для различных сценариев развития чрезвычайной ситуации в резервуарах нефтепродуктов, является приоритетным направлением повышения пожарной безопасности при возникновении пожара на РВС.

В качестве перспективного направления создания изолирующего слоя над поверхностью горения выступает применение системы типа «жалюзи», разработкой которой занимаются авторы статьи. Рассмотрим ее устройство, принцип действия.

### Изложение основного материала

При разработке АУПТ авторы исходили из ряда стоящих перед ними задач:

- упрощение конструкции;
- повышение надежности (минимизация электрических модулей, сохранение работоспособности после взрыва газозвдушной смеси);
- повышение эффективности эксплуатации (минимизация затрат на установку, эксплуатацию, замену элементов).

Для реализации такого устройства «автоматического» перекрытия верхней части резервуара и предотвращения притока кислорода воздуха к горючей смеси необходимо осуществить изготовление конструктивных сборных элементов устройства в целом типа «жалюзи», в частности геометрическая форма одного элемента выполнена в виде аэрокрыла из термостойкого материала, соединенных между собой сборочными шарнирными узлами, обеспечивающими конструктивное единство. Устройство крепится в верхней части резервуара на металлокаркасную конструкцию над поверхностью «зеркала» нефти и нефтепродуктов. В горизонтальном положении жалюзи имеют возможность фиксации, для достижения плотной изоляции и повторяют внутреннюю площадь резервуара.

На рисунке 1 показано устройство, реализующее предложенный способ.

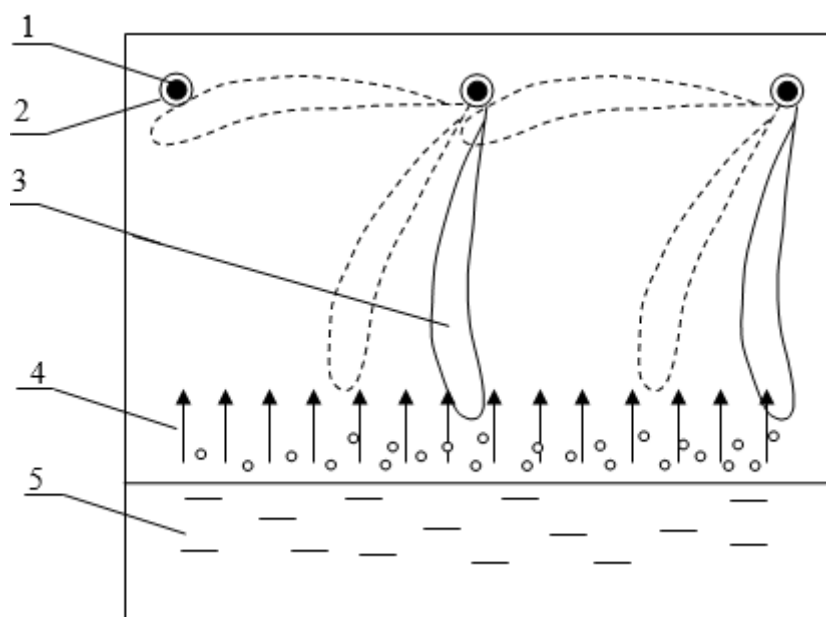


Рис. 1. Устройство АУПТ системы «жалюзи»: 1 – фиксатор горизонтального положения; 2 – шарнирный поворотный узел; 3 – аэрокрыло; 4 – тепловой поток; 5 – нефтепродукт

АУПТ работает следующим способом. При возникновении пожара нефти и нефтепродуктов 5 возникающий тепловой поток 4, поднимаясь от поверхности нефтепродукта, создает избыточное давление на стенки аэрокрыла. Жалюзи 3 раскрываясь в заданном направлении на шарнирном поворотном узле 2, фиксируются, тем самым изолируя приток кислорода воздуха к горючей смеси, в связи с этим процесс горения прекращается. Для

предотвращения преждевременного возвращения в изначальное положение в следствии понижения давления теплового потока, и повторного возгорания, задействуется фиксатор горизонтального положения 1.

Жалюзи могут быть выполнены одно (рис. 2а) или двух направленными (рис. 2б). Расположение в резервуаре на металлокаркасной конструкции выполняется параллельным (рис. 2в) или радиальным (рис. 2г).

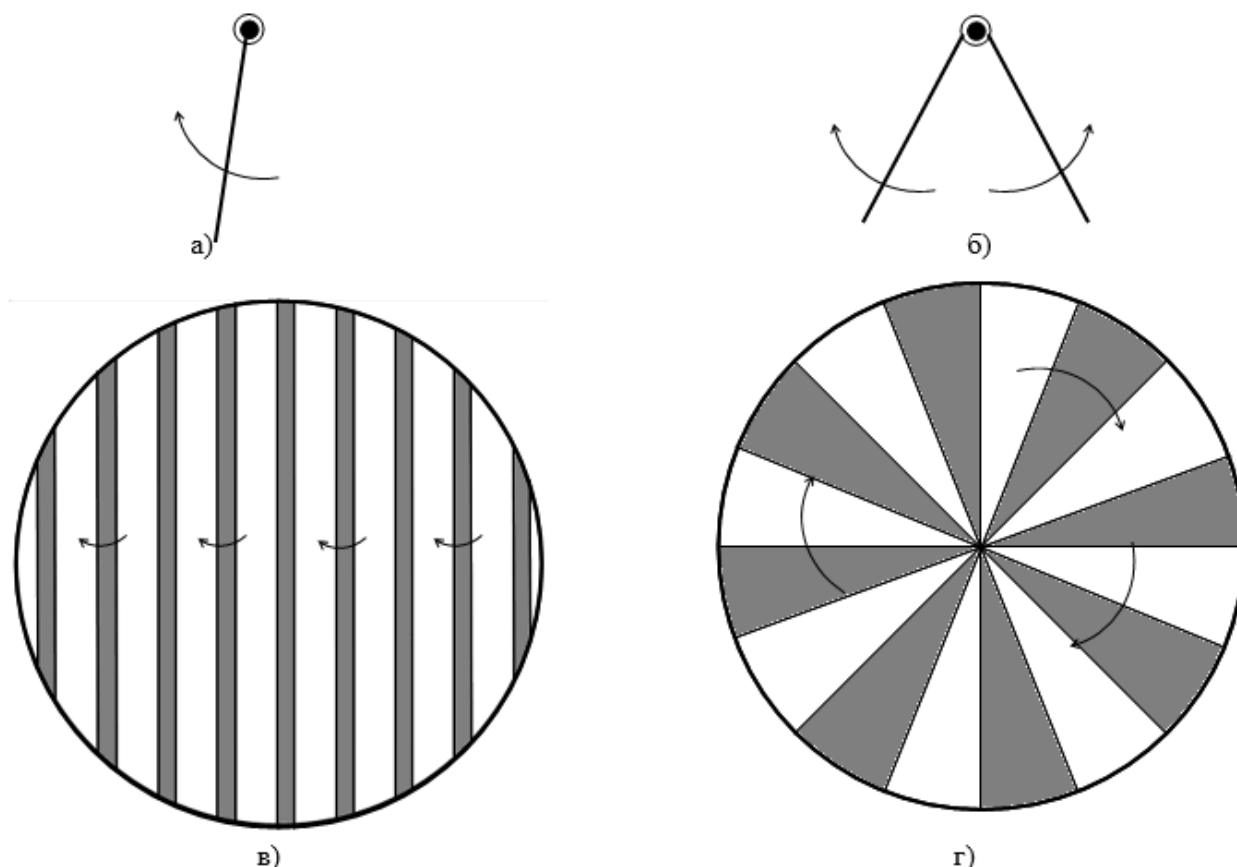


Рис. 2. Возможные модели АУПТ системы «жалюзи»

### Выводы и перспективы дальнейших исследований

Устройство тушения пожаров резервуаров с легковоспламеняющимися и горючими жидкостями путем предотвращения притока кислорода воздуха к горючей смеси, с помощью автоматической установки пожаротушения типа «жалюзи» отличается тем, что

- не требует реконструкции имеющихся внутренних систем резервуара;
- не требуется дополнительное внедрение в резервуар новых технических решений;
- не требует замены огнетушащих средств после своего срабатывания.

Вместе с тем, необходимы дальнейшие исследования данного направления, для выявления области применения предложенной АУПТ.

### Библиографический список

1. Перевалов, А. С. Анализ пожарной опасности резервуарных парков хранения нефтепродуктов / А. С. Перевалов, К. В. Пастухов // Актуальные проблемы и инновации в обеспечении безопасности : материалы Дней науки с международным участием (3-7 декабря 2018 г.), посвященных 90-летию со дня образования Уральского института ГПС МЧС России : в 2 ч. / сост. М. Ю. Порхачев, А. А. Корнилов, О. Ю. Демченко. – Екатеринбург : Уральский институт ГПС МЧС России, 2019. – Ч. 1. – С. 136–139.

2. Пастухов, К. В. Пути и способы тушения пожаров в резервуарах хранения нефтепродуктов / К. В. Пастухов, А. С. Перевалов, А. В. Мироничев // Техносферная безопасность. – 2019. – № 2(23). – С. 22–32.

3. Безбородов, Ю. Н. Резервуары для приёма, хранения и отпуска нефтепродуктов / Ю. Н. Безбородов, В. Г. Шрам, Е. Г. Кравцова. – Красноярск : СФУ, 2015. – 110 с.

4. Патент №RU2244579С1, МПК А62 С 3/00, 35/00. Способ пожаротушения и система пожаротушения для осуществления способа / С. Ю. Серебренников [и др.]. – № 2004105054/12 ; заявл. 19.02.04 ; опубл. 20.01.05.

5. Серебренников, С. Ю. Эффективное применение конверсионных технологий твердотопливной ракетной техники при автоматизации системы пожарозащиты нефтерезервуаров / С. Ю. Серебренников, К. В. Прохоренко [и др.] // Экспозиция Нефть Газ. – 2012. – № 1(19).

6. Назаров, В. П. Тушение нефтепродуктов и полярных жидкостей в резервуаре диоксидом углерода твердым / В. П. Назаров, М. В. Филипчук, Н. Н. Старков // Пожаровзрывобезопасность. – 2006. – Т.15. – № 5. – С. 82–85.

7. Патент РФ RU2595973 С1 А62С 3/06 Способ подслоного тушения пожаров нефти и нефтепродуктов в резервуарах / Д. А. Корольченко [и др.]. – № 2015119341/12 ; заявл. 22.05.15 ; опубл. 27.08.16.

8. Патент РФ RU2320385 С2 А62С 3/06 Способ и устройство противопожарной защиты резервуаров с нефтепродуктами / Н. П. Копылов [и др.]. – № 2005124126/12 ; заявл. 28.07.05 ; опубл. 27.03.08.

9. Шароварников, С. А. Тушение смесевых топлив в резервуарах подачи пены под слой горючего : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.26.03 / Шароварников Сергей Александрович. – Москва, 1997. – 23 с.

10. Патент РФ RU2599363 С2 А62С 3/06 Способ тушения пожара в наземных резервуарах / Ю. В. Иванчиков. – № 2015119125/12 ; заявл. 20.05.05 ; опубл. 10.10.16.

11. Патент РФ RU2256976 С2 А62С 3/06 Способ тушения и противопожарной защиты / В. Р. Малинин, А. С. Крутолапов, А. Г. Земцов. – № 2003104387/12 ; заявл. 02.05.03 ; опубл. 27.02.05.

УДК 614.8

## ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ УЧРЕЖДЕНИЙ

### ENSURING FIRE SAFETY IN EDUCATIONAL INSTITUTIONS

**Петров Арсений Вадимович**

Пожарный

E-mail: neool@mail.ru

13 Пожарно-спасательная часть  
1 Пожарно-спасательного отряда  
Федеральной противопожарной службы  
Государственной противопожарной  
службы Главного управления МЧС России  
по Республике Коми

*В данной статье рассматриваются требования к пожарной безопасности в образовательных учреждениях и их фактическая реализация. Несмотря на снижение возгораний в образовательных учреждениях, согласно статистических данных МЧС Российской Федерации, пожароопасность зданий не снижается, а ключевые вопросы обеспечения комплексной безопасности обучающихся и персонала остаются актуальными.*

**Ключевые слова:** пожарная безопасность, противопожарная защита, нормативно-правовые акты, пожароустойчивость, образовательные учреждения.

#### Введение

Система профилактики пожаров и возгораний в учреждениях образования несовершенна ввиду того, что нередко правила обеспечения пожарной безопасности регулярно нарушаются. Статистические данные МЧС Российской Федерации по количеству возгораний говорят о том, что противопожарные мероприятия позволили снизить количество пожаров в образовательных учреждениях с 191 до 122 за период с 2019 по 2021 гг. [1].

Образовательные учреждения, такие как школы, учреждения дошкольного образования (детские сады), учреждения высшего и среднего профессионального образования, учебные центры и т.п. являются объектами массового скопления людей, поэтому к обеспечению их безопасности предъявляются повышенные требования.

#### Изложение основного материала

Факты нарушений пожарной безопасности в зданиях образовательных учреждений также фиксируются регулярно, наиболее распространенными нарушениями являются:

- неисправности систем пожарной сигнализации и автоматического пожаротушения;
- отсутствие знаний правил пожарной безопасности у обучающихся и персонала;
- изношенность электропроводящей сети.

**Arseny Petrov**

Firefighter

E-mail: neool@mail.ru

13 Fire and Rescue Department  
1 Fire and Rescue Squad of the Federal Fire  
Service of the State Fire Service of the Main  
Directorate of the EMERCOM of Russia in the  
Komi Republic

*This article discusses the requirements for fire safety in educational institutions and their actual implementation. Despite the decrease in fires in educational institutions, according to the statistics of the Ministry of Emergency Situations of the Russian Federation, the fire hazard of buildings is not decreasing, and the key issues of ensuring the integrated safety of students and staff remain relevant.*

**Keywords:** fire safety, fire protection, regulations, fire resistance, educational institutions.

Также, нередко фиксируется загромождение путей эвакуации или их полное блокирование, в связи с чем, обучающиеся рискуют оказаться в «дымной» ловушке и не выбраться из здания.

Основными причинами возникновения пожаров в таких образовательных учреждениях, как детские сады и школы, как наиболее уязвимые объекты пожарной защиты, являются неосторожное обращение с огнем и нарушение требований пожарной безопасности. При проведении инспекторских проверок выявляются следующие нарушения:

- отсутствуют или закрыты неосновные эвакуационные выходы;
- двери открываются не по направлению выхода из здания;
- помещения общественного назначения не отделены противопожарными перегородками и перекрытиями;
- для некоторых помещений не определена категория взрывопожарной и пожарной опасности;
- не организована своевременная проверка работоспособности систем и огнетушителей;
- не обеспечена обработка деревянных конструкций защитными покрытиями [2].

Известны случаи, когда в образовательных учреждениях не срабатывали системы пожарной сигнализации, или своевременно не проводилась проверка систем противопожарной защиты, игнорировались неисправности электротехнического оборудования. Например, в 2007 году в корпусе Московского института государственного и корпоративного управления в разгар учебного дня произошло возгорание электропроводки и скорое воспламенение мебели в закрытом помещении на 4-ом этаже. Когда пожар был обнаружен, его скорость и сила достигали таких масштабов, что вручную остановить пламя было невозможно, а при открытии этого помещения, огонь усилился и начал быстро распространяться по соседним помещениям и коридору. Мак огонь закрыл доступ к лестничным клеткам, а эвакуационные выходы были заблокированы. В результате возникшего пожара погибло 7 человек, 49 получили ранения различной степени тяжести, в том числе сильные ожоги и отравления [1]. В ходе следствия по данному пожару, выяснилось, что в ходе плановых мониторингов представителями пожарного надзора учреждения, были выявлены многочисленные случаи нарушений норм пожарной безопасности, которые не устранялись вовремя. Данный пожар является одним из самых крупных пожаров в учебных заведениях Российской Федерации.

Причиной негативных последствий также может служить неудовлетворительная организация рабочего места – отсутствие должных условий труда как у работников общеобразовательных учреждений, так и у работников служб предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций [3].

Профилактика возгораний в образовательных учреждениях (школы, детские сады, ВУЗы и т.п.) остается актуальной по ряду причин: дети и подростки очень уязвимы при возникновении пожаров, кроме того, организация эвакуации детей и подростков осложняется риском возникновения паники, отсутствием понимания направления, действий и т.д. [4].

Нормативные требования к организации пожарной безопасности в образовательных учреждениях прописаны в основных законодательных актах Российской Федерации, в частности, Федеральном законе «О пожарной безопасности» [5].

Важным моментом, особенно характерным для деятельности учреждений образования, является определение максимально допустимого количества людей в помещениях различного назначения. Количество людей не должно превышать установленного нормами проектирования.

Если же нормы безопасности при строительстве на какое-либо здание не учитывались, то допустимое количество людей определяется расчетом из условия – не менее  $0,75 \text{ м}^2$  на человека при обеспечении возможности безопасной эвакуации при пожаре.

Чтобы эффективно защитить людей от пожаров в системе образования, необходимо внедрять новые средства и способы обеспечения пожарной безопасности. Решить эту проблему можно с помощью применения индивидуальных средств защиты и спасения [6].

Анализ совокупности факторов, обуславливающих целесообразность применения индивидуальных средств защиты и спасения, показывает, что необходимо принимать во внимание:

- недостаточную мобильность людей;
- плохую ориентацию из-за задымления;
- большую протяженность и сложность планировки путей эвакуации;
- недостаточную защищенность путей эвакуации от опасных факторов пожара;
- задержки в проведении спасательных работ;
- возможность совершения поджога, когда будут заблокированы пути эвакуации.

На практике очень часто при возникновении пожара должностные лица учреждений образования допускают неточные и некорректные действия. Правила пожарной безопасности однозначно определяют содержание и приоритет действий руководителей, лиц, ответственных за пожарную безопасность, дежурных служб и т.д.:

- прибыть к месту пожара и сообщить о его возникновении в пожарную охрану;
- в случае угрозы жизни людей организовать их спасение;
- проверить и включить системы противопожарной защиты (оповещения, пожаротушения, дымоудаления и т.д.);
- при необходимости отключить электроэнергию и другие системы (вентиляции, лифты), т.е. воспрепятствовать дальнейшему развитию пожара;
- прекратить все виды деятельности в здании;
- эвакуировать всех учащихся и персонал;
- организовать (осуществить) общее руковод-ство по тушению пожара до прибытия подразделений пожарной охраны, обеспечив при этом соблюдение мер безопасности;
- встретить подразделения пожарной охраны и показать им кратчайший путь до очага пожара, местонахождение пожарных гидрантов, водоемов; планировку здания, пути эвакуации и т.д.

### **Выводы и перспективы дальнейших исследований**

Решение многих из перечисленных выше проблем представляет собой систему противопожарной профилактики, т.е. комплекса организационных и технических мероприятий, направленных на предотвращение пожаров, обеспечение безопасности людей и создание условий для успешного тушения пожара.

Обозначенные задачи пожарной профилактики, формализованные в общем виде, и составляют основу пожарной безопасности образовательного учреждения. Их исполнение – прямая обязанность должностных лиц, а также персонала и обучающихся [4].

В целом, задачи, предъявляемые к пожарной профилактике в образовательных учреждениях, делятся на три части: обучение; пожарный надзор, разрабатывающий государственные нормы по пожарной безопасности и строительных норм, а также осуществляет проверку их выполнения; снабжение оборудованием и проведение технических разработок. Под проведением профилактической работы понимается предупреждение, выявление и устранение различных нарушений правил по пожарной безопасности. Достигается это объяснением правил и инструктажей по пожарной безопасности, а также обучением и подготовкой персонала образовательных учреждений к непосредственной ликвидации возможных возгораний и их последствий.

### **Библиографический список**

1. МЧС Российской Федерации [Электронный ресурс] // МЧС Российской Федерации : официальный сайт. – Электрон. дан. – Москва, 2022. – Режим доступа: <https://www.mchs.gov.ru>. – Дата обращения: 15.04.2022. – Загл. с экрана.

2. Федеральная служба государственной статистики [Электронный ресурс] // Rosstat : сайт. – Электрон. дан. – Москва, 1999–2022. – Режим доступа: <https://rosstat.gov.ru/central-news>. – Дата обращения: 15.04.2022. – Загл. с экрана.

3. Варнаков, Д. В. Повышение пожарной безопасности / Д. В. Варнаков, А. В. Дурманов, К. О. Бузина // ModernScience. – 2019. – № 6-1. – С. 134–138.

4. Бикусова, А. А. Мероприятия по пожарной безопасности в школе / А. А. Бикусова, Г. И. Сметанкина, О. В. Дорохова // Проблемы обеспечения безопасности при ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций. – 2018. – Т. 1. – С. 80–82.

5. О пожарной безопасности [Электронный ресурс] : Федеральный закон РФ № 69–ФЗ от 21.12.1994 г. // КонсультантПлюс : сайт. – Электрон. дан. – Москва, 1997–2022. – Режим доступа: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_5438](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_5438). – Дата обращения: 15.04.2022. – Загл. с экрана.

6. Белов, С. В. Безопасность жизнедеятельности и защита окружающей среды (техносферная безопасность) : учебник. Ч. 2 / С. В. Белов. – 5-е изд., перераб. и доп. – Москва : Издательство Юрайт, 2019. – 362 с.

УДК 504.06

## РАЗРАБОТКА САЙТА О РАЗДЕЛЬНОМ СБОРЕ ОТХОДОВ КАК СПОСОБ ВОСПИТАНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ КУЛЬТУРЫ

### DEVELOPMENT OF A WEBSITE ABOUT SEPARATE WASTE COLLECTION AS A WAY OF FOSTERING ECOLOGICAL CULTURE

**Преликова Елена Анатольевна**

Канд. социол. наук, доцент

Доцент

E-mail: elena\_prelikova@bk.ru

ФГБОУ ВО «Юго-Западный  
государственный университет»

*Статья посвящена разработке сайта о раздельном сборе отходов, выступающим как метод решения проблемы чрезмерного объёма образующихся отходов производства и потребления и способ воспитания экологической культуры населения. Работа выполнена в рамках Гранта Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых российских учёных МК-1363.2022.1.5.*

**Ключевые слова:** сайт, отходы, раздельный сбор, экологическая культура.

**Elena Prelikova**

Candidate of Sociological Sciences, Associate Professor

Associate Professor

E-mail: elena\_prelikova@bk.ru

Southwest State University

*The article is devoted to the development of a website on separate waste collection, acting as a method of solving the problem of excessive volume of generated production and consumption waste and a way of educating the ecological culture of the population. The work has been carried out within the framework of the Grant of the President of the Russian Federation for state support of young Russian scientists MK-1363.2022.1.5.*

**Keywords:** website, waste, separate collection, ecological culture.

#### Введение

В современном мире переизбыток твердых коммунальных отходов (ТКО) – одна из наиболее острых проблем. По данным Росприроднадзора, российские свалки занимают 4 миллиона гектаров. Это равно площади Нидерландов или Швейцарии. Территория, занятая мусором, увеличивается на 400 тысяч гектаров ежегодно. Если такие темпы сохранятся, то к 2050 году свалки займут 1 % площади России. Ежегодно на свалки отправляется 9 млн. тонн макулатуры, 2 млн. тонн пластика и 0,5 млн. тонн стекла – всё это могло бы перерабатываться, если бы в стране существовала налаженная система раздельного сбора отходов [1].

Раздельный сбор отходов для россиян пока не столь привычен, как для жителей Японии, Европы или Америки. Многие из нас просто не знают, в чем польза сортировки отходов, поэтому не придают этому значения. В то время как раздельный сбор отходов может помочь решить ряд проблем.

Во-первых, отходы наносят вред окружающей среде в принципе. Если их не сортировать, они загрязняют воду и почву, могут быть опасными для жизни птиц и животных, а также разрушают местные экосистемы. Если же не смешивать опасные и безопасные отходы, вред для экологии можно существенно сократить.

Во-вторых, в настоящее время в России даже легальные мусорные полигоны только разрастаются, их площади занимают миллионы гектаров, на которых могли бы расти деревья, сельскохозяйственные культуры, располагаться жилые, общественные, культурные объекты.

В-третьих, отдельный сбор отходов полезен не только для экологии, но для промышленности и бизнеса в первую очередь. По разным данным от  $\frac{2}{3}$  до  $\frac{3}{4}$  бытовых отходов подлежат повторной переработке и производителям куда дешевле и проще получать сырье именно из них. Тем более что многие из ресурсов конечны [2; 3].

Причина отсутствия налаженной системы отдельного сбора отходов заключается в недостаточной информированности населения и отсутствии у людей культуры обращения с мусором. Таким образом, актуальность данного проекта обусловлена необходимостью создания средств и методов, позволяющих в доступной и непринужденной форме воспитывать в населении культуру обращения с отходами [4]. Одним из таких средств может стать сайт о отдельном сборе отходов.

### **Изложение основного материала**

На данный момент в России, в том числе городе Курске, начинает активно использоваться отдельный сбор отходов. На контейнерных площадках города уже установлены контейнеры для отдельного сбора отходов. Но, к сожалению, часто контейнеры для отдельного сбора используются неправильно. В них попадают смешанные отходы. Данный факт говорит о том, что население недостаточно проинформировано о правильной сортировке отходов. Отсюда, цель данной статьи – создание сайта о отдельном сборе отходов.

Использование сайта о отдельном сборе отходов подразумевает достижение следующих эколого-экономических результатов:

- снижение отрицательного воздействия ТКО на окружающую среду и состояние здоровья населения;
- получение подготовленного сырья для вторичной переработки;
- повышение показателей ресурсосбережения;
- воспитание в населении культуры обращения с отходами.

Организация отдельного сбора ТКО невозможна без поддержки населения. В связи с этим, задача данного исследования заключается в информировании населения о отдельном сборе отходов и, как следствие, повышении результативности отдельного сбора ТКО.

Накопление отходов является одним из наиболее весомых факторов загрязнения окружающей среды и негативного влияния на все её компоненты. Инfiltrация захороненных отходов, пылеобразование в процессе их размещения, ветровая и водная эрозии и миграция токсичных веществ приводят к загрязнению подземных и поверхностных вод, атмосферного воздуха, земельных ресурсов [4].

Проблема накопления отходов решается путём их переработки или выработки вторсырья. Развитые страны имеют свою индустрию, представленную мусороперерабатывающими предприятиями. Заводы, занимающиеся выработкой вторсырья, работают со многими материалами. Это выгодно. К примеру, из 10 килограмм ненужных пластмасс получается 5 литров топлива. Сдача макулатуры позволяет еще раз создать бумажную продукцию с меньшими затратами [5].

Для упрощения и удешевления процесса вторичной переработки отходов необходима их сортировка на начальном этапе, то есть сортировка отходов дома. Но, к сожалению, население России недостаточно просвещено в вопросе отдельного сбора отходов. Люди не знают, как и для чего их сортировать. Для популяризации отдельного сбора отходов и информирования населения разработан сайт о отдельном сборе отходов.

Сайт создан в конструкторе сайтов Tilda и содержит 3 раздела, на которых располагается самая необходимая информация для сортировки отходов на начальном этапе.

Таким образом, первый раздел содержит краткую и максимально понятную информацию о необходимости отдельного сбора отходов, а также статистические данные о количестве несанкционированных свалок. Наличие статистических данных поможет человеку осознать глобальность проблемы накопления ТКО. Скриншоты первого раздела сайта о отдельном сборе отходов представлены на рисунках 1–5.



Рис. 1. Скриншот сайта о раздельном сборе отходов

Знания о видах бытовых отходов и правильном их разделении могут принести пользу экологии и обществу



Рис. 2. Скриншот сайта о раздельном сборе отходов

### Раздельный сбор отходов на раннем этапе



Рис. 3. Скриншот сайта о раздельном сборе отходов

Ежегодно на свалки отправляется 9 млн. тонн макулатуры, 2 млн. тонн пластика и 0,5 млн. тонн стекла – всё это могло бы перерабатываться, если бы в стране существовала налаженная система раздельного сбора отходов.

Рис. 4. Скриншот сайта о раздельном сборе отходов

### В настоящий момент в России



Рис. 5. Скриншот сайта о раздельном сборе отходов

Второй раздел посвящен правилам сортировки отходов в домашних условиях и содержит информацию о видах отходов, которые сортируются в России. Скриншоты второго раздела сайта о раздельном сборе отходов представлены на рис. 6–8.

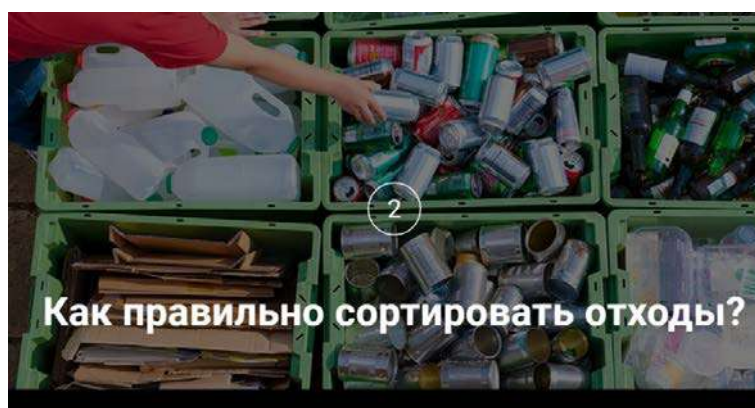


Рис. 6. Скриншот сайта о раздельном сборе отходов

### В России сортируются такие виды отходов, как:



Рис. 7. Скриншот сайта о раздельном сборе отходов



Рис. 8. Скриншот сайта о раздельном сборе отходов

Заключительный раздел содержит информацию о видах и цветах контейнеров для раздельного сбора отходов. Скриншоты третьего раздела сайта о раздельном сборе отходов представлены на рисунках 9–10.

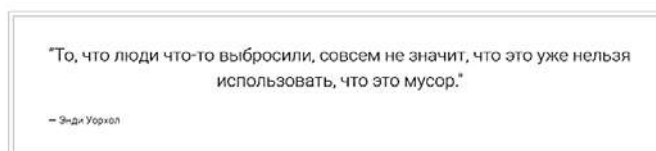


Рис. 9. Скриншот сайта о раздельном сборе отходов



Рис. 10. Скриншот сайта о раздельном сборе отходов

Особенностью сайта о раздельном сборе отходов является его способ распространения. QR-код для перехода на сайт в виде наклейки размещается на мусорные контейнеры. Таким образом, по приходу на мусорную площадку, человек может быстро изучить информацию о раздельном сборе отходов, просто просканировав QR-код с помощью своего гаджета (рис. 11).



Раздельный сбор – это совсем не сложно. Привычка сортировать собственный мусор вырабатывается очень быстро. Чтобы уберечь планету от дальнейшего превращения в огромную мусорную кучу, следует уже сегодня обзавестись этим полезным навыком и начать отдельно выбрасывать разнородные отходы. Это подает хороший пример другим людям: как взрослым, так и детям. Поделитесь этим сайтом с друзьями с помощью QR кода

Рис. 11. Отличительная особенность проекта (сайта о раздельном сборе отходов)

Достоинством данного сайта является простота и наглядность изложенной в нем информации. Сайт не перегружен сплошным текстом, а наоборот, содержит много графического материала, что позволяет любой категории населения легко и непринужденно воспринимать информацию.

#### **Выводы и перспективы дальнейших исследований**

Таким образом, сайт о раздельном сборе отходов позволит воспитать в населении культуру обращения с отходами, что в будущем поспособствует улучшению экологической обстановки в городе.

В дальнейшем будет проделана следующая работа:

- 1) подача заявки на патент;
- 2) разработка практических рекомендаций органам власти о необходимости и пользе сайта о раздельном сборе отходов;
- 3) разработка концепции и плана внедрения сайта о раздельном сборе отходов в повседневную жизнь населения города;
- 4) корректировка созданного проекта.

#### **Библиографический список.**

1. Андреева, Е. В. Методологические подходы к оцениванию качества среды обитания населения / Е. В. Андреева // Медицинская география и экология человека. – 2006. – С. 54–68.
2. Преликова, Е. А. Эколого-экономические приоритеты раздельного сбора отходов / Е. А. Преликова, В. В. Юшин, Ю. В. Вертакова // Лесотехнический журнал. – 2019. – № 1 (33). – С. 187–195.
3. Горякина, А. С. Перспективы развития раздельного сбора твердых коммунальных отходов в г. Курске / Е. А. Преликова, А. С. Горякина, П. Л. Подколзин // Актуальные проблемы экологии и охраны труда : сб. статей XI Междунар. науч.-практ. конф. – Курск : Юго-Зап. гос. ун-т. 2019. – С. 83–87.
4. Сапожникова, Г. П. Современная индустрия отходов / Г. П. Сапожникова // Конец «мусорной цивилизации»: пути решения проблемы отходов. – 2009. – С. 12–13.
5. Доклад о состоянии и охране окружающей среды на территории Курской области в 2020 г. [Электронный ресурс] // Комитет природных ресурсов Курской области : сайт. – Электрон. дан. – Курск, 2022. – Режим доступа: <https://www.ecolog46.ru/wp-content/uploads/2022/08/Доклад-Экология-за-2021.pdf>. – Загл. с экрана.

**ПОЙМЕННЫЕ ПОЖАРЫ НА РЕКАХ: ПРИЧИНЫ И СЛЕДСТВИЯ****FLOODPLAIN FIRES ON RIVERS: CAUSES AND CONSEQUENCES****Разиньков Николай Дмитриевич**

Канд. геогр. наук, доцент

E-mail: razinkov.nikolaj@mail.ru

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный  
технический университет»Воронежское региональное отделение  
«Российского научного общества анализа  
риска»

*В статье рассмотрен региональный опыт тушения торфяных пожаров; вскрыты причины образования торфяных пожаров в Воронежской области и возможности по исключению возникновения торфяных пожаров в регионе.*

**Ключевые слова:** торфяной пожар, фактор, приёмы тушения.

**Nikolay Razinkov**Candidate of Geographical Sciences,  
Associate Professor

E-mail: razinkov.nikolaj@mail.ru

Voronezh State Technical University

Voronezh Regional Branch of the Russian  
Scientific Society for Risk Analysis

*The article considers the regional experience of extinguishing peat fires; the reasons for the formation of peat fires in the Voronezh region and the possibilities for eliminating the occurrence of peat fires in the region are revealed.*

**Keywords:** peat fire, factor, extinguishing methods.

**Введение**

Пойменные пожары являются серьёзной проблемой, так как приступить к тушению такого пожара пожарно-спасательными формированиями крайне затруднительно: часто невозможно подъехать пожарной машине к самому месту горения из-за болотистой местности и существования реальной опасности провалиться в образующиеся пустоты после выгорания торфа. Задымление распространяется по долине реки, при этом дым может выноситься за многие десятки километров, создавая опасные концентрации дыма.

**Изложение основного материала**

В бассейне реки Дон продолжает наблюдаться удручающая картина – деградация малых и средних рек (рис. 1), протекающих в Воронежской области, которая выражается, прежде всего, зарастанием поймы тростниково-кустарниковой растительностью (тростник, осока, древовидные и кустарниковые ивы), заболачивание и в конечном итоге исчезновением.

Деградации реки, её зарастанию и заболачиванию способствует ряд факторов:

а) крайне тяжёлая антропогенная нагрузка на бассейн реки и непосредственно на реку – стоки от населённых пунктов выходят в реки, в большинстве своём недостаточно очищенные либо вообще не очищенные. Сельскохозяйственные поля в регионе возделываются практически полностью – исключены из сельскохозяйственного оборота только неудобья, земли населённых пунктов и объекты промышленной и транспортной инфраструктуры. Для повышения плодородия сельскохозяйственных культур вносятся различные биогенные удобрения – азотные, калийные, фосфорные. Как известно, значительная часть удобрений смывается поверхностным стоком в овражно-балочную сеть и вымывается в водоносные горизонты, воды которых также выклиниваются в реки. Накопление биогенных химических веществ в водных объектах приводит к сильному зарастанию пойменных участков рек.



Рис. 1. Река Битюг, пригород г. Боброва

б) географическая особенность Воронежской области. Практически все реки области впадают в Дон (либо непосредственно, либо являются реками-притоками рек, которые также впадают в Дон). Река Дон протекает с севера на юг по области, а впадающие реки подходят к главной реке условно перпендикулярно. Основные дороги по области пересекают как раз эти впадающие реки, поэтому в области масса мостовых переходов. Исходя из экономии средств мостостроители всячески заужают отверстия мостов. Таким образом поймы, достигающие по ширине часто нескольких километров, перегораживаются фактически дамбами (подъездными дорогами), а сами поймы в этих местах заболачиваются, что также способствует зарастанию пойм тростниково-кустарниковой растительностью.

в) огромное число гидротехнических сооружений (плотин) на постоянных и временных водотоках не даёт формироваться хорошей паводковой волне, что отрицательно сказывается на самоочистке рек от тростниково-кустарниковой растительности.

Эти основные факторы и являются причиной зарастания пойм. Населённые пункты исторически располагаются на берегах рек, часто вытягиваясь вдоль русел на многие километры. Население сёл и деревень, посёлков и городов начинает самостоятельно «очищать» поймы рек от тростниково-кустарниковой растительности, поджигая их либо весной сразу после схода снега, когда тростниковая прошлогодняя растительность ещё сухая либо в сентябре-октябре, когда эта растительность уже засохла. В результате пойменные пожары «бушуют» с завидным постоянством, иногда приводя к трагическим результатам – пожары заходят в населённые пункты.

Например, ровно из-за этого 14.04.2021 пойменный пожар перешёл в лесной, а затем, распространяясь по сухой пойменной траве на фоне сильного ветра, достиг села Мечётка Бобровского района. В селе сгорели крайние дома, расположенные вдоль левого берега Битюга: сгорело 12 строений, из них 8 жилых домов. К тушению привлекались 13 ед. пожарной техники, 42 пожарных. Превентивно для предотвращения возникновения ещё больших последствий и во избежание человеческих жертв село было отключено от газа на местном ГРП, эвакуировано до 50 жителей села; также были эвакуированы престарелые инвалиды из БУВО «Липовского дома-интерната для престарелых и инвалидов», расположенного с противоположной стороны реки Битюг (правый берег) в с. Липовка, также примыкающего к пойме реки.

Памятуя об этом случае правительство Воронежской области пошло на беспрецедентный шаг весной 2022 г. – ввело особый противопожарный режим в регионе уже с 1 апреля [1]. Такого раннего введения особого режима ещё никогда не было!

Интересен для рассмотрения по своим экологическим и социальным последствиям пойменный пожар, произошедший у Репного в пойме р. Усманка 08.09.2020 (рис. 2). В этот день пожар был «отработан» – локализован, угрозы населённому пункту не создавалось, а отдельные дымящие островки на пойме не вызвали озабоченности у пожарных. Но как оказалось позже ситуация вышла из-под контроля.



Рис. 2. Начало пойменного пожара на пойме р. Усманка, мкр. Репное г. Воронежа, 08.09.2020

24 сентября огонь вновь стал бушевать на пойме – опять загорелся камыш. Камышово-торфяной пожар распространился на площадь 5 га. В близлежащем районе, а это территория Воронежской агломерации, видимость на автодорогах уменьшилась до опасного уровня; в двух школах на один день из-за задымления были отменены занятия, что произошло впервые.

Губернатор Воронежской области вынуждено вмешался в ликвидацию торфяного пожара – была поставлена задача территориальной подсистеме РСЧС добиться полной ликвидации тления торфяных залежей. В результате чего Главное управление сосредоточило большие силы и средства пожарно-спасательных сил, были также привлечены поливомоечные машины для подвоза воды от коммунальной службы мэрии. Торфяной пожар был локализован до 2 га. На участке тушения торфяного пожара постоянно работала пожарно-насосная станция, которая подавала воду из реки Усманка на пожарище с производительностью 110 л/с. Одновременно в дневное время были задействованы до 15 единиц техники и до 70 человек. Только ценой больших усилий за неделю торфяной пожар был подавлен (рис. 3). По подсчётам пожарных на площадь горящего торфяника было вылиты более 100 тыс. м<sup>3</sup> воды! Это целый пруд!

Горение пойменных торфяников в Воронежской области возникает только при определённых погодных условиях. Такие условия складывались в 2010 г., сложились и в 2020 г. (табл.). Превышение среднемесячной температуры в течение июля, августа и сентября (соответственно на 0,8; 0,2 и 2,9 градуса!) и крайне малое выпадение осадков (соответственно 50 %, 13 % и 4 % от среднемесячной нормы!) привело к иссушению поймы, в результате чего камыш и трава на пойме стали крайне пожароопасными. Торфяник становится в таких условиях готовым к воспламенению и горизонтальному распространению в виду крайне слабого своего увлажнения.

Основными пожарными характеристиками торфа являются его теплотворная способность, а также коэффициент теплопроводности. Основными горючими материалами у торфов являются углерод (52÷56 % от общей массы) и водород (5÷6 % от общей массы), кроме того, в составе торфа имеется от 30 до 40 % атомов кислорода, связанного в молекулах

химических веществ, из которых состоит торф. Среднее значение величины теплотворной способности торфа, зависящей от его вида и степени разложения, равно 5500 ккал/кг [2].



Рис. 3. Этапы тушения торфяного пожара на пойме р. Усманка, мкр. Репное г. Воронежа, 26.09.2020

Таблица  
Погодные условия, сложившиеся в 2020 г. в сравнении с климатическими показателями (средние по месяцам и за год)

Месяц года	Фактическая t, °С	Норма t, °С	Фактически выпавшие осадки, мм	Норма осадков, мм
Январь	-0,4	-6,0	35	42
Февраль	-0,6	-5,7	79	39
Март	5,7	-0,3	20	38
Апрель	7,5	8,7	18	41
Май	13,4	15,5	75	48
Июнь	21,3	19,1	65	61
Июль	21,9	21,1	29	58
Август	20,1	19,9	7	52
Сентябрь	16,9	14,0	2	51
Октябрь	11,3	7,4	35	51
Ноябрь	1,6	0,4	53	43
Декабрь	-5,3	-4,3	30	48
Год	9,3	9,5	446	572

Горение торфяника обычно происходит в режиме «тления», т.е. в беспламенной фазе как за счёт кислорода, поступающего вместе с воздухом, так и за счёт его выделения при термическом разложении сгораемого материала. Хотя скорость продвижения кромки торфяного пожара составляет не более нескольких метров в сутки, они отличаются устойчивостью горения, которое при заглублинии на 1,0–1,5 м не могут ликвидировать даже большие дожди. Этому свидетельствует приведённая ликвидация пойменного торфяного пожара в мкр. Репное г. Воронежа в 2020 г.

Основные приёмы тушения торфяных пожаров изложены в Методическом пособии МЧС России [3]:

1) проливание торфа водой. При таком способе требуется как минимум  $1 \text{ м}^3$  воды на  $1 \text{ м}^2$  горячей площади торфяника; для лучшего промачивания залежи торфа рекомендуется добавлять в воду поверхностно-активные вещества (ПАВ);

2) при толщине торфяной залежи до 15 см целесообразно снятие грунта бульдозером с одновременной подачей воды;

3) при небольших очагах возможно эффективное применение «уколов» торфяными стволами типа ТС-1 и ТС-2 через  $30 \div 40$  см в 2 ряда вокруг очага пожара;

4) при залеже горящего торфа  $20 \div 25$  см возможен «навал» на него бульдозером (грейдером) мокрого или сильно влажного грунта (возможно самого же уже замоченного торфа);

5) целесообразна локализация площади развития торфяного пожара путём устройства канав шириной  $0,7 \div 1,0$  м и глубиной до минерального грунта.

Практически все способы тушения торфяных пожаров в той или иной мере применялись в Воронежской области в 2010 г. В 2020 г. основным способом был первый, что объясняется несложностью организации работ по тушению: вода использовалась прямо из реки Усманка, топливо поставлялось в неограниченном количестве в счёт оплаты из резервного фонда Правительства Воронежской области.

### **Выводы**

Торфяной пожар в сентябре 2020 г. лишней раз обозначил проблему обязательного 100 %-ого дотушивания пойменного пожара, иначе при неблагоприятных погодных условиях пожар уходит вглубь, становится торфяным. В условиях географической лесостепной и степной зон, в которых располагается Воронежская область, и правильной организации по предупреждению торфяных пожаров вполне можно добиться исключения загорания залежей торфяников в регионе, так как глубина таких залежей составляет  $1 \div 1,5$  м и самовозгораться такие торфяники не могут при любых погодных условиях.

### **Библиографический список**

1. Об установлении особого противопожарного режима на территории Воронежской области [Электронный ресурс] : Постановление Правительства Воронежской области № 148 от 18.03.2022 г. // МЧС России. Главное управление по Воронежской области : сайт. – Электрон. дан. – [б. м.]. – Режим доступа: [https://36.mchs.gov.ru/uploads/news/2022-03-23/osobyiy-protivopozharnyy-rezhim-v-voprosah-i-otvetah\\_16480360951202998414.pdf](https://36.mchs.gov.ru/uploads/news/2022-03-23/osobyiy-protivopozharnyy-rezhim-v-voprosah-i-otvetah_16480360951202998414.pdf). – Загл. с экрана.

2. Собина, В. А. Возникновение, развитие и опасность торфяных пожаров / В. А. Собина // Пожарная безопасность: проблемы и перспективы. – Харьков : Национальный университет гражданской защиты Украины, 2013. – № 1(4). – С.152–154.

3. Методическое пособие по организации и выполнению мероприятий по тушению и ликвидации последствий торфяных пожаров с привлечением сил и средств РСЧС различного уровня. МЧС России. – Москва : ФГБУ ВНИИПО МЧС России, 2016. – 81 с.

УДК 614.84

**ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ПИРОТЕХНИЧЕСКИХ НОЖНИЦ НП-4  
ПРИ ПРОВЕДЕНИИ АВАРИЙНО-СПАСАТЕЛЬНЫХ РАБОТ****PROSPECTS FOR THE USE OF PYROTECHNICS SCISSORS NP-4  
DURING EMERGENCY RESCUE OPERATIONS****Рассохин Максим Анатольевич**

Начальник факультета

*E-mail: Rassohin.maxim@mail.ru***Перевалов Андрей Сергеевич**

Канд. техн. наук, доцент

Начальник кафедры

*E-mail: pas\_ural@mail.ru***Арканов Петр Викторович**

Старший преподаватель

*E-mail: Uri.ppv@yandex.ru***Василевский Павел Владимирович**

Преподаватель

*E-mail: p.vasilevskiy@internet.ru*

Уральский институт ГПС МЧС России

*В статье рассматриваются возможности применения аварийно-спасательного инструмента, использующего пиротехнический принцип работы. Предлагаются варианты применения в процессе ликвидации чрезвычайных ситуаций.*

**Ключевые слова:** *аварийно-спасательный инструмент, пиротехнические ножницы.*

**Maxim Rassokhin**

Head of Faculty

*E-mail: Rassohin.maxim@mail.ru***Andrey Perevalov**

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Head of Department

*E-mail: pas\_ural@mail.ru***Petr Arkanov**

Senior Lecturer

*E-mail: Uri.ppv@yandex.ru***Pavel Vasilevskiy**

Lecturer

*E-mail: p.vasilevskiy@internet.ru*

Ural Institute of State Fire Service of EMERCOM of Russia

*The possibilities of using an emergency rescue tool using the pyrotechnic principle of operation are considered. Application options are offered in the process of emergency response.*

**Keywords:** *emergency rescue tool, pyrotechnic scissors.*

**Введение**

Одним из основных критериев оценки эффективности пожарно-спасательных подразделений является оперативность реагирования и, как следствие, снижение количества погибших в чрезвычайных ситуациях различного характера [1–3]. Анализ, проведенный авторами, показал, что наиболее распространенный аварийно-спасательный инструмент с гидравлическим приводом (ГАСИ) в ряде случаев не в состоянии обеспечить необходимую надежность и оперативность [4; 5].

Несмотря на значительные достоинства, существующий ГАСИ имеет ряд недостатков:

- зависимость от источника давления;
- привязка по температурному диапазону применения к типу используемой гидравлической жидкости;

- необходимость привлечения минимум двух спасателей при работе с инструментом;
- невозможность использования насосных станций с мотоприводом в местах с низкой концентрацией кислорода;
- значительное время на подготовку и выполнение операций и др.

Производители аварийно-спасательного инструмента (АСИ) постоянно совершенствуют имеющиеся образцы и создают новые, основанные на иных принципах работы. Одним из перспективных направлений развития АСИ является использование энергии пиротехнических составов для обеспечения работы исполнительных механизмов режущего инструмента [6; 7]. В качестве примера рассмотрим возможности пиротехнических ножниц НП-4 (далее ножницы) торговой марки «SAVETOOL».

### Изложение основного материала

Аварийно-спасательное устройство «Ножницы пиротехнические НП-4» являются автономным инструментом, использующим в качестве источника энергии патроны инструментальные типа ИП-54R (рис. 1). Данные свето-шумовые патроны находятся в свободной продаже на территории Российской Федерации, не требуют специальных условий хранения и разрешения на приобретение. Масса инструмента составляет  $16 \pm 10$  % кг, длина – 870 мм, ширина – 130 мм, высота – 173 мм.

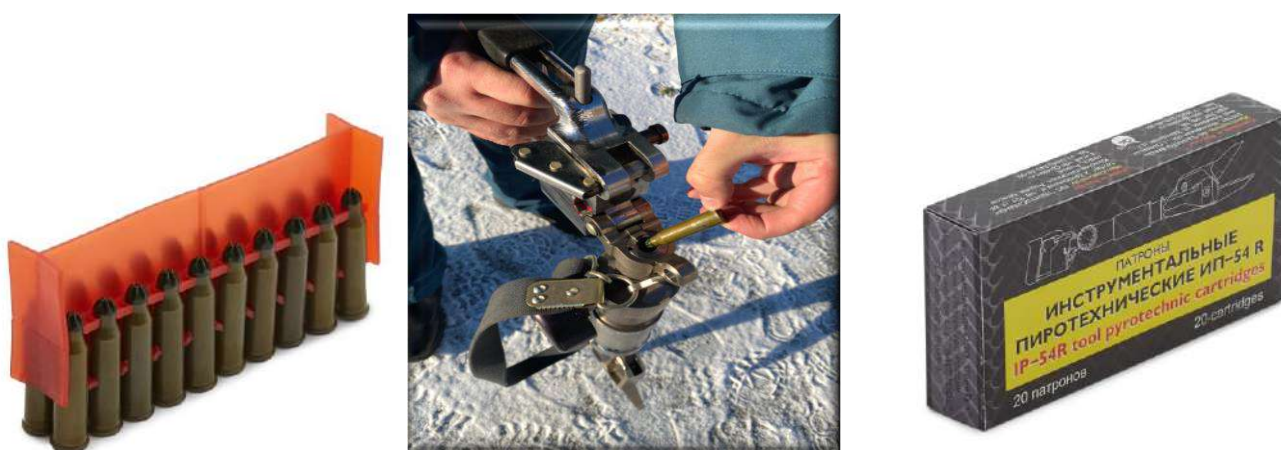


Рис. 1. Патроны инструментальные типа ИП-54R

Изделие поставляется и храниться в специальном кейсе, в состав комплекта входит кейс, ножницы, плечевой ремень, запас патронов, патронташ на 10 патронов, эксплуатационная документация, запасные части (рис. 2).



Рис. 2. Комплект поставки пиротехнических ножниц НП-4

В ходе опытной эксплуатации, проведенной сотрудниками факультета профессиональной подготовки Уральского института ГПС МЧС России, инструмент показал хорошие результаты по резке металлоконструкций различного профиля в различных погодных условиях. В частности, осуществлялась резка арматуры диаметром 22 мм, трубы диаметром 50 мм и толщиной стенки 4 мм.

Перерезание арматуры произведено за один рез, труба за два (рис. 3), перезарядка составляла от 3 до 5 сек. Температурный диапазон, в котором осуществлялась работ составлял от -25 градусов по Цельсию до +12, всего проведено 213 резов. Количество отказов за период опытной эксплуатации – 5. Проведен анализ причин отказов, изготовителю даны рекомендации по их устранению, на данный момент все указанные замечания устранены. Количество резов после устранения последнего составил 114 раз.



Рис. 3. Рез различных металлоконструкций пиротехническими ножницами НП-4

В процессе реализации разработанной программы опытной эксплуатации образца аварийно-спасательного инструмента проводились:

- оценка безопасности выполняемых работ;
- определение возможностей отделения, оснащенного ножницами и комплектом ГАСИ, по ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций на автомобильном транспорте;
- оценка заявленных тактико-технических характеристик;
- определение области применения ножниц в ходе ведения аварийно-спасательных работ;
- оценка применимости в ходе ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций на авиационном и железнодорожном транспорте.

#### **Выводы и перспективы дальнейших исследований**

Исходя из опыта эксплуатации были выделены следующие преимущества пиротехнических ножниц:

- возможность применения в условиях низкой концентрации кислорода, в условиях химического или радиационного заражения;
- быстрая подготовка к применению;
- автономность;
- возможность использования одним спасателем;
- широкий температурный диапазон применения;
- возможность дистанционного применения;
- высокая скорость и усилие реза.

Исходя из выделенных преимуществ дальнейшие исследования будут направлены на создание методик применения данного инструмента в ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций различного характера, а также рекомендаций на совершенствование ножниц.

**Библиографический список**

1. Масаев, В. Н. Определение критерия выбора аварийно-спасательного инструмента для проведения аварийно-спасательных работ при дорожно-транспортных происшествиях / В. Н. Масаев, Р. С. Бушуев // Сибирский пожарно-спасательный вестник. – 2017. – № 2(5). – С. 14–19.

2. Журавлев, Д. А. Анализ дорожно-транспортных происшествий и использования гидравлического аварийно-спасательного инструмента / Д. А. Журавлев, А. Б. Плаксицкий, А. М. Чуйков // Проблемы обеспечения безопасности при ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций. – 2017. – Т. 1. – С. 456–462.

3. Моисеев, Ю. Н. О работе спасателей с гидравлическими аварийно-спасательными инструментами [Электронный ресурс] / Ю. Н. Моисеев, А. Д. Семенов // Технологии техносферной безопасности : интернет-журнал. – 2011. – № 5(39). – С. 1–6. – Режим доступа: <http://agps-2006.narod.ru/ttb/2011-5/05-05-11.ttb.pdf>. – Загл. с экрана.

4. Семенов, А. Д. Оценка безотказности гидравлического аварийно-спасательного инструмента при эксплуатации по результатам гидравлических испытаний / А. Д. Семенов, Ю. Н. Моисеев, М. А. Колбашов // Современные проблемы гражданской защиты. – 2019. – № 4(33). – С. 94–101.

5. Причины поломки режущих кромок аварийно спасательного инструмента / А. Р. Дашевский, В. Е. Горский, Д. Н. Костылев, Т. Р. Асанов // Современные пожаробезопасные материалы и технологии : сб. материалов Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. Году культуры безопасности, Иваново, 19 сент. 2018 г. – Иваново : Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2018. – С. 246–249.

6. Шишелов, И. Н. Применение пиротехнического аварийно-спасательного инструмента в качестве рабочего оборудования на робототехнических средствах сверхлегкого класса / И. Н. Шишелов, К. М. Халеев // Применение робототехнических комплексов специального назначения : сб. трудов XXXI Междунар. науч.-практ. конф., Химки, 17 марта 2021 г. – Химки : Академия гражданской защиты МЧС России, 2021. – С. 132–136.

7. Терентьев, В. В. К вопросу о внедрении новых образцов пожарно-спасательной техники и оборудования в подразделения Федеральной противопожарной службы и спасательные воинские формирования МЧС России (на примере пиротехнических ножниц НП-4) / В. В. Терентьев, Л. Д. Ольшанский, А. Ю. Щербаков // Проблемы и пути совершенствования проведения аварийно-спасательных работ при ликвидации чрезвычайных ситуаций : сб. трудов секции №2 XXXII Междунар. науч.-практ. конф., Химки, 1 марта 2022 г. – Химки : Академия гражданской защиты МЧС России, 2022. – С. 109–116.

## РОЛЬ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА КОРРОЗИОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ В ПРОЦЕССЕ ВОЗГОРАНИЯ НЕФТЯНЫХ РЕЗЕРВУАРОВ

### THE ROLE OF THE CHEMICAL COMPOSITION OF CORROSIVE DEPOSITS IN THE PROCESS OF IGNITION OF OIL TANKS

**Реформатская Ирина Игоревна**

Д-р хим. наук, старший научный сотрудник  
Профессор  
E-mail: reformir@yandex.ru

**Ащеулова Ирина Ивановна**

Канд. хим. наук  
Доцент  
E-mail: irina\_ascheulova@mail.ru

**Петрилин Дмитрий Андреевич**

Адъюнкт  
E-mail: petrilind@mail.ru

**Бабурин Александр Владимирович**

Доцент  
E-mail: sumindao@mail.ru

ФГБОУ ВО «Академия Государственной  
противопожарной службы МЧС России»

*Аварийных выход резервуаров с сернистой нефтью из строя часто сопровождается возгоранием. Причиной этого является образование на внутренней поверхности многокомпонентных пористых отложений. В их состав входит продукт коррозии пирит, кристаллическая мелко-дисперсная сера и конденсат влаги. В присутствии влаги происходит разогрев пирофорных отложений с последующим возгоранием серы, пирофоров и нефти.*

**Ключевые слова:** нефть, пирофорные отложения, возгорание.

**Введение**

Износ оборудования резервуарных парков России и стран постсоветского пространства к настоящему времени достигает ~ 80 %. Это приводит к постоянному возникновению аварийных ситуаций, связанных с выходом нефтяных резервуаров из строя и часто сопровождающихся возникновением пожаров различной степени тяжести. Повышенной пожароопасностью обладают резервуары с сернистой нефтью вследствие высокой вероятности возгорания хранимого продукта. Причиной более, чем половины всех случаев

**Irina Reformatskaya**

Doctor of Chemical Sciences, Senior Researcher  
Professor  
E-mail: reformir@yandex.ru

**Irina Ascheulova**

Candidate of Chemical Sciences  
Associate Professor  
E-mail: irina\_ascheulova@mail.ru

**Dmitry Petrilin**

Adjunct  
E-mail: petrilind@mail.ru

**Alexander Baburin**

Associate Professor  
E-mail: sumindao@mail.ru

Academy of the State Fire Service  
EMERCOM of Russia

*Emergency failure of tanks with sulfurous oil is often accompanied by a fire. The reason for this is the formation of multicomponent porous deposits on the inner surface. They include a corrosion product pyrite, crystalline fine sulfur and moisture condensate. In the presence of moisture, pyrophoric deposits are heated, followed by the ignition of sulfur, pyrophores and oil.*

**Keywords:** oil, pyrophoric deposits, ignition.

возгорания, является процесс образования пирофорных коррозионных отложений на внутренней поверхности резервуаров, контактирующей с парогазовой фазой [1–4].

Пирофорная способность коррозионных отложений зависит от ряда факторов, к которым относится химический и фазовый состав отложений, качество хранимой нефти, состав парогазового пространства, толщина слоя отложений. Целью настоящей работы является исследование состава пирофорных коррозионных отложений, образующихся в парогазовой фазе нефтяных резервуаров, для разработки эффективных способов предотвращения возгорания резервуаров.

### Изложение основного материала

Исследовали состав и структуру отложений, образовавшихся в товарных и сырьевых резервуарах с сернистой нефтью, расположенных в Самарской области. В исходном виде отложения представляют собой плотные серовато-бурые слоистые образования толщиной 10 и более мм. В состав отложений входят маслянистые нефтепродукты, количество которых составляет от 10 до 95 масс.%. Большая часть нефтепродуктов сосредоточена на внешней (контактирующей с парогазовым пространством) части отложений. Оставшаяся после растворения нефтепродуктов внутренняя (прилегающая к стенке резервуара) часть отложений твердая, пористая и имеет темно бурую окраску с вкраплениями желтых кристаллов. Толщина нерастворимой части зависит от места отбора отложений и составляет до ~ 100 мм.

Методом оптической микроскопии показано, что в составе отложений по всей их толщине присутствуют множественные коричневые блестящие геометрически правильные кристаллы (рис.). Наряду с ними обнаружены и более мелкие кристаллические частицы желтого цвета. Анализ химического состава твердой части отложений, выполненный методом энергодисперсионного анализа на электронном микроскопе JSM-32 с энергодисперсионной приставкой Link, показал, что в их составе содержится ~ 16–50 ат.% Fe, ~ 50–95 ат.% S, небольшое количество кислорода (до нескольких процентов), а также следовые количества Ni, Mn, Mg, Al, Ca. Согласно данным энергодисперсионного анализа в составе желтых кристаллических частиц содержится ~ 95 ат.% серы. Во всех проанализированных отложениях соотношение содержания S/Fe превышает 2. Полученные результаты свидетельствуют о том, что в составе отложений присутствует две основные фазы – сульфиды железа максимально обогащенные серой и сера в индивидуальном состоянии.



Рис. Микрофотография отложений, образовавшихся на внутренней поверхности резервуара (сторона, прилегающая к металлу) x500

Кубическая форма блестящих кристаллов и их окраска позволяют предположить, что это сульфиды железа  $\text{FeS}_2$ , к которым относятся пирит или марказит [5; 6]. Сведения о свободных энергиях образования сульфидов (-38,3 Ккал/моль для пирита и -36,2 Ккал/моль для марказита) свидетельствуют в пользу пирита.

Таким образом, в составе отложений, образовавшихся на внутренней поверхности резервуаров с сернистой нефтью, контактирующей с парогазовой фазой, обнаружены следующие компоненты: пирит  $\text{FeS}_2$ , кристаллическая сера, фракции нефти различной плотности и конденсат влаги. Удельная поверхность твердой части отложений составляет  $1,5 \text{ м}^2/\text{см}^3$ , что с учетом плотности пирита –  $4,9\text{--}5,2 \text{ г}/\text{см}^3$ , свидетельствует об их высокой пористости.

На внутренней части отложений, прилегающей к поверхности металла, отчетливо видны участки различной высоты, причем рельеф поверхности металла и отложений совпадает. Это является подтверждением того, что основная – пиритная, часть отложений образуется в процессе коррозии, имеющей неравномерный характер.

Пирит  $\text{FeS}_2$  является основной фазовой составляющей отложений, формирующихся в естественной парогазовой среде, и его возгорание, которое происходит при температуре  $\sim 240 \text{ }^\circ\text{C}$  [7], считается наиболее часто встречающейся причиной пожаров нефтяных резервуаров, особенно при хранении сернистой нефти.

Однако обнаруженные в составе отложений кристаллы свободной серы представляют не меньшую опасность с точки зрения инициирования возгорания нефти. При нагревании на воздухе сера постепенно окисляется и воспламеняется при температуре  $\sim 250 \text{ }^\circ\text{C}$  (что существенно ниже температуры ее кипения). Микронные размеры кристаллов серы позволяют предположить, что их воспламенение происходит при еще более низкой температуре  $\sim 190 \text{ }^\circ\text{C}$ , характерной для возгорания аэрогеля [7].

Можно предположить, что возгорание нефти в резервуарах с сернистой нефтью происходит следующим образом. На внутренней поверхности резервуара, контактирующей с парогазовой фазой, одновременно протекают два независимых процесса – процесс коррозии с образованием пиритных коррозионных отложений  $\text{FeS}_2$ , и процесс образования свободной серы по схеме [8]:



Вследствие высокой пористости отложений их толща пронизана капиллярами, в которые проникает многофазная влага, состоящая из водного раствора и жидких фракций нефти. При протекании экзотермической реакции окисления железа толща отложений разогревается до температуры возгорания аэрогеля серы. Далее происходит возгорание пиритных отложений и возгорание нефти.

### **Выводы и перспективы дальнейших исследований**

Таким образом, возгорание резервуаров с сернистой нефтью происходит вследствие образования отложений, в состав которых входит пирит, кристаллическая сера и конденсат влаги. Необходимым условием возгорания является наличие всех трех составляющих.

### **Библиографический список**

1. Бейлин, Ю. А. Коррозионные пиритные отложения как промоторы самовозгорания резервуаров с сернистой нефтью / Ю. А. Бейлин, Л. А. Нисельсон, И. Р. Бегишев, Л. И. Филимонов, А. Н. Подобаев, И. И. Ащеулова, И. И. Реформатская // Защита металлов. – 2007. – Т. 43. – № 3. – С. 290–295.
2. Нисельсон, Л. Н. Проблема самовозгорания пиритных отложений в резервуарах с сернистой нефтью. Пути ее решения / Л. Н. Нисельсон, И. Р. Бегишев, Б. А. Шишканов, А. К. Раптанов, И. И. Ащеулова, А. Н. Подобаев, И. И. Реформатская // Практика противокоррозионной защиты. – 2008. – № 4(50). – С. 8–18.

3. Крикунов, А. А. Об обеспечении пожарной и экологической безопасности резервуарных парков с сернистой нефтью / А. А. Крикунов, А. Б. Ленский, И. Р. Бегишев, А. С. Андросов, И. И. Реформатская, Б. А. Шишканов // Технические газы. – 2012. – № 1. – С. 62–67.

4. Бегишев, И. Р. Коррозия внутренней поверхности резервуаров с сернистой нефтью и пиррофорные свойства образующихся отложений / И. Р. Бегишев, И. И. Реформатская, А. Н. Подобаев, И. И. Ащеулова // Практика противокоррозионной защиты. – 2020. – Т. 25. – № 1. – С. 44–50.

5. Воган, Д. Химия сульфидных минералов / Д. Воган, Дж. Крейг. – Москва : Мир. – 1981. – 576 с.

6. Berner, R. A. Thermodynamic stability of sedimentary iron sulfides / R. A. Berner // American J. of Sci. – 1967. – V. 265. – P. 773.

7. Андросов, А. С. Влияние состава атмосферы на самовозгорание пиррофорных отложений, образовавшихся в резервуарах с сернистой нефтью / А. С. Андросов, А. К. Беликов, И. Р. Бегишев, П. В. Комраков // Пожаровзрывобезопасность технологических процессов и оборудования. – 2014. – Т. 23. – № 11. – С. 61–65.

8. Подобаев, Н. И. Кинетика электродных процессов на железе и пирите в водном и неводных хлоридных растворах в присутствии сероводорода и серы / Н. И. Подобаев, А. Н. Козлов // Защита металлов. – 1987. – Т. 23. – № 6. – С. 648.

УДК 614.842.611

**ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ РАЗЛИЧНЫХ КОМПОНЕНТОВ ОГнетушащих порошков****PROSPECTS FOR THE DEVELOPMENT OF THE FIRE EXTINGUISHING ORGANIZATION IN HIGH-RISE BUILDINGS****Рубан Артём Сергеевич**

Студент

E-mail: artem\_ruban\_2003@mail.ru

**Мнускина Юлия Владимировна**

Канд. хим. наук, доцент

Доцент

ГБОУ ВО «АГЗ МЧС ДНР»

*В статье рассмотрены область применения и классификация огнетушащих порошков, проанализировано назначение компонентов в их составе, приведены примеры конкретных веществ, применяемых как компоненты огнетушащих порошков. Проанализирована возможность применения многоцелевых компонентов огнетушащих порошков.*

**Ключевые слова:** огнетушащий порошок, антиоксидант, минеральные соли, ингибитор, гидрофобизатор, текучесть.

**Введение**

Порошковое пожаротушение – тушение пожара огнетушащим порошковым составом, как правило, на основе неорганических солей.

Порошки – универсальное эффективное средство тушения всех видов пожаров, а для класса D – единственное, что делает в ряде случаев их использование незаменимым не только в цехах промышленных производств, но и на объектах инженерной инфраструктуры, складского, общественного назначения, транспорте.

Вследствие широкого использования специальных веществ и материалов в промышленности, с середины XX века начала стремительно развиваться технология порошкового пожаротушения.

**Изложение основного материала**

Выделяют две группы огнетушащих порошков: порошки общего и специального назначения [1]. Порошки общего назначения используют для тушения очагов возгорания твердых горючих материалов, жидкостей и плавящихся веществ, газов. Огнетушащий порошок общего назначения эффективен для ликвидации очагов возгораний классов А, В, С, Е, но для тушения пожара класса D не предназначен. Применяется путем создания облака

**Artem Ruban**

Student

E-mail: artem\_ruban\_2003@mail.ru

**Yulia Mnuskina**

Candidate of Chemical al Sciences, Associate Professor

Associate Professor

The Civil Defence Academy of EMERCOM of the DPR

*The scope and classification of extinguishing powders have considered. The purpose of the components in powder composition have been analysed. The examples of specific substances used as components of fire extinguishing powders have been provided. The possibility of using multi-purpose components of fire extinguishing powders is analysed.*

**Keywords:** fire extinguishing powder, antioxidant, mineral salts, inhibitor, water repellent, fluidity.

порошка, окутывающего очаг пожара, т.е. объемным способом. Огнетушащие порошки специального назначения используются в качестве огнегасящего агента в ручных переносных передвижных устройствах, стационарных системах пожаротушения исключительно металлов, их соединений; а также газов, горючих жидкостей, ЛВЖ; электрооборудования под напряжением. Такие специальные порошки применяют поверхностным способом тушения пожара, изолируя горящую поверхность от контакта с кислородом.

Так называемые взрывоподавляющие порошки предназначены для предотвращения и локализации взрывов горючих газов и пыли на промышленных объектах. Основная область применения – снаряжение систем автоматической взрывозащиты. В угольных шахтах у таких порошков есть еще несколько специфических областей применения, связанных с опасностью взрыва при ведении в шахте взрывных работ.

Классифицируют огнетушащие порошки на типы в зависимости от классов пожара, которые они способны эффективно ликвидировать или локализовать, что выражается в различной товарной маркировке:

АВСЕ – для ликвидации всех классов возгораний, включая горение включенного в сеть электрооборудования (основной активный компонент – фосфорно-аммонийные соли);

ВСЕ – для подавления очагов горения жидкостей, газообразных веществ, работающих электроустановок (основной активный компонент – гидрокарбонат натрия или калия; сульфат калия; хлорид калия; смесь мочевины с солями угольной кислоты и т.д.);

ВС – для тушения ЛВЖ, ГЖ, горючих газов;

АВС – то же, а также твердых горючих материалов, в т.ч. горючей упаковки;

D – для тушения горящих металлов (основной компонент – хлорид калия, графит и т.д.).

К важным характеристикам, касающимся огнетушащей способности, эффективности использования порошков в устройствах, установках, системах локализации, ликвидации очагов пламени; при длительном хранении, в т.ч. как запаса для перезарядки огнетушителей, модулей пожаротушения, восполнения объема в установках относят [2]:

– текучесть, что обеспечивает расход массы порошка через отверстия элементов оборудования пожаротушения под давлением выталкивающего агента в единицу времени. Это параметр не должен быть меньше 0,28 кг/с, а остаточная масса внутри устройства – огнетушителя, модуля, расходной емкости порошковой установки АУПТ не должна превысить 10 % от начального веса огнетушащего вещества;

– пробивное диэлектрическое напряжение, которым считается минимальное напряжение электрического тока, что приводит к пробое через диэлектрик; в данном случае подаваемый на тушение порошок. Для порошков, предназначенных для ликвидации пожаров класса Е – в электроустановках, оно должно составлять не менее 5 кВ;

– кажущаяся плотность, которая определяется отношением массы порошка к объему, что он занимает. Этот показатель должен быть для неуплотненного порошка – не менее 700 кг/м<sup>3</sup>, для уплотненного – не менее 1000 кг/м<sup>3</sup>;

– способность к водоотталкиванию – порошки не должны полностью впитывать капли воды в течение не менее 2 часов;

– склонность к поглощению влаги при длительных неблагоприятных условиях хранения – прирост массы порошка не больше 3 %;

– массовая доля влаги, которая не должна превышать 0,35 %;

– склонность к слеживанию (слеживание – физический процесс, приводящий к слипанию порошка в комки или сплошной массив, под любым внешним воздействием, включая перепады температуры, влажность воздушной среды) – общий вес комков, конгломератов порошка не должен быть больше 2 % от всей массы;

– срок сохраняемости, определяемый календарной продолжительностью хранения в заводской упаковке без изменения параметров качества, что указаны в нормах сопроводительной технической документации компании производителя; но не меньше 5 лет.

Существенно влияние на огнетушащую способность порошков общего назначения размера частиц: чем тоньше помол огнетушащего вещества, тем выше его эффективность (для специальных порошков такой зависимости не существует) [3].

Порошок в огнетушителе состоит из следующих ингредиентов:

- огнетушащая основа, которая составляет до 95 % массы порошка;
- гидрофобизаторы;
- антиоксиданты, предотвращающие окисление порошка, и другие специальные добавки, необходимые для повышения текучести готовой сухой смеси и т.д.

Огнетушащую основу составляют тонкие помолы минеральных солей, других негорючих материалов и веществ:

- фосфорно-калийных, фосфорно-аммонийных солей, например,  $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ ,  $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ ;
- карбонатов и гидрокарбонатов щелочных металлов  $\text{NaHCO}_3$ ,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{KHCO}_3$ ,  $\text{K}_2\text{CO}_3$ ;
- хлоридов щелочных металлов.  $\text{NaCl}$ ,  $\text{LiCl}$ ,  $\text{KCl}$  (в том числе для огнетушащих порошков специального назначения);
- силикагеля, других кремнийорганических соединений, в том числе с наполнением хладамонами.

Например, наиболее широко распространены порошки на основе гидрокарбоната натрия  $\text{NaHCO}_3$ . Они более других устойчивы против слеживания и обладают хорошими эксплуатационными свойствами. Широко применяют порошки на основе фосфорно-аммонийных солей. К их достоинствам относят тушение тлеющих материалов.

В качестве гидрофобизаторов обычно используют стеараты металлов, например,  $\text{C}_{17}\text{H}_{35}\text{COOK}$ ,  $(\text{C}_{17}\text{H}_{35}\text{COO})_2\text{Ca}$ ,  $(\text{C}_{17}\text{H}_{35}\text{COO})_2\text{Mg}$ ,  $(\text{C}_{17}\text{H}_{35}\text{COO})_3\text{Al}$ ; аэросил  $\text{SiO}_2$ , в том числе с добавками дихлордиметилсилана  $(\text{CH}_3)_2\text{Cl}_2\text{Si}$ ; триалкилфосфаты общей формулы  $\text{R}_3\text{PO}_4$ , где R-углеводородный радикал, например, трибутилфосфат  $(\text{C}_4\text{H}_9)_3\text{PO}_4$ .

Для придания огнетушащим и взрывоподавляющим порошкам гидрофобных свойств поверхность частиц покрывается либо аэросилом, модифицированным диметилдихлорсиланом: АМ-1-300 и АМ-1-175, либо различными кремнийорганическими жидкостями – ГКЖ-10, ГКЖ-94 и др. [4]. Механизм действия гидрофобизаторов состоит в том, что они, образуя на поверхности сетчатую защитную плёнку, блокируют активные поверхностные центры, затрудняя тем самым сорбцию паров воды и адгезию частиц, ведущие к слеживанию.

В качестве наполнителей, улучшающих текучесть порошков и предотвращающих их комкование и слеживание, используют, например, нефелиновый концентрат  $\text{Na}_2\text{O}(\text{K}_2\text{O})\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot 2\text{SiO}_2$ , тальк  $3\text{MgO}\cdot 4\text{SiO}_2\cdot \text{H}_2\text{O}$ , слюду  $\text{KAl}_2(\text{AlSi}_3\text{O}_{10})(\text{OH})_2$ , порошкообразный графит.

Согласно ГОСТ 53280.4-2009 минеральные компоненты, специальные добавки, входящие в рецептуру огнетушащих порошков, должны соответствовать с отклонениями не больше 5–10 % от массового состава по техническим условиям компаний производителей [5]. При этом не допускается совместное использование в одном составе бикарбонатов и фосфорно-аммониевых солей; также необходимо указывать содержание хлоридов при их использовании в рецептуре.

Порошок ПСБ на основе гидрокарбоната натрия обладает хорошими эксплуатационными свойствами, имеет низкую стоимость, его компоненты широко доступны. Порошок ПСБ предназначен для тушения пожаров классов В, С, Е; его успешно применяют для тушения загорания сжиженных газов, нефтепродуктов, спиртов и других полярных ГЖ, которые плохо тушатся пенами. В настоящее время промышленность выпускает третью модификацию – ПСБ-3 (состав: гидрокарбонат натрия, аэросил и нефелиновый концентрат), отличающуюся более высокой дисперсностью и, как следствие, повышенной огнетушащей способностью.

Порошок ПС предназначен для тушения пожаров щелочных металлов. Было разработано несколько его модификаций, отличающихся химическим составом, дисперсностью и другими свойствами. Последняя модификация порошка ПС включает, помимо карбоната натрия, добавки стеарата металла и графита. Порошок ПС тонет в расплавленном металле, вследствие чего его расход на тушение резко возрастает. При необходимости можно использовать для тушения пожаров классов В, С, Е.

Порошок ПФ на основе диаммонийфосфата  $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ , предназначен для тушения пожаров классов А, В, С, Е. Эффект тушения порошком связан не только с ингибированием пламени, но и со способностью образовывать под действием высоких температур на тлеющей поверхности вязкую плёнку полифосфатов, которая изолирует материал от воздуха. Порошок ПФ также включает в себя аэросил и нефелиновый концентрат, улучшающий текучесть порошка.

Основной компонент порошка П-1А – диаммонийфосфат  $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$  – является сравнительно дефицитным материалом. К достоинствам фосфорно-аммонийных порошков относится возможность тушения ими загоревшегося магния и некоторых других материалов и изделий из них.

Порошок СИ-2 состоит из крупнопористого силикагеля, насыщенного хладоном-114В2, предназначен для тушения пожаров, связанных с горением алюмоорганических соединений, пирофорных материалов и т.д. До настоящего времени этот порошок – единственное средство тушения пожаров концентрированных растворов триэтилалюминия  $(\text{C}_2\text{H}_5)_3\text{Al}$ , триизобутилалюминия  $(\text{C}_4\text{H}_9)_3\text{Al}$ , диэтилалюминийхлорида  $(\text{C}_2\text{H}_5)_2\text{AlCl}$  и подобных веществ, характеризующихся отрицательными температурами самовоспламенения. К недостаткам порошка СИ-2 относятся способность тонуть в горючих жидкостях и, как следствие, большой расход порошка на тушение при увеличении толщины слоя горячей жидкости; постепенное улетучивание хладона из состава, в связи с чем требуется хорошая герметизация оборудования для хранения и применения порошка и периодический контроль за содержанием хладона, высокая стоимость и дефицит хладона-114В2. Позднее было предложено заменить силикагель перлитом (после обжига). При этом снизился расход хладона и новый состав не тонул в жидкостях, для тушения которых был предназначен.

Порошок ПГС создан на основе хлоридов щелочных металлов. Он обладает высокой ингибирующей способностью. Особенно привлекает возможность создания универсальных средств пожаротушения, успешно применяющихся для тушения пожаров не только обычных материалов, но и класса D.

Порошок МГС на основе графита предназначен для тушения загораний натрия и отличается уникальной огнетушащей способностью, на один-два порядка превышающий эффективность обычных средств тушения загоревшегося натрия (порошки ПС, ПГС).

Состав порошка РС представляет собой специально обработанный графит, отличительной особенностью которого является способность расширяться при нагревании (увеличение в объёме в 70...100 раз).

Разработка новых составов огнетушащих порошков является актуальной задачей. Целью получения новых составов является решение различных технических задач: повышение огнетушащей способности, улучшение потребительских характеристик, получение продукта, применимого для тушения в бытовых помещениях и местах массового скопления людей, уменьшение трудоёмкости получения огнетушащего порошка, расширение ассортимента доступных материалов, используемых в качестве активных компонентов огнетушащих порошковых составов, и т.д.

Например, в [6] вследствие использования в составе высокодисперсного аммофоса (не менее 70 % аммофоса имеет размер частиц менее 50 мкм и не более 30 % – размер частиц 50–100 мкм) в количестве 40–65 %, каолино-шамота с размером частиц менее 150 мкм (0,5–10 %), высокодисперсного гидрофобного диоксида кремния в количестве 0,5–5 % и нерастворимого в воде минерала или смеси минералов с истинной плотностью  $2,8 \text{ г/см}^3$  и размером частиц менее 150 мкм достигается повышение пробивного напряжения и огнетушащей способности при тушении пожаров класса В, снижение стоимости порошка. Изобретение может быть использовано для тушения пожаров тлеющих материалов (пожары класса А), легковоспламеняющихся жидкостей (пожаров класса В) и горючих газов (пожаров классов С), а также электроустановок, находящихся под напряжением.

Уменьшить трудоемкость получения огнетушащего порошка, соответствующего всем требованиям ГОСТ Р 53280.4-2009, снизить материальные и энергозатраты позволяет многоцелевой огнетушащий порошок для тушения пожаров класса А, В, С и Е [6], в котором в качестве основного компонента (55–62 %) используют аммофос, сульфат аммония или минеральную соль (концентрат) галит, в качестве целевого наполнителя (30–37,5 %) – апатитовый концентрат, или талькомагнезит, или фосфорит, или кварцевый песок, а в качестве гидрофобизирующей добавки (2–10 %) используют микрокремнезем марки МК-85, предварительно обработанный гидрофобизирующей жидкостью.

Достаточно распространены порошки на основе кристаллогидрата карбоната натрия  $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ , например, [7], где предлагается состав с этим активным компонентом в количестве от 47,4 % до 61,4 % с содержанием кристаллизационной воды от 1 % до 16 %. К недостаткам таких огнетушащих порошковых составов относят, во-первых, низкое содержание кристаллогидратной воды (это снижает теплопоглощающую способность порошка, делает его нестабильным во времени и в конечном счете отрицательно влияет на огнетушащую способность порошкового состава); во-вторых, его высокая гигроскопичность. Составы, содержащие в качестве активных тушащих компонентов гигроскопичные неорганические соли, склонны к слеживанию вследствие переменной влажности окружающей среды, возникающей при изменении температуры даже в герметически закрытых емкостях. Это приводит к ухудшению текучести, следовательно, к ухудшению огнетушащих свойств порошков. Такие огнетушащие порошки требуют включения в них в большом количестве добавок, предохраняющих их от слеживания и повышающих их устойчивость в процессе хранения, а также добавок, повышающих текучесть порошков. Однако введение добавок в состав огнетушащего порошка снижает огнетушащую способность порошка вследствие уменьшения содержания активного компонента в нем.

Предложено техническое решение [8], которое может быть использовано для снаряжения автоматической взрывозащиты (АВЗ) и прочего оборудования – порошковых автомобилей, стационарных порошковых установок, передвижных и ручных огнетушителей. Огнетушащий порошковый состав отличается тем, что предлагается использовать нерастворимые в воде кристаллогидраты неорганических солей:  $\text{MgCl}_2 \cdot 5\text{Mg}(\text{OH})_2 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{MgNH}_4\text{PO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{Mg}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot 22\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{MgCO}_3 \cdot \text{Mg}(\text{OH})_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{CaCl}_2 \cdot 3\text{Ca}(\text{OH})_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 6\text{Ca}(\text{OH})_2 \cdot 26\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SO}_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ .

Применение в качестве активного тушащего компонента смеси кристаллогидратов позволяет получить следующий технический эффект:

– увеличивается огнетушащая эффективность порошка за счет оптимизации температурного интервала поглощения тепла и за счет повышения теплопоглощающей способности до величины, практически не отличающейся от теплоты испарения воды;

– увеличивается огнетушащая способность порошка за счет уменьшения концентрации кислорода в зоне горения вследствие разбавления водяным паром, образующимся при термической дегидратации кристаллогидратов;

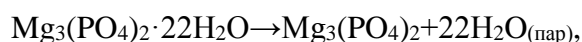
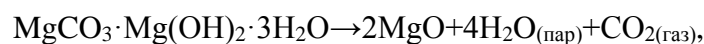
– увеличивается огнетушащая эффективность порошка вследствие негигроскопичности активного компонента, в результате чего достигается постоянство качества огнетушащего порошка при длительном хранении;

– увеличивается огнетушащая способность огнетушащего порошкового состава за счет увеличения доли активного тушащего компонента и уменьшения количества добавок, предохраняющих порошок от слеживания и повышающих их устойчивость в процессе хранения, а также добавок, увеличивающих текучесть порошков (это позволяет уменьшить затраты, связанные с подготовкой добавок, упростить технологический процесс, удешевить процесс производства и снизить стоимость порошка);

– дополнительно снижается стоимость огнетушащих порошков вследствие включения в их состав самого дешевого и доступного реактива – воды;

– расширяется ассортимент веществ, применяемых в качестве активного компонента для получения огнетушащих порошков.

Термическое разложение кристаллогидратов происходит при высоких температурах с образованием водяного пара и газообразного аммиака или диоксида углерода в соответствии с уравнениями реакций:



и с поглощением тепла (для некоторых соединений тепловой эффект реакции превышает 2100 кДж/кг кристаллогидрата). При протекании этих химических процессов снижается температура в зоне горения и образуется большой объем газообразных продуктов (например, у  $\text{Mg}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot 22\text{H}_2\text{O}$  объем водяного пара может достигать 700 дм<sup>3</sup> при н.у. на 1 кг огнетушащего порошка), вследствие уменьшается концентрация кислорода в этой зоне. Все это обеспечивает высокую эффективность тушения.

Побочным свойством порошковых составов является их токсичность для человека, что ограничивает область их применения. Недостатком огнетушащего порошка, содержащего до 40 % сульфата аммония  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ , до 40 % фосфата аммония  $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ , 10 % хлорида калия  $\text{KCl}$ , 10 % талька  $(\text{Mg}_3[\text{Si}_4\text{O}_{10}](\text{OH})_2)$ , 2 % ортофосфата кальция  $(\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2)$  и 1 % гидрофобной добавки  $(\text{C}_{36}\text{H}_{70}\text{O}_4(\text{Me})_x)$  [9] является его неадаптированность к бытовым условиям вследствие образования токсичных газов. Кроме того, недостаточна его способность ингибировать возгорание за счет термического механизма подавления пламени.

В порошковом составе [10], предназначенного для тушения пожаров классов А, В и содержащего 13,5–35,0 % хлоридов калия или натрия, 1,0–5,0 % антислеживающих добавок, 0,5–7,0 % добавок по текучести, а также фосфаты аммония, используется несколько добавок, каждая из которых обеспечивает улучшение только одной из эксплуатационных характеристик. Кроме того, ингибирующий механизм пожаротушения такого порошка реализуется преимущественно по гетерогенному химическому механизму, а термический механизм ингибирования пламени не реализуется. Кроме того, порошок не адаптирован для пожаротушения в бытовых помещениях и местах массового скопления людей.

[11] позволяет получить огнетушащий порошок, применение которого возможно (с точки зрения токсичности) для тушения в бытовых помещениях и местах массового скопления людей, обладающий повышенной ингибирующей способностью и высокой огнетушащей способностью. Огнетушащий порошок содержит хлорид калия (30,0–35,0 %), фосфаты аммония (50,0–60,0 %) и целевую добавку (10,0–15,0 %), в качестве которой предлагается использовать синтетический минеральный сплав из 50–55 % оксида кремния  $\text{SiO}_2$ , 12–13 % оксида алюминия  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , 9–12 % оксида кальция  $\text{CaO}$ , 4–6 % оксида железа(II)  $\text{FeO}$ , 3–5 % оксида железа(III)  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , 4–7 % оксида магния  $\text{MgO}$ , 3–3,5 % оксида калия  $\text{K}_2\text{O}$  и/или оксида натрия  $\text{Na}_2\text{O}$ , 5–7 % оксида хрома(III)  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ .

За счет использования синтетического минерального сплава фракционного состава от 40 до 50 мкм – 45–55 % и от 20 до 40 мкм – 45–55 % обеспечивается эффективность пожаротушения (увеличивается ингибирующая способность порошка за счет увеличения суммарной поверхности частиц) и одновременное улучшение текучести порошка и его неслеживаемость. Параметр текучести полученного порошка составляет 0,35 кг/с, водопоглощение – до 0,05 %.

Благодаря использованию в [12] в качестве добавки мусковита с размером частиц не более 10 мкм, обладающего высокой влагостойкостью и являющегося одним из лучших электроизоляционных материалов, огнетушащий порошок (содержит хлорид калия 93,8–96,0 %, мусковит 3,5–5 %, в качестве гидрофобизатора алкилгалоидсилановую жидкость – метилтрихлорсилан 0,07 %) имеет низкую слеживаемость и эффективен при

тушении электроустановок, находящихся под напряжением до 5000 В и выше. Состав может быть использован при тушении пожаров классов А2, В, С, Д.

Наиболее близким по составу и назначению (порошок используют для тушения пожаров классов А2, В, С, Д, Е) является огнетушащий порошок, содержащий 93,8–96,0 % хлорида калия, 3,5–5,0 % белой сажи, 0,5–1,2 % алкилгалоидсилановой жидкости (метилтрихлорсилана) [13]. Недостатком является использование белой сажи, влажность которой по ТУ 6-18-184-87 или ГОСТ 18307-78 может достигать 6,5 %, что требует дополнительной сушки. Белая сажа быстро набирает влагу, что сказывается на слеживаемости порошка в процессе хранения, а в дальнейшем – на его текучести.

Применение в качестве технологической добавки мусковита – разновидности природного минерала слюды – с размером частиц не более 10 мкм для обеспечения удельной поверхности порошкового состава не менее 3000 см<sup>2</sup>/г позволяет избавиться от этого недостатка [12]. Мусковит известен как один из лучших электроизоляционных материалов. Пробивное напряжение мусковита при толщине слоя 20 мкм составляет 4,0 кВ, при толщине 50 мкм – 5,0 кВ. Удельное объемное сопротивление мусковита при 20 °С составляет 10<sup>14</sup>–10<sup>16</sup> Ом·см. Также мусковит обладает высокой влагостойкостью. Его влажность не превышает 1 %, в связи с чем процесс его сушки не требуется. Содержание мусковита должно составлять не менее 3,5 % для обеспечения требуемой текучести и не более 5 % для обеспечения требуемой насыпной плотности порошкового состава. Приемлемая текучесть обеспечивается хорошей сыпучестью порошка.

Состав [14] для тушения пожаров классов А, В, С, Е, имеет ряд преимуществ, а именно повышение огнетушащей способности порошкового состава (вследствие повышения объемной концентрации частиц) при тушении как в помещениях, так и на открытом воздухе, улучшение потребительских характеристик (понижение влагопоглощения и слеживаемости, повышение текучести), а также расширение ассортимента доступных материалов, используемых в качестве активных компонентов огнетушащих порошковых составов. Основное вещество – галит марки А (24–32 %), образующийся в результате переработки калийных руд, состоит в основном из хлорида натрия, но обладают рядом преимуществ перед природным минералом галит и перед синтетическим хлоридом натрия, а именно в нем присутствуют в достаточном количестве хлориды калия и хлориды других щелочных и щелочноземельных металлов, они имеют уменьшенную коррозионную активность, низкую стоимость, доступность материала. В качестве добавки, снижающей слеживаемость и улучшающей текучесть, используется фосфогипс (56–62 %) – побочный продукт производства химических предприятий при получении фосфорных удобрений по кислотному типу – в своем составе содержит более 90 % кристаллогидратов CaSO<sub>4</sub>·2H<sub>2</sub>O, обеспечивает высокую антислеживаемость, текучесть и является легко диспергируемым, высокодисперсным компонентом в составе рассматриваемого порошкового огнетушащего состава. Аммофос (5–15 %) (гидро- и дигидрофосфаты аммония) – обеспечивает создание сплошной защитной пленки на поверхности горящего объекта, обеспечивает тушение по механизму изоляции пожаров класса А. Также состав включает гидрофобизатор стеарат кальция (0,9–4,5 %) и высоко дисперсный аморфный диоксид кремния 0,1–0,5 % (в сочетании с фосфогипсом указанное количество высокодисперсного аморфного диоксида кремния Е551 обеспечивает высокую текучесть порошка, уменьшает его показатель слеживаемости и увеличивает срок сохранности).

Огнетушащий порошковый состав [15] включает 30–45 % карбоната кальция, 6–10 % диоксида кремния (аэросил), дополнительно содержит 40–45 % карбоната цинка, 8–10 % оксида алюминия, 1–5 % углерода в виде высокодисперсного коллоидного графита. Карбонат кальция (тонко измельченный мрамор) при высокой температуре в присутствии графита в результате окислительно-восстановительной реакции с оксидом кремния образует нерастворимый силикат кальция, изолирующий поверхность горючего материала от доступа кислорода. При избыточном количестве карбоната кальция также выделяется свободный

оксид углерода(IV), оказывающий флегматизирующий эффект. Аналогично карбонату кальция реагирует карбонат цинка. При температуре 300 °С он разлагается с образованием флегматизатора – оксида углерода(IV), а образовавшийся при этом оксид цинка взаимодействует с оксидом кремния(IV), превращаясь в труднорастворимый силикат цинка. Процессы разложения карбонатов кальция и цинка эндотермические, т.е. охлаждают зону горения. Оксид алюминия выполняет две функции: в его присутствии снижается слеживание исходной смеси за счет опудривания состава, а при температуре пожара амфотерный оксид алюминия взаимодействует с кислотным диоксидом кремния с образованием силиката алюминия, обеспечивающего аналогично силикатам кальция и цинка необходимую текучесть в зоне пожара.

Таким образом, достоинства предлагаемого состава таковы:

- высокая огнетушащая способность;
- обеспечение разрыва реакционных цепей в зоне пламени, а также низкий уровень слеживания;
- в зоне горения проявляется эффект коалесценции (образование сплошной пленки на поверхности горящего материала) в отсутствии водных растворов;
- универсальность применения, так как порошки подавляют горение материалов, которые невозможно тушить водой и другими веществами (например, металлы и некоторые металлосодержащие соединения);
- высокая флегматизирующая способность и подавление взрыва.
- способствует упрощению технологии производства, так как не требуется дополнительного измельчения материалов.

Порошок может применяться для тушения твердых горючих веществ и материалов, а также жидких и газообразных веществ как в закрытых пространствах, так и на открытом воздухе и обеспечивать эффективное тушение пожаров классов А, В, С, D.

К достоинствам применения огнетушащих порошков относят универсальность, позволяющая использовать порошок в тушении всех видов пожаров; способность тушения специальных веществ, таких, например, как горящий натрий; доступность; удобство хранения и использования. В то же время следует отметить и ряд недостатков:

- использование порошков в помещении для тушения очагов возгорания значительно снижает уровень видимости;
- порошки загрязняют поверхности предметов, стен, пол и потолок помещения и не могут использоваться в зданиях и сооружениях библиотек, архивов, музеев, квартирах и пр.;
- имеют невысокие тушащие характеристики для горящих твердых поверхностей с большим количеством пустот и неровностей;
- использование порошковых огнетушителей для локализации возгорания в салонах автомобилей требует полного заполнения внутреннего пространства тушащим веществом.

### **Выводы и перспективы дальнейших исследований**

Таким образом, основой огнетушащих и взрывоподавляющих порошков являются, как правило, различные соли (фосфаты калия, фосфаты аммония, карбонаты, хлориды щелочных металлов и т.п.), которые дополняются антиоксидантами, гидрофобизаторами и другими специальными добавками.

Например, наиболее широко распространенные порошки на основе гидрокарбоната натрия более других устойчивы против слеживания и обладают хорошими эксплуатационными свойствами. К достоинствам порошков на основе фосфорно-аммонийных солей относят тушение тлеющих материалов, загоревшегося магния. Кроме того, порошки на основе диаммонийфосфата не только хорошо ингибируют пламя, но и образуют под действием высоких температур на тлеющей поверхности вязкую плёнку полифосфатов, которая изолирует материал от воздуха. В основном тушение пламени порошками происходит за счёт гетерогенного ингибирования, охлаждения и гомогенного ингибирования продуктами

испарения. Передача тепла от очага к порошковой частице происходит за счёт теплопроводности, а соли  $K_2C_2O_4$ ,  $NaCl$ ,  $Na_2CO_3$  по эффективности превышают даже ингибиторы  $CF_3Br$ ,  $C_2F_4Br_2$ . При гомогенном ингибировании испарившиеся молекулы порошкового ингибитора, вступая в реакцию с активными центрами пламени ( $H\cdot$ ,  $O\cdot$ ,  $OH\cdot$ ,  $CH_3\cdot$  и т.д.), могут замедлить цепной процесс распространения горения в газовой смеси. При нагревании и испарении солей типа хлористого калия в газовую фазу помимо молекул  $KCl$  поступают и продукты их термического распада – атомы калия и хлора. Гидрофобизаторы образуют на защищаемой поверхности защитную плёнку, блокируя активные поверхностные центры, затрудняя этим сорбцию паров воды и контакты между частицами, ведущими к слеживаемости. В качестве наполнителей, улучшающих текучесть порошков и предотвращающих их комкование и слеживание, применяют целый спектр продуктов, и особенно перспективно использование веществ, которые могут выполнять несколько функций одновременно.

Огнетушащие и взрывоподавляющие порошки часто играют важную роль в пожаротушении, а иногда незаменимы. Несмотря на существование большого количества смесей, различающихся составом, областью применения, разработка новых составов огнетушащих порошков является актуальной задачей. Целью получения новых составов является решение различных технических задач: повышение огнетушащей способности, улучшение потребительских характеристик, получение продукта, применимого для тушения в бытовых помещениях и местах массового скопления людей, уменьшение трудоемкости получения огнетушащего порошка, расширение ассортимента доступных материалов, используемых в качестве активных компонентов огнетушащих порошковых составов, и т.д.

#### **Библиографический список**

1. Баратов, А. Н. Пожарная опасность строительных материалов / А. Н. Баратов, Р. А. Андрианов, А. Я. Корольченко и др.; под ред. А. Н. Баратова. – Москва : Стройиздат, 1988. – 380 с.
2. Бобков, С. А. Физико-химические основы развития и тушения пожаров : учеб. пособие / С. А. Бобков, А. В. Бабурин, П. В. Комраков. – Москва : Академия ГПС МЧС России, 2014. – 210 с.
3. Корольченко, А. Я. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения / А. Я. Корольченко, Д. А. Корольченко. Справочник: в 2-х ч. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва : Асс. «Пожнаука», 2004. – Ч. 1. – 713 с.
4. Краснянский, М. Е. Порошковая пожаровзрывозащита / М. Е. Краснянский. – Донецк : Изд-во «Донбасс», 1994. – 152 с.
5. Пустовая, Л. Е. Физико-химические основы развития и тушения пожара / Л. Е. Пустовая, Б. Ч. Месхи, В. Г. Лебеденко, А. В. Мозговой. – Ростов : Издательский центр ДГТУ, 2013. – 182 с.
6. Пат. 2155088С1 Российская Федерация, МПК А62D 1/00. Огнетушащий порошок многоцелевого назначения / В. А. Кищук, А. В. Попов, Л. А. Суровцева, В. А. Чумаевский; Закр. акц. общ. «ФК»; заявл. 11.03.1999; опубл. 27.08.2000, Бюл. № 36.
7. Pat. 4149976A United States, CPC A62D1/0014 / Powder for extinguishing fires of liquid substances or of a mixture of liquid substances / R. Marcelline, M. Henry, A. Lucien, D. Jacques, F. Yves, M. Jean-Claud, C. Andre, D. Bernard; Commissariat energie atomique; filing d. 18.11.1976; publication d. 17.04.1979.
8. Пат. 2277003С2 Российская Федерация, МПК А62D 1/00. Огнетушащий порошковый состав / С. Н. Вершинин; заявл. 10.12.2005; опубл. 27.05.2006, Бюл. № 15.
9. Pat. 3063940A United States, CPC A62D1/0014 / Fire extinguishing composition / C. Sawood, E. Edward; filing d. 07.04.1960; publication d. 13.11.1962.
10. Пат. 1333348А1 СССР, МПК, А62D 1/00. Огнетушащий порошковый состав / И. И. Зозуля, В. М. Жартовский, А. В. Антонов, А. Н. Баратов, Б. А. Шихов, Ю. К. Бахмутов,

Н. Н. Носова, В. Н. Апанович, А. Г. Тропинов, Н. Я. Черноборов, А. А. Рогачёв, Г. Г. Благополучная, В. В. Голяшкин; заявл. 23.07.1985 ; опубл. 30.08.1987, Бюл. № 32.

11. Пат. 2606602С1 Российская Федерация, МПК А62D 1/00 . Огнетушащий порошковый состав / А. М. Игнатова; Перм.нац. исслед. политех. ун-т. ; заявл. 25.08.2015 ; опубл. 10.01.2007, Бюл. № 1.

12. Пат. 2372957 Российская Федерация, МПК А62D1/00. Огнетушащий порошковый состав / О. В. Журавлева, Н. Б. Гончарова, К. В. Чудинова, Г. Г. Колосов ; Перм. научн.-исслед. инст-т полим. мат. ; заявл. 16.07.2007 ; опубл. 20.11.2009, Бюл. № 32.

13. Пат. 2128538С1 Российская Федерация, МПК А62D1/00. Огнетушащий порошковый состав / Г. Г. Колосов, А. И. Сычев, К. В. Чудинова, С. А. Амарантова, Е. А. Ларионов, В. С. Иванов, Н. Н. Федченко, Г. В. Куценко, М. Н. Вайсман; заявл. 02.09.1997 ; опубл. 10.04.1999, Бюл. № 36.

14. Пат. 2735696С1 Российская Федерация, МПК А62D 1/00. Огнетушащий порошковый состав / О. Г. Горовых, В. В. Тышлек ; ООО «Белспецкомплект» ; заявл. 14.01.2020 ; опубл. 06.11.2020, Бюл. № 31.

15. Пат. 2675863С1 Российская Федерация, МПК А62D1/0014/ Огнетушащий порошковый состав / Б. Ч. Месхи, В. Л. Адамян, О. В. Денисов, Г. А. Сергеева ; Донск. гос. техн. ун-т. ; заявл. 12.03.2018 ; опубл. 25.12.2018, Бюл. № 36.

## УСТРОЙСТВА ТЕПЛОВИЗИОННОГО КОНТРОЛЯ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК

### THERMAL IMAGING CONTROL DEVICES FOR IMPROVING THE FIRE SAFETY OF ELECTRICAL INSTALLATIONS

**Русских Евгений Валерьевич**

Старший преподаватель

E-mail: rev3@list.ru

ФГБОУ ВО «Удмуртский государственный университет»

*Рассмотрены приборы тепловизионного контроля и их применение в области обеспечения пожарной безопасности. Описаны параметры, способствующие раннему обнаружению опасных факторов пожара. Предложено направление действий по совершенствованию систем автоматической пожарной сигнализации.*

**Ключевые слова:** пожарная безопасность, температура, тепловизор.

**Evgene Russkikh**

Senior Lecturer

E-mail: rev3@list.ru

Udmurt State University

*Devices of thermal imaging control and their application in the field of ensuring fire safety are considered. The parameters that contribute to the early detection of hazardous fire factors are described. The direction of actions for the improvement of automatic fire alarm systems is proposed.*

**Keywords:** fire safety, temperature, thermal imaging camera.

#### Введение

Мероприятия по обеспечению пожарной безопасности электроустановок в современных условиях является одним из важнейших направлений деятельности ответственных лиц. От качества и надежности работы системы электроснабжения сильно зависят многие технологические процессы, а в сфере медицины и жизни людей. Технический контроль работы контактных соединений, групп коммутационных аппаратов в электрических щитах, распределительных устройствах проводится в соответствии с регламентом. В подавляющем большинстве проводятся регулярные осмотры специалистами и не является непрерывным.

Одним из направлений повышения надежности электроснабжения, а также повышения пожарной безопасности является непрерывный мониторинг нагруженных узлов электроустановок и оперативное реагирование не только на аварийные ситуации, но и на предпосылки их возникновения. Наиболее явно выраженное отклонение от нормального режима эксплуатации электрических соединений высокая температура, часто превышающая температуру воспламенения изоляционных материалов проводников. Нарушение изоляции, в свою очередь, может привести к коротким замыканиям и, в дальнейшем к возгоранию.

#### Изложение основного материала

Время обнаружения загораний напрямую влияет на масштаб последствий воздействия опасных факторов пожара. Силы и средства, необходимые для локализации и ликвидации возгораний существенно зависят от времени свободного развития пожара. В научных работах получили распространение термины «раннее обнаружение загораний» и «сверхраннее обнаружение загораний» [1].

Проблемы сверхраннего обнаружения загораний вытекают из физико-химических основ определения показателей опасных факторов пожара и технических особенностей создания

устройств, действующих на этих основах. Увеличение чувствительности приборов не сможет значительно уменьшить время обнаружения, однако значительно увеличит число ложных срабатываний.

К сигналам о возможном начале загораний можно отнести скорость нарастания температуры тел или газовой среды помещения. Помимо роста температуры изменяется состав газовой среды помещения, выделяются CO, CO<sub>2</sub>, H и др.

В работе [1] приведена зависимость температуры поверхности от времени  $T = f(\tau)$ .

$$T = \begin{cases} T_{\text{воспл}} \left( 1 - e^{-\frac{k\tau^2}{2}} \right) + T_0 e^{-\frac{k\tau^2}{2}}, & T_0 \leq T \leq T_{\text{воспл}}; \\ T_{\text{max}} \left( 1 - e^{-\frac{k_1\tau^2}{2}} \right) + T_0 e^{-\frac{k_1\tau^2}{2}}, & T_{\text{воспл}} \leq T \leq T_{\text{max}}, \end{cases}$$

где  $T_{\text{воспл}}$  – температура воспламенения;  
 $k, k_1$  – коэффициенты условий теплообмена;  
 $T_0$  – температура окружающей среды;  
 $T_{\text{max}}$  – температура горения.

Контролируя температуру поверхности можно оценивать характер развития ситуации и принять меры по предупреждению негативных последствий.

Контроль температуры может быть осуществлен различными техническими средствами, каждое из которых имеет свою область применимости. К основным средствам теплового контроля относят тепловизоры, инфракрасные сканеры, к дополнительным: пирометры, цифровые термометры, измерители влажности, анемометры, измерители плотности теплового потока [2].

В свою очередь, данные теплового контроля подвергаются качественному или количественному анализу. Качественный анализ применяют для оперативного контроля и оценки состояния объекта контроля по его температурным полям и выявления температурных аномалий.

Качественный анализ температурных полей применяют для определения зон температурных аномалий, по местоположению и амплитуде обнаруженной аномалии принимают решение о том, соответствует ли обнаруженная аномалия скрытому дефекту, конструктивному элементу или мешающему фактору.

Количественный анализ применяют для определения численных значений характеристик температурных полей контролируемых объектов и обнаруженных дефектов. Количественный анализ может быть абсолютным и относительным. При абсолютном количественном анализе определяют абсолютные значения характеристик. При относительном количественном анализе определяют отношение температур или вычисленных значений характеристик в исследуемых областях к соответствующим значениям в реперных зонах [2].

В работе [3] разработана методика теплового контроля кабелей и электропроводки, эксплуатируемых в атмосферных условиях, позволяющая достоверно и производительно обнаруживать дефекты и, при необходимости, идентифицировать их.

Тепловизоры позволяют охватить для контроля достаточно большую область, но, зачастую, стоимость внедрения таких систем будет не оправдана экономически и доля объектов, оснащенных такой аппаратурой, весьма мала. В качестве альтернативы таким системам появляются приборы, действующие на схожих принципах, примером служит тепловизионное реле защиты [4].

Тепловизионное реле защиты разрабатывалось для контроля перегрева элементов электроустановок: контактных соединений, групп коммутационных аппаратов в электрошкафах. После превышения установленной температуры области мониторинга

происходит срабатывание реле, по имеющимся выходам формируются сигналы перегрева по получению которых приёмное устройство проводит действия по отключению или сигнализирует о неисправности. Ответственные лица могут получить информацию в электронном журнале по области превышения температуры с точными временными характеристиками события и выявить неисправное устройство или некачественное контактное соединение. Применение этого прибора в замкнутых пространствах, где зачастую сложно проводить оперативный контроль традиционными методами, в том числе в зонах высокого напряжения делает его уникальным.

Статистические данные показывают, что значительная доля пожаров происходит в результате нарушения правил устройства и эксплуатации электрооборудования [5]. Применяемые на сегодняшний день средства противопожарной защиты электроустановок срабатывают при превышении пороговых значений опасных факторов пожара. В свою очередь, ранее обнаружение перегрева элементов электрооборудования не позволит развиться аварийной ситуации и даст сигнал на устранение неисправности сотрудникам организации, ответственных за электрооборудование.

В применяемых системах автоматической пожарной сигнализации имеются извещатели пламени, реагирующие на возникновения очага возгорания, регистрируя инфракрасное и ультрафиолетовое излучение и низкочастотную пульсацию. Эти приборы формируют сигнал о пожаре при довольно значительном тепловом излучении от пламени и, соответственно, высоких температурах поверхности. Тепловизионные приборы позволяют регистрировать более низкие температуры, характерные для нормальных режимов эксплуатации электроустановок, а также даже незначительное превышение термальных характеристик. В качестве расширения области контролируемых параметров автоматической пожарной сигнализации и систем оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре можно предложить сопряжение системы с тепловизионными реле, устанавливаемыми в шкафах электрооборудования и расположенных на отдельных шлейфах. Особенно это может быть актуально при применении в адресно-аналоговых системах пожарной сигнализации.

При превышении заранее выставленных значений температур элементов электроустановок тепловизионное реле будет формировать сигнал «ВНИМАНИЕ» для передачи на пульт сигнализации. Таким образом, может быть получена информация о возможной неисправности на основании которой будет проведено своевременное обслуживание. Мониторинг проводится непрерывно и информацию о текущих температурах можно получать в любой момент времени, а не только при достижении уставки срабатывания, что, в свою очередь, даёт возможность сверхраннего обнаружения очагов горения.

### **Вывод**

Современные электронные технические средства позволяют контролировать множество параметров жизнедеятельности людей, что, несомненно, следует использовать для обеспечения безопасного существования. Применение устройств контроля температуры поверхности элементов электрических установок в обеспечении пожарной безопасности весьма перспективно. Появление извещателей, регистрирующих температурный фон в электротехнических конструкциях позволит существенно сократить время обнаружения пожара или исключить его за счет своевременного предупреждения о перегреве.

### **Библиографический список.**

1. Артамонов, В. С. Сверхраннее и раннее обнаружение загораний : понятия, границы применения и единство / В. С. Артамонов, А. С. Поляков, А. Н. Иванов // Пожаровзрывобезопасность. – 2016. – № 9. – С. 78–83.
2. Методические рекомендации о порядке проведения теплового контроля технических устройств и сооружений, применяемых и эксплуатируемых на опасных производственных объектах (Р Д – 13–04–2006). – 2-е изд., испр. – Москва : ЗАО НТЦ ПБ, 2010. – 32 с.

3. Будадин, О. Н. Тепловой контроль безопасности эксплуатации силовых электрических кабелей и электропроводки / О. Н. Будадин, М. Н. Слитков, Ю. М. Смирнов // Безопасность труда в промышленности. – 2008. – № 10. – С. 16–22.

4. Кактус. Первое в мире тепловизионное реле защиты [Электронный ресурс] // Микропроцессорные технологии : сайт. – Электрон. дан. – Новосибирск, 2022. – Режим доступа: <http://i-mt.net/blog/razrabotka-ustroystv/kaktus-teplovizionnoe-rele-zashchity>. – Дата обращения: 11.12.2021. – Загл. с экрана.

5. Полехин, П. В. Пожары и пожарная безопасность в 2020 году : статистический сборник / П. В. Полехин, М. А. Чебуханов, А. А. [и др.]. – Москва : ВНИИПО, 2021. – 112 с.

УДК 351.8.61

## ОБСТАНОВКА С ЛЕСНЫМИ ПОЖАРАМИ, ПРИЧИНЫ РАСПРОСТРАНЕНИЯ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА ЭКОЛОГИЮ

### THE SITUATION WITH FOREST FIRES, THE CAUSES OF FIRE SPREAD AND THEIR IMPACT ON THE ENVIRONMENT

**Семенова Татьяна Юрьевна**

Младший научный сотрудник

E-mail: tanushaurs@mail.ru

ФГБУ «Всероссийский научно-исследовательский институт по проблемам гражданской обороны и чрезвычайных ситуаций МЧС России» (Федеральный центр науки и высоких технологий)

*В статье раскрываются причины возникновения лесных пожаров, лесопожарные ситуации на территории Российской Федерации в 2021 году, последствия неконтролируемого огня, влияние на экологию и человека этой разрушительной стихии. Возможности избежать бедствий и пути восстановления лесов.*

**Ключевые слова:** лесопожарная обстановка, пожары, гибель людей и животных, непредсказуемые последствия, экологическая катастрофа.

**Tatiana Semenova**

Junior Researcher

E-mail: tanushaurs@mail.ru

All-Russian Research Institute for Civil Defense and Emergency Situations of the Ministry of Emergency Situations of Russia (Federal Center for Science and High Technologies)

*The article reveals the causes of forest fires, forest fire situations on the territory of the Russian Federation in 2021, the consequences of uncontrolled fire, the impact on ecology and man of this destructive element. Opportunities to avoid disasters and ways to restore forests.*

**Keywords:** forest fire situation, fires, death of people and animals, unpredictable consequences, environmental disaster.

#### Введение

Лесные пожары являются одной из самых опасных и страшных бедствий, существующей в мире. От неконтролируемого огня каждый год гибнет большое количество людей и животных.

Функцией леса является выработка кислорода. Также, важно отметить влияние леса на водный режим, защиту почвы от водной и ветровой эрозии, снижение воздействия засухи, препятствие разрушения берегов рек и озер и что незаменимо – благоприятное влияние на здоровье человека. От леса мы получаем различные природные ресурсы, которые просто необходимы для развития многих отраслей в народном хозяйстве

О возникновении лесных пожаров, распространении, какие могут быть их последствия, и как они влияют на экологию и здоровье людей рассмотрим в данной статье.

#### Изложение основного материала

Неконтролируемое распространение огня наносит не только экономически значимый урон, но и имеет страшные последствия для экологии. Выгорание обширных площадей леса ведет к радикальному изменению экосистем пострадавшего региона, что влечет за собой непредсказуемый результат. Основной опасностью является скорость распространения бушующего огня.

Одно из главных негативных экологических последствий пожаров – задымление и загрязнение атмосферы. Животные и люди чаще всего гибнут не от огня, а из-за отравления дымом.

Рассмотрим обстановку с лесными пожарами на территории Российской Федерации в 2021 году и статистические данные по ним.

В 2021 году чрезвычайные ситуации, возникшие вследствие лесных пожаров регионального характера, имели место в Дальневосточном (1 раз), Сибирском (1 раз), Уральском (2 раза), Приволжском (3 раза), Северо-западном (1 раз) федеральных округах.

На территории Российской Федерации в 2021 году (с учетом пожаров, возникших в зоне контроля лесных пожаров, где в соответствии с Правилами тушения лесных пожаров решением КЧС и ОПБ органа исполнительной власти субъекта Российской Федерации тушение лесных пожаров было приостановлено или прекращено) увеличилась площадь лесных пожаров по сравнению с аналогичными данными 2020 года. В сравнении с показателями прошлого года, площадь, пройденная огнем, увеличилась на 8,5 % (т.е. на 0,8 млн га: 10,1, млн га против 9,3 млн га) [1].

Вместе с тем, площадь лесных пожаров в активно охраняемой зоне увеличилась в 2,5 раза или на 154 % (4,8 млн га против 1,9 млн га). Всего с начала пожароопасного сезона на территории Российской Федерации возникло 15,1 тыс. лесных пожаров на площади около 10,1 млн. га. В активно охраняемой зоне возникло 13,8 тыс. лесных пожаров на площади 4,8 млн га (в том числе на землях лесного фонда 12,9 тыс. пожаров площадью 4,7 млн га), на труднодоступных и удаленных территориях зарегистрировано 1,3 тыс. пожаров на площади 5,3 млн. га.

Наиболее сложная лесопожарная обстановка носившая чрезвычайный характер в 2021 году имела место в Республике Саха (Якутия), Иркутской области, Чукотском АО, Магаданской области, Хабаровском крае, Тюменской области, Камчатском крае. При этом на данные субъекты Российской Федерации пришлось 95 % всей пройденной огнем лесной площади (рис. 1) [2].

Причинами большинства пожаров явились неосторожное обращение граждан с огнем в лесу и грозовые разряды.



Рис. 1. Природные пожары, Тюменская область

Большая часть пожаров на землях лесного фонда в 2021 году в активно охраняемой зоне возникла по причине нарушения гражданами правил пожарной безопасности в лесах и правил противопожарного режима (54,2 % пожаров), от гроз возникло 25,1 %, 16,0 % пожаров перешли с земель иных категорий [2].

Количество пожаров, возникших по вине населения и в результате перехода огня с земель иных категорий на земли лесного фонда, в прошедшем году осталось на уровне по сравнению с 2020 годом.

При этом, необходимо отметить, что в ряде регионов сезон проходил на фоне аномально сухой и жаркой погоды.

Например:

– в Камчатском крае количество дней с 5 классом пожарной опасности составило 80 % от общего количества дней продолжительности пожароопасного сезона (185 дней, из них 148 дней с 5 классом);

– в Иркутской области – 121 день из 177 дней;

– Хабаровский край – 105 дней из 258 дней;

– Республика Саха (Якутия) – 104 дня из 141 дня.

Количественные показатели по лесным пожарам, их видам, масштабам и последствиям в целом по Российской Федерации и наиболее пострадавшим от них территориям приведены в таблице [2].

Таблица

Количественные показатели по лесным пожарам, их видам и последствиям

Показатели	2020 г.	2021 г.	+/- в % к уровню 2020 г.
Количество лесных пожаров, тыс. ед.	14,8	15,1	+2,02
в т.ч. крупные	2,6	2,1	-19,2
Лесная площадь, пройденная пожарами, тыс. га	7021,1	819,8	-16,75
В том числе крупными, тыс. га	6811,9	9073,6	-18,25
В том числе покрытые лесной растительностью земли, пройденные пожарами:			
низовыми	6982,0	7785,2	+12,0
верховыми	37,8	397,2	+951,0
подземными	1,3	15,4	+1085,0
В расчете на 1 пожар, га	474,4	542,3	+15,0
Сгорело древесины на корню, млн куб.м.	57,7	34,4	-40,0
Погибло молодняков, тыс. га	58,0	17,7	-69,49

В 2021 году количество лесных пожаров, перешедших в категорию крупных сократилось в 1,2 раза в сравнении с 2020 годом. При этом, площадь, пройденная ими, увеличилась на 927,3 тыс. га.

Наибольшее количество крупных лесных пожаров пришлось на Дальневосточный и Уральский федеральные округа, где их доля составила 57 и 21 % соответственно. Доля крупных в общем количестве возникших в 2021 году лесных пожаров составила 14,0 %.

Средняя площадь ликвидации одного (обслуженного) пожара на землях лесного фонда в 2021 году составила 361,0 га, что в 2,4 раза выше данных прошлого года (в 2020 году – 151,4 га).

Оперативность тушения в первые сутки составляет 76,3 % (в 2020 году 74,5 %) обслуженных лесных пожаров на землях лесного фонда (это 9,8 тыс. лесных пожаров) (в 2021 году план – 75,59 %).

Информация о лесных пожарах и принимаемых мерах по их тушению Рослесхозом направлялась в Правительство Российской Федерации, Аппарат Совета Безопасности Российской Федерации, Минприроды России, ФКУ «НЦУКС» МЧС России, Центр управления обороны страны, Генеральную прокуратуру Российской Федерации, а также в территориальные органы Рослесхоза по федеральным округам [1; 2].

Проанализируем причины возникновения лесных пожаров. Они делятся на две группы: человеческий фактор и природный фактор.

### *Человеческий фактор*

По статистике, вина человека, его беззаботное отношение к природе составляет около 90 % всех лесных пожаров. Из них:

- курение,
- непотушенные костры,
- сжигание мусора,
- оставленные в лесу осколки и стеклянные бутылки (проходит преломление света, срабатывает эффект линзы),
- преднамеренный поджог,
- несоблюдение правил пожарной безопасности.

### *Природный фактор*

К ним относятся такие причины как:

- сухие грозы (возникает при высокой температуре, сопровождается небольшим количеством испаряющихся осадков, потом возникает гром и мощнейший электрический разряд),
- молнии,
- извержение вулкана (лава, которая распространяется на поля или леса).
- самовозгорание торфяника.

### *Влияние лесных пожаров на экологию и окружающую среду*

Последствия лесных пожаров можно разделить на *экологические, социальные и экономические* (рис. 2).



Рис. 2. Последствия лесных пожаров

К экономическим последствиям относятся:

- расходы на тушение лесных пожаров,
- стоимость потерь древесины,
- другие потери.

К социальным последствиям: это гибель людей, в частности пожарных и спасателей, ухудшение здоровья людей с аллергией и респираторными заболеваниями.

К экологическим последствиям относятся:

- Загрязнение атмосферы, кислород не образуется, следовательно, не поглощается углекислый газ, снижается качество воздуха.
- Ухудшение качества питьевой воды из-за того, что грунтовые воды, ручьи и реки после лесных пожаров не обогащаются водой.

- Почва теряет свою плодородность.
- По причине лесных пожаров гибнут полезные почвенные микроорганизмы.
- Сокращается продуктивность, и со временем участок может стать бесплодным.
- Уничтожаются природные ресурсы леса
- Водоемы загрязняются пеплом, наносится вред для рыб и водных растений.
- Увеличение концентрации углекислого газа приводит к глобальному потеплению, поэтому возрастает риск ураганов и тайфунов.
- Потеря экологических систем и биологического разнообразия.
- Потеря среды обитаний для многих животных и растений [3].

Рассмотрев последствия лесных пожаров, можно увидеть как это приводит к разрушению экосистемы и какое сильное влияние они оказывают на экологию и здоровье человека. Некоторые факторы оказывают влияние непосредственно во время пожара и сразу же после него (краткосрочные последствия) Поэтому необходимо быть более внимательными и ответственными, соблюдать правила пожарной безопасности, беречь природу.

#### *Восстановление леса*

Лес после пожара вымирает, происходит частичное или полное уничтожение растительности. Если после пожара остались жизнеспособные деревья, то на этом участке происходит частичная смена растительности, если же лес выгорел основательно, на поврежденной площади растительный покров меняется полностью.

Процесс восстановления протекает очень медленно и могут продолжаться многие десятки, а то и сотни лет. Восстановление быстрее или медленнее во многом зависит от специфики пожара, его интенсивности и локализации (низовой или верховой). Если огонь распространялся не сплошным фронтом, а отдельными участками, то деревья и кустарники с уцелевших площадей служат источником новых семян и восстановление происходит быстрее [4].

#### **Выводы**

Таким образом, лесные пожары имеют значительные экологические последствия, а также наносят огромный урон экономике, поэтому так важно создать эффективную систему мониторинга и тушения пожаров.

Каждый год Правительством Российской Федерации разрабатывается программа мероприятий. Согласно распоряжению, план разрабатывается на федеральном и региональном уровне. В каждом субъекте Российской Федерации ведется работа по выявлению и предотвращению рисков для экосистемы и климата. Для предотвращения лесных пожаров также существует перечень действий, который способен свести риски возникновения возгорания к минимуму. План включает санитарные рубки, очистку леса от порубочных остатков и мусора, противопожарное обустройство. Эффективным было бы создание мониторинга рисков возникновения лесных пожаров на основе погодных условий, ветра и влажности.

Технически возможно выявлять и быстро устранять очаги возгорания, особенно с помощью современных технологий и слаженной работы авиационной пожарной охраны. Существуют различные способы мониторинга:

- визуальные осмотры с помощью специальных вышек в лесу, оборудованных средствами связи,
- исследование с помощью спутников, осуществляющих снимки в инфракрасном спектре,
- наблюдение с воздуха вертолетами, самолетами, а также беспилотными летательными аппаратами.

Это потенциально снизит количество антропогенных воздействий. Неконтролируемые посещения леса можно сократить, создавая зоны отдыха в строго определенных безопасных местах, а для сокращения количества мусора в лесах возможно организовать его сбор и утилизацию.

**Библиографический список**

1. О состоянии защиты населения и территорий Российской Федерации от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера в 2021 году : проект Государственного доклада. – Москва : МЧС России, 2022. – 251 с.
2. О состоянии защиты населения и территорий Российской Федерации от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера : материалы Федерального агентства лесного хозяйства к государственному докладу. – 2022. – 23 с.
3. Медведева, А. В. Лесные пожары как экологическая проблема / А. В. Медведева // Молодой ученый. – 2020. – № 18(308). – С. 223–224.
4. Лесные пожары : меры безопасности [Электронный ресурс] // Против пожара : сайт. – Электрон. дан. – [б. м.], 2022. – Режим доступа: <https://protivpozhara.com/tipologija/prirodnye>. – Дата обращения: 16.04.2022. – Загл. с экрана.

## ФОРМИРОВАНИЕ ПРЕДЛОЖЕНИЙ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ОБЪЕКТОВ ТОРГОВЛИ НА ОСНОВАНИИ СТАТИСТИЧЕСКИХ ДАННЫХ ПО ПОЖАРАМ ТЕРРИТОРИИ РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ

### FORMATION OF PROPOSALS TO ENSURE FIRE SAFETY OF TRADING FACILITIES BASED ON STATISTICAL DATA ON FIRES IN THE ROSTOV REGION

**Сериков Александр Владимирович**

Заместитель начальника факультета  
(начальник курса)

ГБОУ ВО «АГЗ МЧС ДНР»

*Обеспечение пожарной безопасности объектов торговли – очень важная проблема, стоящая на сегодняшний день перед инженерами и сотрудниками МЧС. Возникновение пожаров на таких объектах, как правило, приводит к большому материальному ущербу, а также, зачастую, к жертвам среди людей, так как на таких объектах вероятно большое их скопление. В настоящей статье предложены мероприятия по обеспечению пожарной безопасности на объектах торговли, основанием для которых стали статистические данные по пожарам на территории Ростовской области Российской Федерации.*

**Ключевые слова:** объект торговли, пожар, статистика пожаров, возгорание, обеспечение пожарной безопасности.

**Alexandr Serikov**

Deputy Head of the Faculty (Head of the Course)

The Civil Defence Academy of EMERCOM of the DPR

*Ensuring the fire safety of trading facilities is a crucial problem facing engineers and employees of the Ministry of Emergency Situations today. The occurrence of fires at such facilities, as a rule, leads to great material damage, and often to casualties among people, since such facilities are likely to have a large accumulation of them. The measures to ensure fire safety of trading facilities based on statistical data on fires in the Rostov region of the Russian Federation have been proposed.*

**Keywords:** trading facilities, fire, fire statistics, fire, fire safety.

#### Введение

Многофункциональный жилой комплекс – это сложный градостроительный объект, включающий в себя различные по назначению, функционирующие независимо друг от друга группы помещений: жилые, общественные и административные учреждения, автостоянки, торговые и развлекательные площади, объединенные единым композиционно-планировочным замыслом [1].

Размещение и взаимосвязь функциональных зон в составе МФК осуществляется с применением вертикальной и/или горизонтальной схем функционально-планировочной организации (рис. 1).

Для современных общественных зданий, характерны следующие особенности:

1. Большие площади в пределах этажа, разделение которых на пожарные отсеки не представляется возможным (характерно для многофункциональных торгово-развлекательных центров);

2. Значительная высота, представляющая основную опасность в связи с отсутствием на вооружении подразделений пожарной охраны соответствующей техники;
  3. Наличие помещений различного функционального назначения;
  4. Наличие подземных этажей;
  5. Наличие «сквозных», общих для всех этажей, лестничных клеток, лифтовых шахт, инженерных коммуникаций;
  6. Наличие в зданиях подземных этажей, доступ в которые затруднен;
  7. Наличие открытых лестниц 2-го типа (эскалаторов, траволаторов), предусмотренных на всю высоту здания (характерно для многофункциональных торгово-развлекательных центров);
  8. Наличие стилобатных частей здания;
  9. Наличие многосветных пространств (пассажей, галерей, атриумов);
  10. Массовое скопление людей на этажах зданий;
  11. Значительная протяженность путей эвакуации;
  12. Применение новых строительных и отделочных материалов [2].
- Все вышеперечисленное сильно влияет на безопасность людей при пожаре.

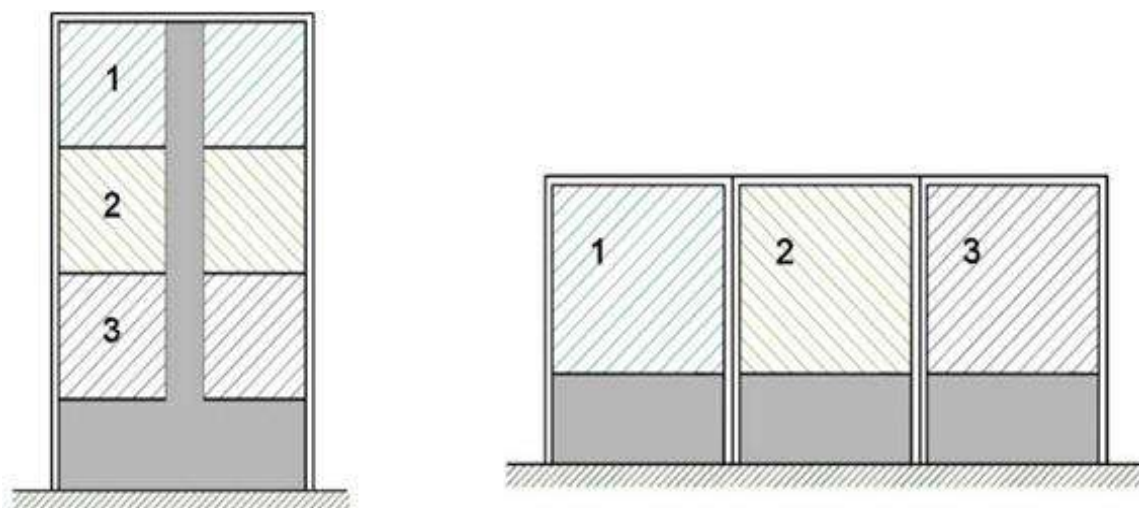


Рис. 1. Размещение функциональных зон (1, 2, 3) в МФЗ и устройство связей между ними

### Изложение основного материала исследования

Статистика пожаров жилых зданий и торговых комплексов свидетельствует о том, что пожары на подобных объектах происходят не так уж и редко. В Российской Федерации и в мире имеются случаи возникновения пожаров, получившие громкую огласку в российских и зарубежных средствах массовой информации.

21 сентября 2019 года в 6.06 на пульт пожарной охраны Владивостока поступило сообщение о пожаре в торговом центре «Максим» на проспекте 100-летия Владивостока, 57 (рис. 2). Немедленно на место были направлены пожарные расчёты, которые прибыли по указанному адресу уже спустя 6 минут. В результате пожара сгорела кровля здания на площади более 1000 м<sup>2</sup>. Предварительная причина пожара от взрыва газового баллона.

25 марта 2018 года по меньшей мере 64 человека погибли, ещё много числятся пропавшими без вести при крупном пожаре в торгово-развлекательном центре «Зимняя Вишня» в Кемерово (рис. 3). В результате возгорания на площади в 1500 м<sup>2</sup> произошло обрушение крыши и двух кинозалов. Согласно официальным данным МЧС, в июне 2016 года проводилась проверка пожарной безопасности ТРК, не выявившая нарушений.

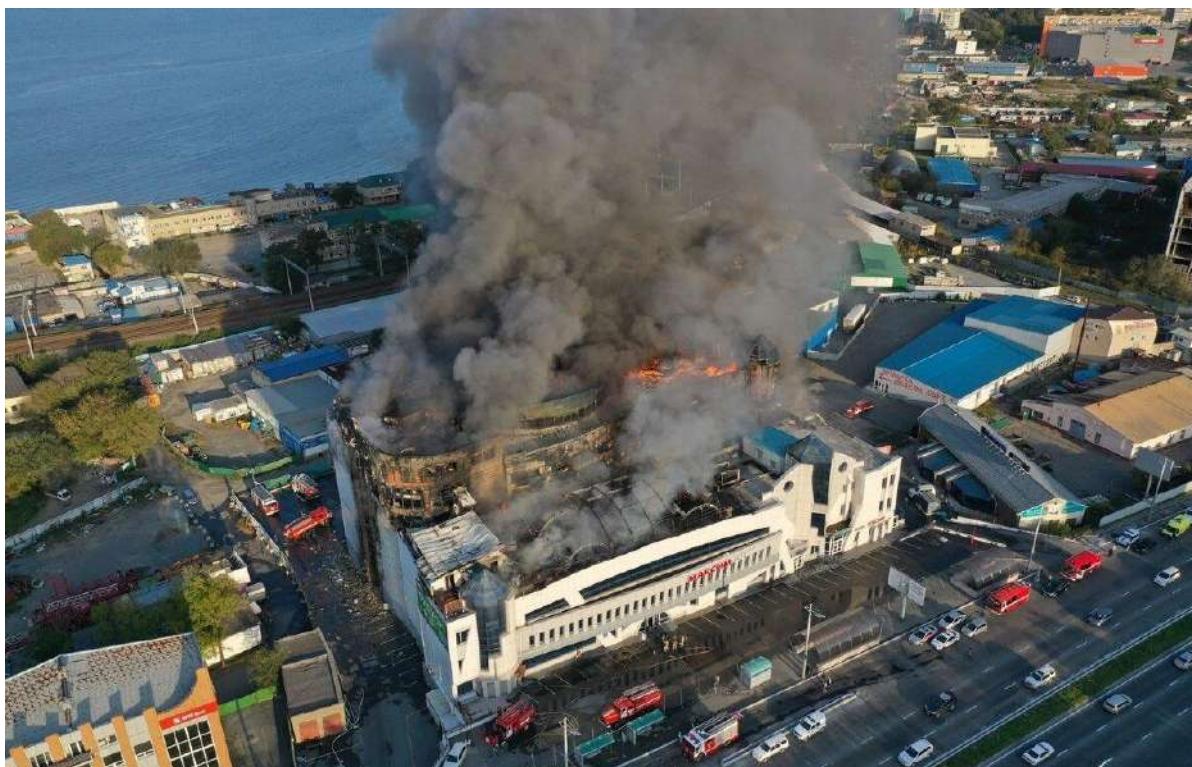


Рис. 2. Пожар в ТЦ «Максим»



Рис. 3. Пожар в здании ТРЦ «Зимняя Вишня»

С целью формирования предложений рассмотрим статистические данные на территории Ростовской области (рис. 4, 5, 6) [3].

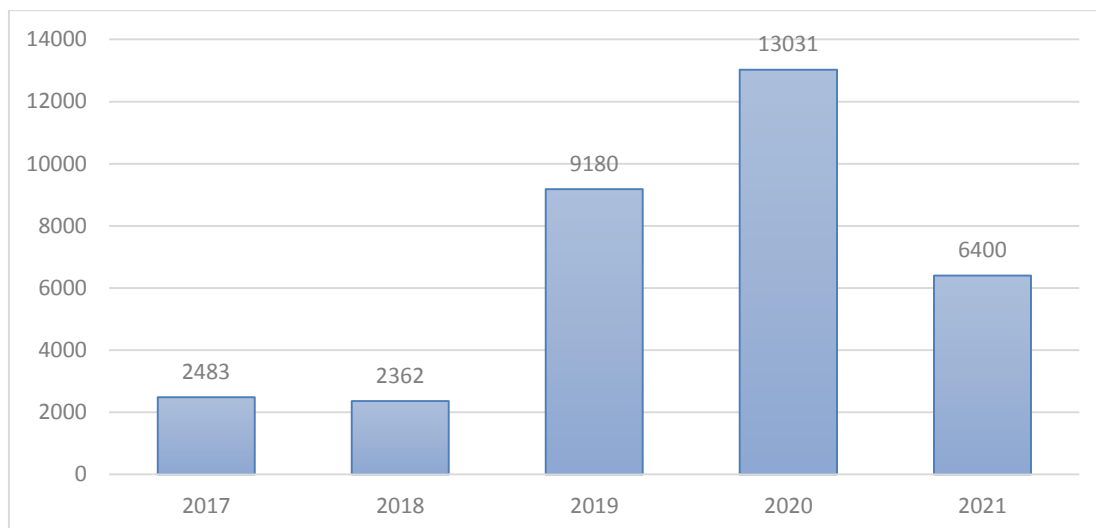


Рис. 4. Количество пожаров на территории Ростовской области

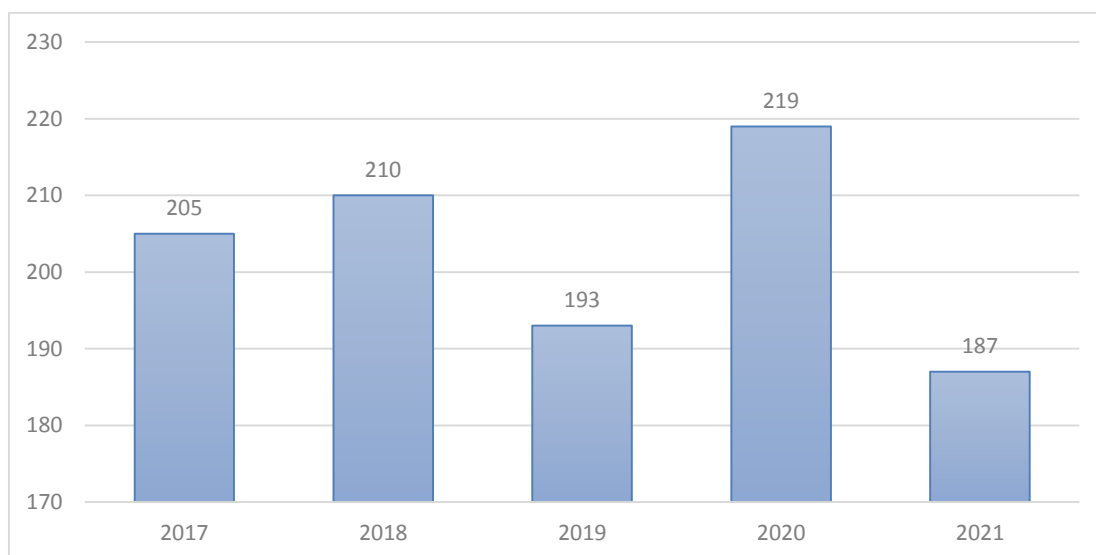


Рис. 5. Количество погибших на территории Ростовской области

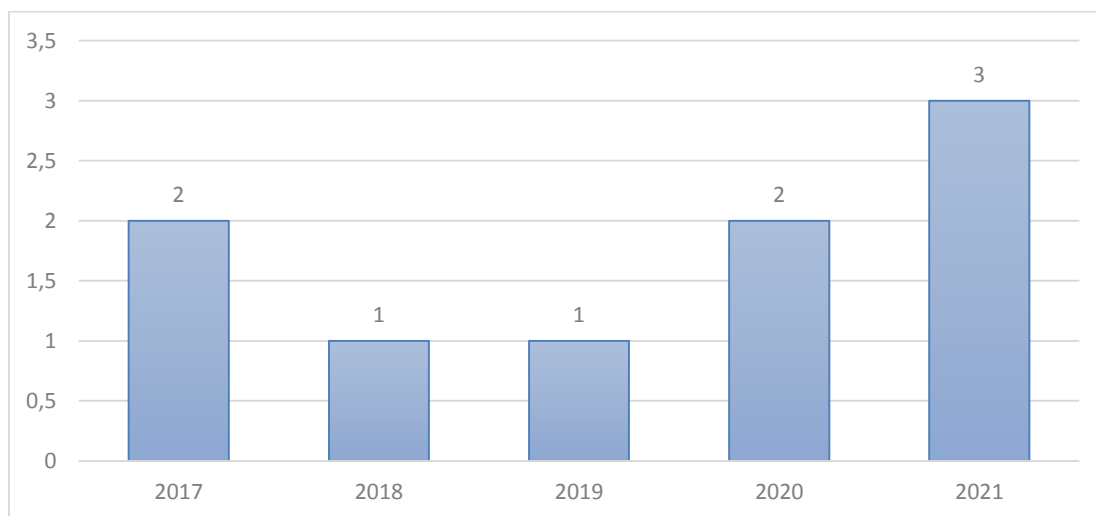


Рис. 6. Количество пожаров на объектах торговли на территории Ростовской области

### **Выводы и перспективы дальнейших исследований**

На основании статистических данных видно, что количество пожаров на объектах торговли на территории Ростовской области с каждым годом растет, исходя из приведенных примеров пожаров видно, что причиной пожаров как правило становится неисправность систем противопожарной защиты, а вместе с тем несовершенство требований пожарной безопасности, в связи с этим необходимо разработать ряд рекомендаций по противопожарной защите зданий со встроенными объектами торговли.

Встроенные и встроенно-пристроенные помещения, включая технические и вспомогательные помещения, помещения технических и эксплуатационных служб следует отделять от остальной части здания глухими противопожарными стенами и перекрытиями не ниже 1-го типа (в зависимости от степени огнестойкости здания) с обособленными эвакуационными выходами [4].

Подъезды и проезды к зданиям, их конструкцию, ширину и расстояние от края проезда до фасада здания следует проектировать в соответствии с требованиями раздела 8 СП 4.13130 исходя из класса функциональной пожарной опасности пожарного отсека или части здания.

Конструкцию дорожного полотна пожарного проезда, по которым предусматривается проезд пожарных машин, следует проектировать на расчётную нагрузку от автолестницы или автоподъёмника нагрузкой не менее 16 т на ось. При использовании покрытий подземных сооружений или стилобатов для подъезда пожарных автолестниц или автоподъёмников конструкции следует рассчитывать на нагрузку от наиболее тяжелых автоподъёмников, применяемых в пожарно-спасательном гарнизоне [5].

Сквозные проезды (арки) в зданиях и сооружениях должны быть шириной не менее 3,5 метра, высотой не менее 4,5 метра и располагаться не более чем через каждые 300 метров фасада здания.

Наружное противопожарное водоснабжение следует предусмотреть в соответствии с требованиями СП 8.13130 от пожарных гидрантов, установленных на кольцевой сети наружного водопровода на расстоянии не более 200 м от продольных стен здания.

Допускается увеличивать площадь этажа в пределах пожарного отсека I и II степеней огнестойкости класса конструктивной пожарной опасности С0 (за исключением стоянок автомобилей), указанную в СП 2.13130 на 100 % при увеличении двукратно интенсивности орошения установками автоматического пожаротушения по сравнению с требованиями нормативных документов.

В зданиях I и II степеней огнестойкости класса конструктивной пожарной опасности С0 вместо противопожарных стен допускается использование одного из способов или их комбинации:

– устройство водяных дренчерных завес в две нити, расположенных на расстоянии 0,5 м и обеспечивающих интенсивность орошения не менее 1 л/с на 1 м длины завес при времени работы не менее 1 ч, в сочетании с экранами из негорючих материалов и устройством зоны, свободной от пожарной нагрузки, шириной не менее 4 м в обе стороны от завес;

– устройство противопожарных перегородок 1-го типа с устройством зоны, свободной от пожарной нагрузки, шириной не менее 2 м в обе стороны от преграды;

– устройство эвакуационных коридоров (коридоров безопасности), выделенных противопожарными перегородками 1-го типа на всю высоту этажа с подпором воздуха при пожаре.

В здании II степени огнестойкости в качестве ограждающих конструкций здания допускается устройство навесных светопрозрачных фасадных систем с витражным остеклением с пределом огнестойкости не менее Е 15, класса пожарной опасности К0, при выполнении следующих условий:

– оборудование помещений здания спринклерной АУП;

– выполнение светопрозрачной фасадной системы с витражным остеклением из закаленного стекла толщиной не менее 6 мм с дополнительным орошением спринклерными

оросителями на расстоянии не более 0,5 м от остекления изнутри помещения и с шагом не более 1,5 м с параметрами системы по 1-й группе помещений согласно СП 5.13130 с подтверждением данного решения протоколом испытаний данной конструкции не менее E15.

Разделение помещений и групп помещений различных классов функциональной пожарной опасности в пределах пожарного отсека предусматривается противопожарными перекрытиями 2-го типа и противопожарными перегородками 1-го типа [2].

### **Библиографический список**

1. О составе разделов проектной документации и требования к их содержанию [Электронный ресурс] : Постановление Правительства Российской Федерации № 87 от 16 февраля 2008 г.: действующ. ред. // Гарант : сайт. – Электрон. дан. – Москва, 2022. – Режим доступа: <https://base.garant.ru/12158997/>. – Дата обращения: 06.06.2022. – Загл. с экрана.

2. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности [Электронный ресурс] : Федеральный закон РФ №123-ФЗ 22 июля 2008 г.: действующ. ред. // Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов. – Электрон. дан. – [б. м.], 2022. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/902111644>. – Дата обращения: 06.06.2022. – Загл. с экрана.

3. Гордиенко, Д. М. Пожары и пожарная безопасность в 2020 году : статистический сборник / Д. М. Гордиенко, П. В. Полехин, М. А. Чебуханов, А. А. Козлов, А. Г. Фирсов, В. И. Сибирко, В. С. Гончаренко, Т. А. Четина. – Москва : ВНИИПО, 2021. – 112 с.

4. Об утверждении Правил по охране труда в подразделениях федеральной противопожарной службы Государственной противопожарной службы [Электронный ресурс] : Приказ Министерства труда и социальной защиты РФ № 881 от 11 декабря 2020 г. : действующ. ред. // Официальный интернет-портал правовой информации. – Электрон. дан. – [б. м.], 2022. – Режим доступа: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202012240051>. – Дата обращения: 06.06.2022. – Загл. с экрана.

5. Об утверждении методики определения расчётных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности [Электронный ресурс] : Приказ МЧС России № 382 от 30.06.2009г. : действующ. ред. // Официальный сайт МЧС России. – Электрон. дан. – Москва, 2022. – Режим доступа: <https://www.mchs.gov.ru/dokumenty/668>. – Дата обращения: 06.06.2022. – Загл с экрана.

УДК 331.45

**НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ ВЫБОРА МОНТАЖНЫХ СТРАХОВОЧНЫХ ПРИВЯЗЕЙ ДЛЯ ВЕРХОЛАЗНЫХ РАБОТ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ****SOME FEATURES OF THE CHOICE OF MOUNTING BELTS FOR WORKS AT HEIGHT IN CONSTRUCTION**

**Страшевский Валентин Сергеевич**  
Магистрант  
E-mail: [strashevskiy.v.s-eyn-1@donnasa.ru](mailto:strashevskiy.v.s-eyn-1@donnasa.ru)

**Плотников Денис Александрович**  
Ассистент  
E-mail: [denypl90@gmail.com](mailto:denypl90@gmail.com)

ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»

*Статья посвящена вопросам охраны труда при выполнении верхолазных работ. Рассмотрены основные причины несчастных случаев при выполнении работ на высоте и верхолазных работ. Проведён анализ состояния производственного травматизма при возведении высотных зданий. Представлен сравнительный анализ средств индивидуальной защиты для работ на высоте и верхолазных работ.*

**Ключевые слова:** верхолазные работы, работы на высоте, страховочные привязи, средства индивидуальной защиты.

**Введение**

Верхолазные работы – работы, выполняемые с элементов конструкций, оборудования, механизмов или с монтажных приспособлений, временных лестниц, трапов, установленных на конструкциях, рабочих платформ подъемников, в безопасном пространстве на высоте 5 и более метров от поверхности грунта, перекрытия или рабочего настила.

Данные работы относятся к работам повышенной опасности, согласно с Приказом Государственного Комитета Гортехнадзора ДНР № 412 от 01.10.2015 г. [1]. Несчастные случаи могут происходить при выполнении работ на высоте, так и при подъеме работающих на высоту и при перемещении их к рабочим местам на высоте.

Анализ производственного травматизма на строительных предприятиях Донецкой области за период с 2010 по 2018 годы показал, что количество смертельных несчастных случаев, связанных с выполнением верхолазных работ и работ на высоте, составляет от 32,5 до 57,2 % от общего количества несчастных случаев.

**Изложение основного материала**

Основные опасные факторы при производстве высотных работ: расположение места проведения работ на значительной высоте и возможное падение предметов на работников

**Valentin Stashevsky**  
Master's Degree Student  
E-mail: [strashevskiy.v.s-eyn-1@donnasa.ru](mailto:strashevskiy.v.s-eyn-1@donnasa.ru)

**Denis Plotnikov**  
Assistant  
E-mail: [denypl90@gmail.com](mailto:denypl90@gmail.com)

Donbass National Academy of Civil Engineering and Architecture

*The article is devoted to the issues of labor protection when performing steeplejack works. The main causes of accidents in the performance of work at height and steeplejack work are considered. An analysis of the state of industrial injuries during the construction of high-rise buildings was carried out. A comparative analysis of personal protective equipment for work at height and steeplejack work is presented.*

**Keywords:** climbing operations, work at height, safety leashes, personal protective equipment.

[2; 3]. В таблице 1 показана характеристика основных причин, приводящих к падению работников при выполнении ими высотно-строительных работ, а в таблице 2 отображены причины падения предметов на работников.

Таблица 1

## Причины падения работников с высоты

Причины	Характеристика
Технические	Отсутствие предохранительных поясов, ограждений, недостаточная прочность и устойчивость лесов, лестниц, настилов, люлек
Технологические	Неправильная технология выполнения работ, недостатки в проектах производства работ
Психологические	Потеря самообладания, небрежное выполнение своей работы, неосторожные действия, нарушение координации движений
Метеорологические	Сильный ветер, дождь, снег, туман, гололед, низкая и высокая температуры воздуха

Таблица 2

## Причины падения предметов на работника

Вид предмета	Причина падения предметов
Груз, перемещаемый грузоподъемными машинами	Обрыв грузозахватных устройств, выпадение штучного груза из тары, неправильная строповка (обвязка) груза и др.
Монтируемые конструкции	Отсутствие технологичности конструкций, нарушение последовательности технологических операций, несоответствие по стыкуемым размерам и поверхностям и др.
Аварии строительных конструкций	Допущение проектных ошибок, низкое качество строительномонтажных работ, нарушение правил эксплуатации, нарушение технологии изготовления сборных конструкций и др.
Строительные материалы, элементы конструкций, оснастка, инструмент	Нарушения требований правил безопасности – отсутствие бортовой доски у края рабочего настила лесов и др.

Из рисунка 1 видно, что при рассмотрении травм с тяжелыми последствиями (инвалидность или смертельный исход) в 43 % случаев их причиной явилось падение с высоты [4].

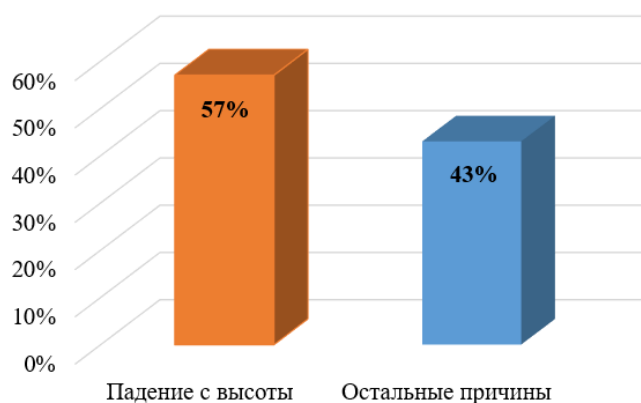


Рис. 1. Причины несчастных случаев с тяжелыми последствиями

Помимо этого, 45 % из них со смертельным исходом, что отображено на рисунке 2 [5].

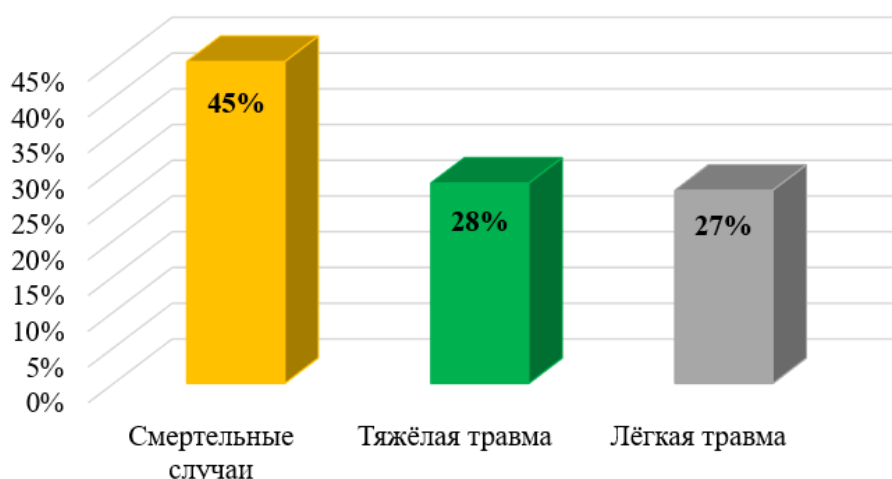


Рис. 2. Статистика степени тяжести полученных травм после падения

При падении работников с высоты 51 % несчастных случаев происходит по причине неправильно организованной страховки или её отсутствия. В факторе «неправильная страховка или её отсутствие» можно выделить 3 основных вида нарушений правил техники безопасности, допущенных пострадавшими, со специфическими источниками опасности, приводящими рабочих к падению [6]. Данные виды отображены в таблице 3.

Таблица 3

Основные виды нарушений правил техники безопасности и источники опасности

Работа на одной верёвке	Отсутствие страховки	Разрушение анкерных линий
Потеря контроля над спусковым устройством	Падение в результате отсутствия страховки	Деформация анкерных точек
Отсутствие узла на конце верёвки	Неправильная страховка	Обрыв рабочей и страховочной верёвки
Выстёгивание спускового устройства при вылезании в безопасное пространство		

Статистика несчастных случаев на производстве в России за 2018 г. говорит о том, что при строительных работах пострадало 5361 чел., из которых 2305 чел. пострадало от падения с высоты. Данному показателю существует масса различных причин, но большинство случаев (51 %) произошли из-за неправильной страховки или её отсутствия, а именно из-за работ на одной веревке, технического разрушения анкерной точки или анкерной линии, полного отсутствия каких-либо устройств или способов страховки [7].

Приведенные данные подтверждают факт высокого травматизма работников, занятых выполнением высотных строительных работ, и тяжелые последствия полученных травм в случае падения с высоты [8].

Таким образом, актуальность темы исследования подтверждается сложностью и высокой травмоопасностью производства работ на высоте. Данный вопрос требуют более тщательного подхода к управлению и организации высотных работ. Необходимо оснастить рабочие места современными средствами индивидуальной защиты, качественным

страховочным снаряжением, усилить контроль за выполнением предписаний нормативных документов по охране труда всеми лицами, участвующими в производстве высотных работ, повысить качество обучения работников правилам безопасного ведения работ на высоте.

Любые работы на высоте, в том числе и непродолжительные, обязывают работника согласно требованиям охраны труда, надеть страховочное снаряжение.

Основным средством индивидуальной защиты рабочего при верхолазных работах является монтажный пояс. Однако выражение «монтажный пояс» является устаревшим. В соответствии с Приказом Минтруда России № 155н от 28 марта 2014 года данный пояс входит в конструкцию, но самостоятельно использоваться не может, в комплект к нему всегда идет страховочная привязь, которая выступает основным элементом. В приказе № 155н страховочная привязь называется – лямочный страховочный пояс для высотных работ, который является обязательным средством индивидуальной защиты (СИЗ) при работах на высоте [9]. При этом, согласно Приказу Государственного комитета Украины по промышленной безопасности; охране труда и горному надзору № 62 от 27 марта 2007 года действующим на территории ДНР – предохранительный пояс можно использовать без страховочной привязи. Устройство страховочной привязи представляет собой единую конструкцию из прочных строп, стопорных элементов и фиксирующих пряжек. Плотность обхвата строп имеет возможность регулировки, что даёт полную уверенность прочного удерживания работника, исключая возможность его падения с высоты.

На рисунке 3 отображены наиболее распространённые привязи для выполнения верхолазных работ, представленные на рынке ДНР и РФ.



Рис. 3. Наиболее распространённые страховочные привязи

Стандартная конфигурация любой модели страховочной привязи представлена на рисунке 4.

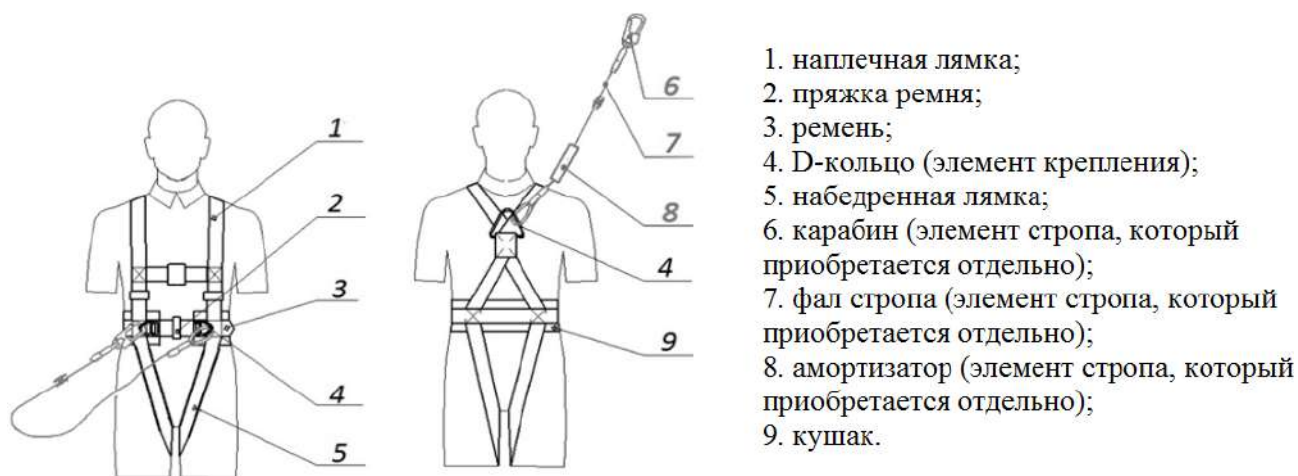


Рис. 4. Стандартная конфигурация любой модели страховочной привязи

Страховочные привязи, выпускаемые отечественными и импортными производителями, должны соответствовать требованиям, установленным нормативными документами. В ГОСТ Р ЕН 361-2008, ГОСТ Р ЕН 358-2008, ГОСТ 12.0.003-2015, ДСТУ 7239:2011 подробно прописываются основные стандарты и правила к разработке и применению страховочных изделий, их типы и классификация, требования к материалам, из которых производятся различные детали и элементы поясов и привязей, а также сроки и методы проверки прочности и надёжности СП [10–13].

Краткое изложение основных требований:

1. Используемые материалы должны быть совместимы.
2. Цвет нитей, лент должен быть выделяющимся на фоне рабочих поверхностей, контрастировать друг с другом.
3. В конструкции СП должна быть возможность подгонки к конкретному человеку.
4. Страховочные привязи для работы на высоте обязательно предполагают крепление особыми лямками в области плеч, ног человека. Помимо этого, на поясе есть особый широкий кушак, снимающий как статическую, так и динамическую нагрузку на позвоночник.
5. Фиксирующие элементы, такие как пряжки и застёжки должны полностью исключать ослабление или саморасстегивание.
6. Ленты, несущие основную нагрузку, не должны быть уже 4 см, а вспомогательные – уже 2 см. Данное требование объясняется тем, что более узкие ленты могут при рывке серьезно травмировать конечности человека.
7. СП должна быть способна выдержать вес, многократно превышающий вес работника, но сама должна быть легка и не громоздка.

Основные факторы, которые необходимо учесть при выборе страховочной привязи:

- размер изделия;
- наличие сертификата качества и соответствия установленным ГОСТом стандартам;
- полнота комплектации – наличие паспорта изделия и инструкции, в которой содержится руководство по эксплуатации, обеспечивающее правильное и безопасное использование привязи;
- специфика проведения работ;
- экономическая выгода.

В таблице 4 отображены основные характеристики всех рассматриваемых привязей в рамках данного исследования.

Таблица 4

## Сравнение основных характеристик страховочных привязей

Модель	Количество точек крепления	Масса, кг	Материал	Максимально допустимая нагрузка, кг	Страна-производитель	Стоимость, руб
Gigant СП 1	1	0,5	синтетические материалы, сталь;	150	Россия	~700
СПРУТ УСП II аАЖ, ПП 2, 127923	3	1	синтетические материалы, сталь	150	Россия	~1300
Зубр Эльбрус, 11580	3	1,4	полиэфир, пластик, сталь	150	Китай	~1500
Ампаро 310 777310	1	0,9	полиэфир	150	Россия	~2000
Delta Plus HAR14 p.XL HAR14XX	4	1,1	полиэстер	140	Россия	~4500
Зубр Профессионал 11593	4	1,8	полиэстер, сталь	150	Китай	~4000
Потенциал СП-10 Premium Фаст ртс9062	5	1,9	полиэфирные ленты	150	Китай	~6000
Delta Plus HAR24	4	1,7	синтетические материалы, сталь	150	Китай	~10000
Camp Golden Top Plus L-XXL 0921112	5	2	синтетические материалы	150	Италия	~15000
Delta Plus HAR24	5	2	полиэстер	150	Китай	~22000

**Выводы и перспективы дальнейших исследований**

1. Проведён анализ производственного травматизма в строительной отрасли, связанный с верхолазными работами и работами на высоте. Дана характеристика несчастных случаев при работе на высоте.

2. Выявлены основные нормативные требования к средствам индивидуальной защиты для работы на высоте – страховочным привязям.

3. Произведён анализ использования страховочных привязей, а также приведена характеристика наиболее распространённых страховочных привязей, представленных на рынке РФ и ДНР, что позволило сделать следующие заключения:

– согласно Приказу Государственного комитета Украины по промышленной безопасности; охране труда и горному надзору №62 от 27 марта 2007 года действующим на территории ДНР – предохранительный пояс можно использовать без страховочной привязи, а в соответствии с Приказом Минтруда России №155н от 28 марта 2014 года в России отдельное использование данного пояса без страховочной привязи запрещено.

– их стоимость на рынке РФ и ДНР варьируется от 700 до 22000 рублей, а вес от 0,5 до 2 кг;

– основным фактором, влияющим на качество и стоимость страховочных привязей, является количество точек крепления.

**Библиографический список**

1. Об утверждении Перечня работ с повышенной опасностью [Электронный ресурс] : Приказ Государственного Комитета Гортехнадзора ДНР № 412 от 01.10.2015 г. // ГИС НПА ДНР : сайт. – Электрон. дан. – Донецк, 2016–2022. – Режим доступа: <https://gisnpa-dnr.ru/npa/0105-412-20151001>. – Дата обращения: 14.04.2021. – Загл. с экрана.
2. Роструд: строительство – лидер по производственному травматизму [Электронный ресурс] // Ярославль онлайн : сайт. – Электрон. дан. – Ярославль, 2022. – Режим доступа: <https://76.ru/text/business/2014/01/22/53956691>. – Дата обращения: 13.04.2021. – Загл. с экрана.
3. Еремеев, В. Б. Несчастные случаи в промышленном альпинизме и верхолазных работах: систематизация и анализ причин / В. Б. Еремеев // Механизация строительства. – 2015. – № 10(856). – С. 46–50.
4. Статистика несчастных случаев при выполнении работ на высоте в России за 2012 г. [Электронный ресурс] // АльпПРО : сайт. – Электрон. дан. – [б. м.], 2022. – Режим доступа: <https://promalper.com/articles/statistika-neschastnyh-sluchaev-pri-vypolnenii>. – Дата обращения: 13.04.2021. – Загл. с экрана.
5. Сенченко, В. А. Некоторые аспекты проведения стажировки на рабочем месте при обучении безопасным методам и приемам труда в строительстве [Электронный ресурс] / В. А. Сенченко, Т. Т. Каверзнева // Интернет-вестник ВолгГАСУ : сайт. – Электрон. дан. – Волгоград, 2022. – Режим доступа: <http://vestnik.vgasu.ru/attachments/2-SenchenkoKaverzneva.pdf>. – Дата обращения: 13.04.2021. – Загл. с экрана.
6. Мешалкин, Е. А. Арктический Север. Высотные работы на кровлях зданий / Е. А. Мешалкин, В. А. Сенченко // Охрана труда и социальное страхование. – 2018. – № 2. – С. 58–66.
7. Роструд: статистика летальных исходов на производстве по итогам 2018 года [Электронный ресурс] // Рамблер : сайт. – Электрон. дан. – [б. м.]. – Режим доступа: <https://news.rambler.ru/other/42087084-rostrud-nazval-samye-opasnye-sfery-deyatelnosti>. – Дата обращения: 13.04.2021. – Загл. с экрана.
8. Аблязов Н. Р. Динамика уровня травматизма и проблемы охраны труда на строительных предприятиях / Н. Р. Аблязов // Безопасность жизнедеятельности. – 2018. – № 11. – С. 6–10.
9. Об утверждении Правил по охране труда при работе на высоте [Электронный ресурс] : Приказ Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации № 155н от 28.03.2014 г. // КонсультантПлюс : сайт. – Электрон. дан. – Москва, 1997–2022. – Режим доступа: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_169008](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_169008). – Загл. с экрана.
10. ГОСТ Р ЕН 361-2008 Система стандартов безопасности труда. Средства индивидуальной защиты от падения с высоты. Страховочные привязи. Общие технические требования. Методы испытаний. – Введ. 2009–07–01. – Москва : Стандартинформ, 2009. – 12 с.
11. ГОСТ Р ЕН 358-2008 Система стандартов безопасности труда. Средства индивидуальной защиты от падения с высоты. Привязи и стропы для удержания и позиционирования. Общие технические требования. Методы испытаний. – Введ. 2009–07–01. – Москва : Стандартинформ, 2009. – 12 с.
12. ГОСТ 12.0.003-2015 Система стандартов по безопасности труда. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация. – Введ. 2017–03–01. – Москва : Стандартинформ, 2016. – 16 с.
13. ДСТУ 7239:2011 Система стандартов безопасности труда. Средства индивидуальной защиты. Общие требования и классификация. – Введ. 2011–08–01. – Киев : Национальный стандарт Украины, 2011. – 10 с.

## РАЗРАБОТКА И СОЗДАНИЕ ЭЛЕКТРОННОЙ БАЗЫ ДАННЫХ ПО ЧРЕЗВЫЧАЙНЫМ СИТУАЦИЯМ НА АТОМНЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЯХ

### DEVELOPMENT AND CREATION ELECTRONIC DATABASE ON EMERGENCIES AT NUCLEAR POWER PLANTS

**Титов Станислав Андреевич**

Магистрант, научный сотрудник  
E-mail: tsa-nhl@mail.ru

**Барбин Николай Михайлович**

Д-р техн. наук, доцент, ведущий научный  
сотрудник  
E-mail: nmbarbin@mail.ru

**Кобелев Антон Михайлович**

Канд. техн. наук, старший научный  
сотрудник  
E-mail: antonkobelev85@mail.ru

**Прытков Любим Николаевич**

Адъюнкт, научный сотрудник  
E-mail: prytkov.l.n@mail.ru

ФГБОУ ВО Уральский институт ГПС МЧС  
России

*В работе проведен сбор и анализ о чрезвычайных ситуациях, произошедших на атомных электростанциях в мире за период с 1952 по 2019 год. По результатам проведенного анализа создана электронная база данных. В статье показан принцип работы, возможности и преимущества базы данных.*

**Ключевые слова:** электронная база данных, атомные электростанции, чрезвычайные ситуации, авария, инцидент, реактор.

**Stanislav Titov**

Master's Degree Student, Research Scientist  
E-mail: tsa-nhl@mail.ru

**Nikolay Barbin**

Doctor of Technical Sciences, Leading  
Researcher, Associate Professor  
E-mail: nmbarbin@mail.ru

**Anton Kobelev**

Candidate of Technical Sciences, Senior  
Research Fellow  
E-mail: antonkobelev85@mail.ru

**Lyubim Prytkov**

Adjunct, Research Scientist  
E-mail: prytkov.l.n@mail.ru

FSBEI of Higher Education Ural Institute of  
State Fire Service of EMERCOM of Russia

*The work contains a collection and analysis of emergency situations that occurred at nuclear power plants in the world for the period from 1952 to 2019. Based on the results of the analysis, an electronic database was created. The article shows the principle of operation, the possibilities and advantages of the database.*

**Keywords:** electronic database, nuclear power plants, emergencies, accident, incident, reactor.

**Введение**

Одним из способов решения проблем сбора информации является создание электронных баз данных (БД). В настоящее время вся информация, которая имеется у людей, хранится на электронных носителях или располагается в интернет-ресурсах. Благодаря тому, что теперь у каждого человека есть возможность воспользоваться Всемирной сетью и получить абсолютно любую информацию, люди стали нуждаться в потребности структурировать и упорядочивать данный материал. Без структурирования и упорядочивания поиски той или иной информации

раньше занимало уйму времени, в то время как сейчас это занимает около пару минут. И вот для упрощения поисков нужной информации и была создана электронная БД [1–2].

### Изложение основного материала

Целью электронной базы данных является помощь людям в организации хранения и учёте определенной информации. Так же БД выполняет многочисленные функции. К ним относится ввод, хранение, манипулирование, поиск, выборка, сортировка, обновление, защита данных от потери и доступа посторонних лиц.

При создании БД сбор информации производился из источников [3–10]. При разработке пользовались программой Microsoft Access, которая позволила объединить полученную информацию в десять информационных столбцов, в которых указали: номер аварийного события, дату, страну и место возникновения чрезвычайной ситуации, деление аварийного события на аварии и инциденты, причину возникновения, вид реактора, описания, последствия, способ ликвидации чрезвычайной ситуации. Принципиальная схема работы показана на рис. 1.

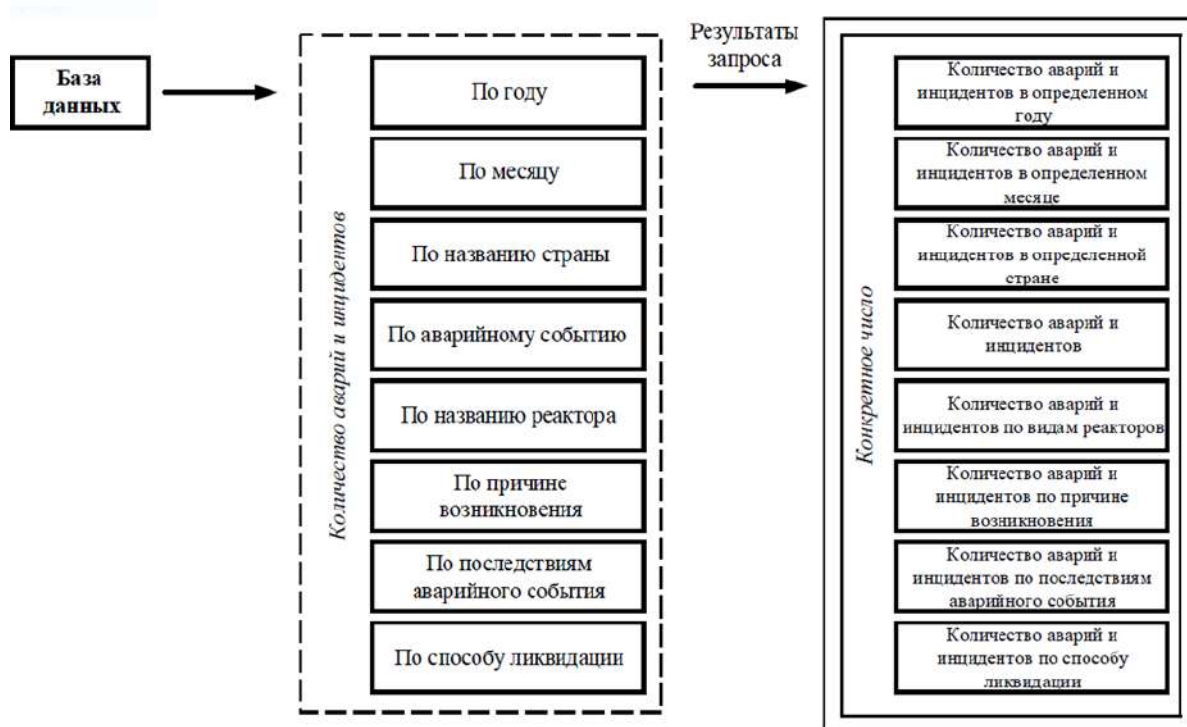


Рис. 1. Принципиальная схема работы БД «Чрезвычайные ситуации на атомных электростанциях за период 1952–2019 гг.»

БД позволяет получить информацию о:

1. Дате произошедшей аварии или инциденте (год, месяц, число).
2. Местоположении объекта (страна).
3. Названии объекта (АЭС).
4. Причине возникновения.
5. Виде ректора, на котором произошла аварийная ситуация.
6. Описании чрезвычайной ситуации (аварии, инцидента).
7. Последствиях чрезвычайной ситуации (аварии, инцидента).
8. Способах ликвидации.

Электронная БД даёт возможность оперативно получить доступ к нужной информации, Интерфейс программы на ЭВМ по работе с БД представлен на рис. 2.

**Пожары на АЭС**

Код	<input type="text" value="2"/>	Следующая запись
Дата	<input type="text" value="1987"/>	Предыдущая запись
Страна	<input type="text" value="Канада"/>	Найти запись
Название АЭС	<input type="text" value="Чок-Ривер"/>	Добавить запись
Аварийная ситуация	<input type="text" value="Авария, сопровождающаяся пожаром"/>	Сохранить запись
Причина	<input type="text" value="По вине персонала"/>	Удалить запись
Тип реактора	<input type="text"/>	Печать записи
Краткая информация	<input type="text" value="Реактор в лаборатории вышел в надкритический режим с избыточной реактивностью. Сначала мощность стремительно росла, но, поскольку движение регулирующего стержня было медленным, то появились признаки стабилизации мощности"/>	Выход из приложения
Способ ликвидации	<input type="text" value="Пожарная команда из личного персонала станции"/>	
Ущерб и пострадавшие	<input type="text" value="Пострадавших нет, за год работы реактор был восстановлен, нанесен экономический ущерб"/>	

Рис. 2. Интерфейс программы на ЭВМ по работе с базой данных

Преимущества электронного хранилища информации по сравнению с бумажными:

1. Поддержка структуры базы данных, созданной на основе классификаций, участвующих в технологическом процессе объектов.
2. Быстрый доступ к информации с рабочего места сотрудника, а также удалённо из любой точки мира.
3. Возможность представлять информацию в удобном виде, используя современные IT-технологии.
4. Копирование и пересылка электронной базы данных по электронной почте и другим каналам происходит практически моментально.
5. В электронной базе данных предусмотрена защита от непреднамеренного удаления и повреждения документа.
6. Возможна одновременная работа с одним и тем же документом неограниченного количества пользователей.
7. Гарантируется сохранность документов за счёт резервного копирования базы данных;
8. Автоматизация документооборота организации.
9. Основа для системы мониторинга технического состояния объектов и технологических процессов.

### Выводы

Разработанная электронная база данных «Чрезвычайные ситуации на АЭС за период 1952–2019 гг.». Позволяет выполнять многочисленные функции: ввод, хранение, манипулирование, поиск, выборку, сортировку, обновление, защиту данных от потери и

доступа посторонних лиц. Электронная база данных дает возможность в проведении быстрого и детального анализа аварийных ситуаций: аварий и инцидентов на АЭС. На основании данного анализа можно сделать план и сценарии развития ЧС [11–12].

### **Библиографический список**

1. Гонашвили, А. С. Наукометрические базы данных и работа с ними : науч.-метод. пособ. / А. С. Гонашвили. – Санкт-Петербург : Университет МПА ЕврАзЭС, 2020. – 57 с.
2. Чрезвычайные ситуации на атомных электростанциях за период 1952–2019 гг. [Электронный ресурс] // Научная электронная библиотека : сайт. – Электрон. дан. – [б. м.], 2000–2022. – Режим доступа: <https://elibrary.ru>. – Загл. с экрана.
3. Титов, С. А. Произошедшие аварии на атомных электрических станциях в России с 1992 по 2019 год / С. А. Титов, Н. М. Барбин, А. М. Кобелев, В. С. Кириллов // Актуальные проблемы обеспечения пожарной безопасности и защиты от чрезвычайных ситуаций : сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции. – Железногорск, 2021. – С. 232–236.
4. Barbin, N. M. Accidents that Occurred at Nuclear Power Plants in 1952–1972 / N. M. Barbin, S. A. Titov, A. M. Kobelev // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. – 2021.
5. Barbin, N. M. Analysis of Accidents and Incidents What Happened at Nuclear Power Plants in Russia from 1992 to 2019 / N. M. Barbin, S. A. Titov, A. M. Kobelev // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. – 2022.
6. Титов, С. А. Анализ аварийных ситуаций, связанных с пожарами на атомных электростанциях / С. А. Титов, Н. М. Барбин, А. М. Кобелев // Пожаровзрывобезопасность. – 2021. – Т. 30. – № 5. – С. 66–75.
7. Титов, С. А. Аварийные ситуации, произошедшие на атомных электростанциях в период с 1992 по 2019 год / С. А. Титов, Н. М. Барбин, А. М. Кобелев // Природные и техногенные риски (физико-математические и прикладные аспекты). – Санкт-Петербург, 2021. – № 3(39). – С. 7–13.
8. Соловьева, С. П. Аварии и инциденты на атомных электростанциях : учеб. пособие / С. П. Соловьева. – Обнинск, 1992. – С. 134–273.
9. Алексахин, Р. М. Крупные радиационные аварии: последствия и защитные меры / Р. М. Алексахин, Л. А. Булдаков, Л. А. Ильина, В. А. Губанова. – Москва, 2001. – 752 с.
10. Калинин, Б. А. Материаловедческие проблемы экологии в области ядерной энергетики : учеб. пособие / Б. А. Калинин, В. И. Польский, В. Л. Якушин, И. И. Чернов. – Москва : Изд-во НИЯУ МИФИ, 2010. – 49 с.
11. Безопасность атомных электростанций: проектирование. Серия: нормы безопасности МАГАТЭ. – Вена, 2012. – 107 с.
12. Брушлинский, Н. Н. Какова «стоимость» пожаров в современном мире? / Н. Н. Брушлинский, С. В. Соколов // Пожаровзрывобезопасность / Fire and Explosion Safety. – 2020. – Т. 29. – № 1. – С. 79–88.

УДК 614.8

## АНАЛИЗ АВАРИЙНОСТИ И ПОКАЗАТЕЛЕЙ ТРАВМАТИЗМА ПРИ ХРАНЕНИИ И СКЛАДИРОВАНИИ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ

### ANALYSIS OF ACCIDENTS RISK AND INJURY RATES DURING THE STORAGE AND SAFEKEEPING OF PLANT RAW MATERIAL

**Томаровщенко Оксана Николаевна**

Канд. техн. наук, доцент

**Прушковский Игорь Валентинович**

Канд. техн. наук, доцент

*E-mail: evelcore@yandex.ru*

Белгородский государственный  
технологический университет  
им. В.Г. Шухова

*Проведен анализ аварийности и показателей травматизма при хранении и складировании растительного сырья на АО «Элеватор» г. Алексеевка. Выявлены основные вредные и опасные производственные факторы.*

**Ключевые слова:** элеваторы, анализ травматизма, контроль сырья.

**Oksana Tomarovshchenko**

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

**Igor Prushkovsky**

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

*E-mail: evelcore@yandex.ru*

Belgorod State Technological University  
named after V.G. Shukhov

*The analysis of accident risks and injury rates during the storage and safekeeping of plant raw materials at AO Elevator in Alekseevka was carried out. The main harmful and dangerous production factors have been identified.*

**Keywords:** elevators, injury analysis, raw material control.

#### Введение

Развитие сельского хозяйства для расширения рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия является важнейшим условием обеспечения продовольственной безопасности РФ [1; 2]. Элеваторы являются важным звеном для обеспечения сохранности урожая и растительного сырья. Хранение и складирование растительного сырья на элеваторах сопровождается наличием потенциальных взрыво- и пожароопасных факторов, источников возгорания, условий для распространения пожара [3; 4].

Элеватор относится к современным аграрным объектам для приема, подготовки, хранения и отпуска семян с/х культур, имеющего соответствующую кондицию и находящегося в условиях, позволяющих поддерживать его качество на уровне принятых стандартов. Устройство и принцип работы элеватора рассчитаны на полноценный контроль процессов, выполнение технологических требований и оптимизацию логистических решений в пределах комплекса [5; 6].

#### Изложение основного материала

Контроль сырья производится путем отбора проб и анализа при поступлении семян в организацию, а также в процессе чистки, сушки сырья и т.д. Контроль осуществляет производственно-технологическая лаборатория. Также запрашивается входящая документация на соответствие качества и безопасности сырья [7].

Структура элеватора включает следующие отделения [8; 9]:

1. Административные и хозяйственные здания.
2. Приёмное отделение. Семена транспортируются к месту назначения посредством автомобильного грузового или ж/д транспорта. Изначально семена доставляют в приёмное отделение, оснащенное под разгрузку конкретного вида транспорта. Грузовые машины направляются в подземные отделения, откуда выгруженные семена с помощью норий направляются в рабочую башню.
3. Весовое отделение.
4. Рабочая башня. Технология работы элеватора заключается в том, что зерно необходимо хорошо очистить от примесей. Происходит это в несколько этапов. Для проведения данной процедуры предназначена рабочая башня.
5. Сушильное отделение.
6. Хранение. Далее технология работы элеватора включает направление семян бобовых и масличных культур на хранение в силосах с плоским днищем и конусным [10; 11].

Последовательность и назначение основных технологических операций работы элеватора представлены на рисунке 1.

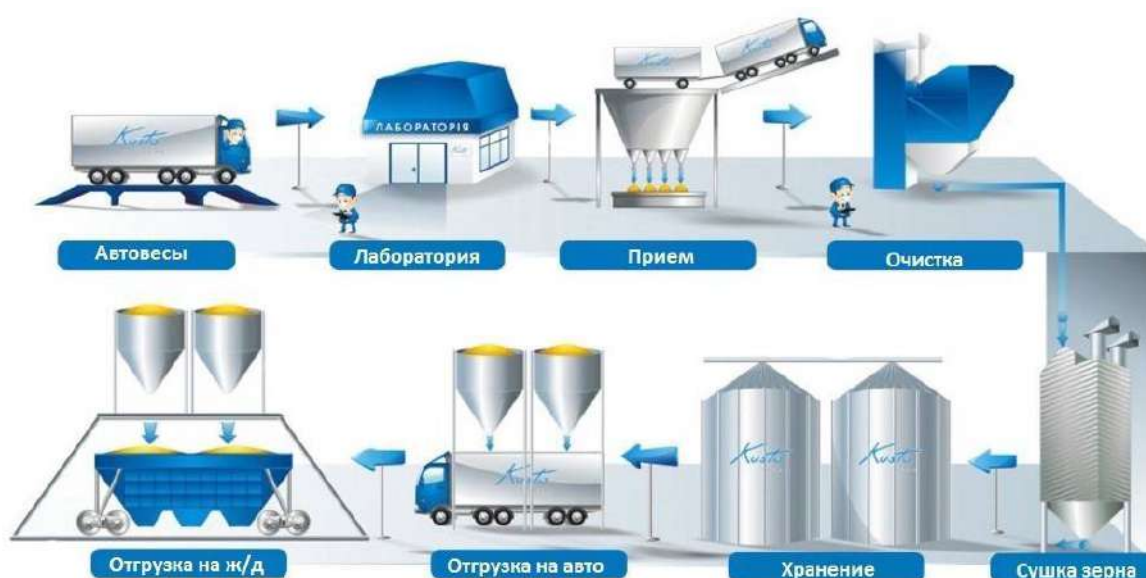


Рис. 1. Схема основных технологических операций работы элеватора

Под сценарием в данной работе понимается полное и формализованное описание следующих событий: фазы инициирования аварии, инициирующего события аварии, аварийного процесса и чрезвычайной ситуации, потерь при аварии, включая специфические количественные характеристики событий аварии, их пространственно-временные параметры и причинные связи [11; 12].

Исходя из производственного и функционального назначения, объекты хранения, переработки и использования растительного сырья обладают рядом свойств, которые способствуют возникновению аварийных ситуаций:

- между функциональными сооружениями и аппаратурой объектов существуют развитые связи;
- в производственных помещениях присутствует повышенная запыленность;
- в магистралях и коммуникациях присутствуют мелкодисперсные продукты.

Статистические данные об авариях и их развитии на объектах хранения, переработки и использования растительного сырья свидетельствуют о том, что они в основном локализованы в пределах территории объекта и распространения за ее пределы не имеют.

Аварии с тяжелыми последствиями возникают вследствие взрывов пылевоздушных, газовоздушных или пыле-газовоздушных смесей внутри оборудования, емкостей и производственных помещений, сопровождаются разрушением строительных конструкций и последующим пожаром.

Исходя из свойств опасных веществ, участвующего в процессе, условий их использования на технологических блоках АО «Элеватор» (г. Алексеевка) возможны следующие аварийные сценарии:

**I) Для оборудования, в котором обращается взрывоопасная пыль:**

1) накопление пыли на оборудовании и строительных конструкциях → появление источника зажигания → пожар (воздействие теплового излучения на персонал и соседнее оборудование);

2) накопление пыли на оборудовании и строительных конструкциях → образование взрывоопасной концентрации (азровзвесь) → появление источника зажигания → взрыв (воздействие ударной волны на персонал и соседнее оборудование);

3) образование взрывоопасной концентрации (азровзвесь) в оборудовании → появление источника зажигания → взрыв (воздействие ударной волны на персонал и соседнее оборудование);

4) нарушение правил хранения растительного сырья и продуктов его переработки → самовозгорание растительного сырья и продуктов его переработки → пожар (воздействие теплового излучения на персонал и соседнее оборудование);

5) нарушение правил хранения растительного сырья и продуктов его переработки → самовозгорание растительного сырья и продуктов его переработки → пожар (воздействие теплового излучения на персонал и соседнее оборудование) → взрыв (воздействие ударной волны на персонал и соседнее оборудование);

6) нарушение правил хранения растительного сырья и продуктов его переработки → образование ГВС в свободном пространстве силоса + наличие (возникновение) источника зажигания → взрыв (воздействие ударной волны на персонал и соседнее оборудование) → пожар (воздействие теплового излучения на персонал и соседнее оборудование).

**II) Для оборудования, в котором обращается природный газ:**

1) разгерметизация газопровода (газового оборудования) → адиабатическое расширение → выброс газа → образование взрывоопасной концентрации + наличие (возникновение) источника зажигания → взрыв (воздействие ударной волны на персонал и соседнее оборудование);

2) разгерметизация газопровода (газового оборудования) → адиабатическое расширение выброс газа + наличие (возникновение) источника зажигания → факельное горение (воздействие теплового излучения на персонал и соседнее оборудование);

3) образование взрывоопасной концентрации в топке котла → при наличии источника зажигания взрыв ГВС → разрушение оборудования, строительных конструкций, поражение персонала, вовлечение в аварийный процесс соседнего оборудования.

Число зафиксированных несчастных случаев в период с 2011 года по ноябрь 2021 года в АО «Элеватор» и рассчитанные значения коэффициентов (показателей) травматизма представлены в таблице.

Уровень травматизма в АО «Элеватор» невысокий, за исключением несчастных случаев, которые произошли в 2012 и 2016 годах. В 2020 г. коэффициент тяжести имеет самое высокое значение относительно  $K_T$  в другие года, что обусловлено получением работником тяжелой травмы. В 2012 г. на АО «Элеватор» коэффициент нетрудоспособности высокий, т.к. в 2012 г. произошли 3 несчастных случая. В 2020 г. коэффициент нетрудоспособности высокий, что обусловлено большим числом дней нетрудоспособности (124 дня) из-за получения работником тяжелой травмы вследствие обрушения соевого шрота на ноги пострадавшей и ее падения.

Таблица

## Показатели производственного травматизма в АО «Элеватор»

Показатели	Годы										
	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Среднесписочная численность работающих	475	470	468	471	469	478	472	473	470	475	475
Количество НС	1	3	0	0	0	2	0	0	0	1	0
Количество дней нетрудоспособности	11	123	0	0	0	30	0	0	0	124	0
Коэффициент частоты	0,21	0,64	0	0	0	0,42	0	0	0	0,21	0
Коэффициент тяжести	11	41	0	0	0	15	0	0	0	124	0
Коэффициент нетрудоспособности	2,31	26,2	0	0	0	6,3	0	0	0	26	0

**Выводы и перспективы дальнейших исследований**

Таким образом, на АО «Элеватор» необходимо проведение дополнительных мероприятий по профилактике травматизма с целью включения эффективного решения проблем охраны труда, внедрение новых, передовых методов организации безопасного выполнения работ в каждом структурном подразделении. К эффективным мероприятиям относятся квалифицированное проведение вводного, первичного на рабочем месте, повторного, внепланового и целевого вида инструктирования сотрудников по охране труда. Также рекомендуется улучшить качество обучения работников, разработать дополнительные медико-профилактические мероприятия, а также ужесточить мониторинг безопасного выполнения работ и применением работников средств индивидуальной защиты.

**Библиографический список**

1. Чаплыгина, Ю. С. Анализ воздействия на окружающую среду АО «Кропоткинский элеватор», расположенного на территории промышленной зоны Кропоткинского городского поселения / Ю. С. Чаплыгина // Образование. Наука. Производство – 2019 : сб. науч. трудов по материалам региональной науч.-практ. конф., 25–27 сентября 2019 г., г. Ставрополь. – Ставрополь : ООО «Секвойя», 2019. – С. 215–218.
2. Дранников, А. В. Комплексное решение прикладных задач на взрывопожароопасных объектах элеваторной промышленности / А. В. Дранников, С. А. Шевцов, Д. В. Каргашилов // Явления переноса в процессах и аппаратах химических и пищевых производств : материалы II Междунар. науч.-практ. конф., 16–17 ноября 2016 г., г. Воронеж. – Воронеж : Воронежский государственный университет инженерных технологий, 2016. – С. 531–535.
3. Малашевская, О. В. Мероприятия по охране труда на зерноперерабатывающих предприятиях / О. В. Малашевская, В. А. Романенков // Инновационные решения в технологиях и механизации сельскохозяйственного производства : сборник науч. трудов. – Горки : Белорусская государственная сельскохозяйственная академия, 2021. – С. 26–28.
4. Лукин, А. Е. Анализ опасностей и риска при эксплуатации элеватора / А. Е. Лукин, С. О. Потапова // Пожарная безопасность: проблемы и перспективы. – 2018. – № 9. – С. 531–535.
5. Белова, Т. И. Снижение опасностей травмирования операторов приемных пунктов элеваторов / Т. И. Белова, Е. М. Агашков, С. В. Терехов, Е. Г. Чернова // Инновационные пути решения актуальных проблем природопользования и защиты окружающей среды : сб. докладов Междунар. науч.-техн. конф., 04–08 июня 2018 г., г. Алушта. – Белгород : БГТУ им. В. Г. Шухова, 2018. – С. 26–31.

6. Воронин, Б. А. Правовое регулирование охраны труда и техники безопасности в российском аграрном комплексе / Б. А. Воронин, М. Л. Юсупов, Я. В. Воронина, Л. А. Новопашин // Научно-технический вестник: Технические системы в АПК. – 2020. – № 2 (7). – С. 59–67.

7. Гузенко, Е. Ю. Обеспечение безопасности труда при переработке зерна / Е. Ю. Гузенко, М. А. Садовников, В. Ю. Мисюряев, Т. С. Иванова // Научное обоснование стратегии развития АПК и сельских территорий в XXI веке : материалы Национальной науч.-практ. конф. – Волгоград, 2021. – С. 23–28.

8. Захарова, Е. А. Организация системы менеджмента качества на предприятиях АПК на примере ТОО «Узункольский элеватор–2030» / Е. А. Захарова // Современные инновации в науке и технике : сб. науч. трудов 4-ой Междунар. науч.практ. конф., 17 апреля 2014 г., г. Курск. – Курск : ЗАО «Университетская книга», 2014. – С. 120–124.

9. Страшенко, Д. Р. Оценка качества промышленной безопасности на зерновых элеваторах / Д. Р. Страшенко, С. С. Гоц // Инновации и наукоёмкие технологии в образовании и экономике : сб. материалов I Междунар. (X Всероссийской) науч.-метод. конф., 29–30 апреля 2014 г., г. Уфа. – Уфа : ФГБОУ ВПО «Оренбургский государственный университет» (УФ), 2014. – С. 111–112.

10. Климова, Е. В. Проблемы эффективного управления профессиональными рисками / Е. В. Климова, В. В. Калатоци, Е. Н. Рыжиков // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. – 2015. – № 4. – С. 270–272.

11. Лопанов, А. Н. Снижение рисков ЧС за счет проведения организационных мероприятий на опасном объекте / А. Н. Лопанов, В. А. Лысых, Е. А. Гордеев // Перспективы развития науки в современном мире : сб. статей по материалам VI междунар. науч.-практ. конф., 09 марта 2018 г., г. Уфа. – Уфа : ООО «Дендра», 2018. – С. 89–93.

12. Лопанов, А. Н. Моделирование процессов горения и взрывов по теории переходного состояния / А. Н. Лопанов, К. В. Тихомирова // Пожарная и техносферная безопасность: проблемы и пути совершенствования. – 2020. – № 2 (6). – С. 254–259.

УДК 614.84

**АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ  
ПОЖАРНОЙ ОХРАНЫ ПО СПАСЕНИЮ ЛЮДЕЙ НА ПОЖАРАХ  
ПО ФЕДЕРАЛЬНЫМ ОКРУГАМ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ЗА ПЕРИОД 2020–2021 гг.**

**ANALYSIS OF THE EFFICIENCY OF FIRE PROTECTION UNITS'  
ACTIVITIES IN RESCUING PEOPLE FROM FIRE IN THE FEDERAL DISTRICT  
OF THE RUSSIAN FEDERATION FOR THE PERIOD 2020–2021**

**Харин Владимир Владимирович**

Начальник центра

**Бобринев Евгений Васильевич**Канд. биол. наук, ведущий научный  
сотрудник**Кондашов Андрей Александрович**Канд. физ.-мат. наук, ведущий научный  
сотрудник**Удавцова Елена Юрьевна**Канд. техн. наук, ведущий научный  
сотрудник**Стрельцов Олег Васильевич**

Начальник сектора

*E-mail: otdel\_1\_3@mail.ru*

Федеральное государственное бюджетное  
учреждение «Всероссийский Ордена  
«Знак Почета» научно-исследовательский  
институт противопожарной обороны  
МЧС России»  
(ФГБУ ВНИИПО МЧС России)

*Проведено сравнительное изучение  
эффективности деятельности подразде-  
лений пожарной охраны по спасению людей  
на пожарах по федеральным округам  
Российской Федерации за период  
2020–2021 гг. с использованием показателя  
«отношение количества спасенных при  
пожарах людей к суммарному количеству  
погибших и спасенных людей».*

**Ключевые слова:** пожар, погибшие,  
спасенные, эффективность, деятельность.

**Vladimir Kharin**

Head of the Center

**Evgeny Bobrinev**Candidate of Biology Sciences, Leading  
Researcher**Andrey Kondashov**Candidate of Physics and Mathematics  
Sciences, Leading Researcher**Elena Udavtsova**Candidate of Technical Sciences, Leading  
Researcher**Oleg Streltsov**

Head of Sector

*E-mail: otdel\_1\_3@mail.ru*

Federal State-Financed Establishment «All  
Russian Research Institute for Fire Protection  
of Ministry of Russian Federation for Civil  
Defense, Emergencies and Elimination of  
Consequences of Natural Disasters»  
(FGBU VNIPO of EMERCOM of Russia)

*A comparative study of the effectiveness of  
the activities of fire departments in rescuing  
people from fires in the federal districts of the  
Russian Federation for the period 2020–2021  
has been carried out. using the indicator “the  
ratio of the number of people saved from fires  
to the total number of dead and rescued  
people”.*

**Keywords:** fire, dead, rescued, efficiency,  
activity.

### Введение

Одной из основных задач пожарной охраны является спасение людей и имущества при пожарах [1].

В настоящей работе проведено сравнительное изучение деятельности подразделений пожарной охраны по спасению людей на пожарах по федеральным округам Российской Федерации за период 2020–2021 гг.

Анализ статистических данных проводился с использованием статистической информации федеральной государственной информационной системы «Федеральный банк данных «Пожары», которая ежегодно формируется согласно приказу МЧС России [2].

### Изложение основного материала

На рис. 1–2 приведены средние значения количества пожаров в расчете на 100 тыс. чел. населения в федеральных округах и в среднем по Российской Федерации в 2020–2021 гг.

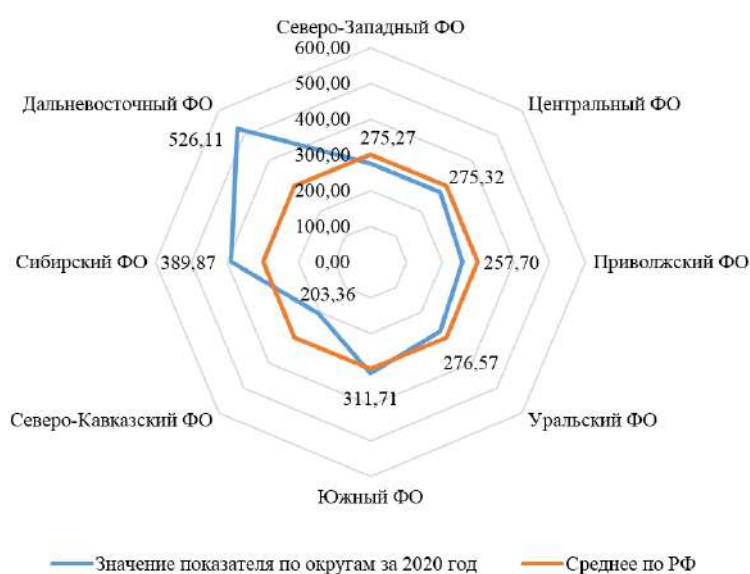


Рис. 1. Относительные показатели количества пожаров в расчете на 100 тыс. чел. населения в федеральных округах и в среднем по Российской Федерации в 2020 г.

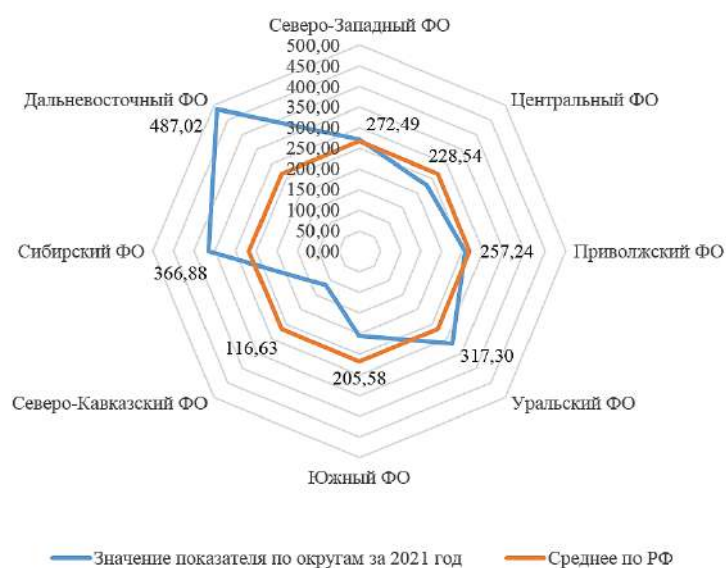


Рис. 2. Относительные показатели количества пожаров в расчете на 100 тыс. чел. населения в федеральных округах и в среднем по Российской Федерации в 2021 г.

Наибольший относительный уровень пожарной опасности выявляется в Дальневосточном федеральном округе – в 1,75 раза выше, чем в среднем по Российской Федерации (значение количества пожаров в расчете на 100 тыс. чел. населения в Российской Федерации в 2020 г. составило 299,4 пож./чел.) и в 1,82 раза выше, чем в среднем по Российской Федерации (значение количества пожаров в расчете на 100 тыс. чел. населения в Российской Федерации в 2021 г. составило 267,1 пож./чел.). Также высокий относительный уровень пожарной опасности выявляется в Сибирском федеральном округе. Следует обратить внимание на изменение уровня пожарной опасности в Уральском федеральном округе. В 2020 г. его значение количества пожаров в расчете на 100 тыс. чел. населения было меньше, чем в среднем по Российской Федерации, а в 2021 г. исследуемый показатель превысил среднее значение по Российской Федерации. Наименьшее значение относительный уровень пожарной опасности зафиксирован в Северо-Кавказском федеральном округе – на 32 % ниже, чем в среднем по Российской Федерации в 2020 г., и на 56 % в 2021 г.

На рис. 3–4 приведены средние значения количества погибших при пожарах людей в расчете на 100 пожаров в федеральных округах и в среднем по Российской Федерации в 2020–2021 гг.

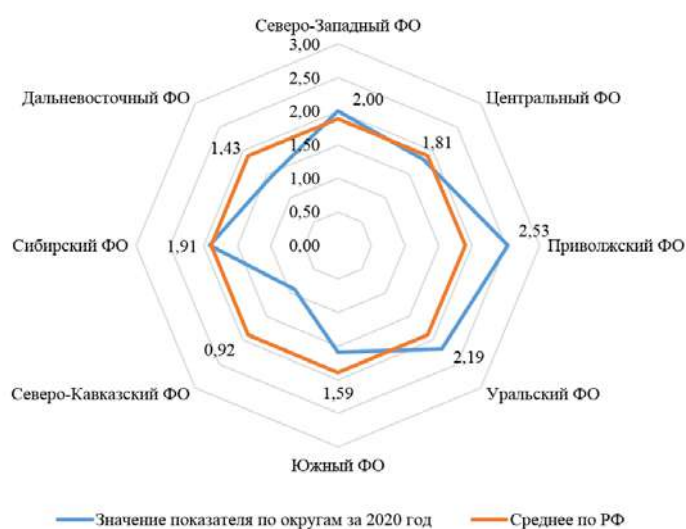


Рис. 3. Среднее количество погибших при пожарах людей в расчете на 100 пожаров в федеральных округах и в среднем по Российской Федерации в 2020 г.

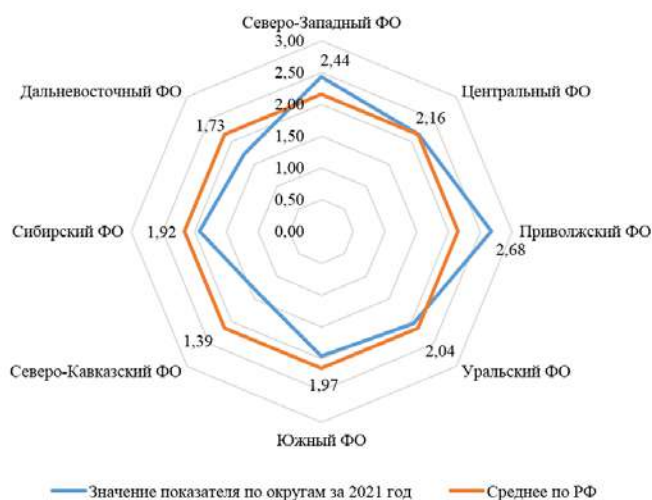


Рис. 4. Среднее количество погибших при пожарах людей в расчете на 100 пожаров в федеральных округах и в среднем по Российской Федерации в 2021 г.

Высокая относительная гибель людей при пожарах зафиксирована также в 2020 г. в Уральском федеральном округе (в 1,16 раз выше средней по Российской Федерации) и в 2021 г. в Северо-Западном федеральном округе (в 1,13 раз выше средней по Российской Федерации). Наименьшее значение среднее количество погибших при пожарах людей в расчете на 100 пожаров оказалось в Северо-Кавказском федеральном округе – на 52% ниже, чем в среднем по Российской Федерации в 2020 г., и на 35 % в 2021 г.

На рис. 5–6 приведены значения показателя «отношение количества спасенных при пожарах людей к суммарному количеству погибших и спасенных людей» в федеральных округах и в среднем по Российской Федерации в 2020–2021 гг. Данный показатель оценивает вероятность спасения подразделениями пожарной охраны людей, оказавшихся в зоне воздействия опасных факторов пожара, приводящих к гибели человека, и характеризует эффективность деятельности подразделений пожарной охраны по спасению людей на пожарах. Большие значения этого показателя могут свидетельствовать о высокой эффективности деятельности подразделений пожарной охраны [3–4].

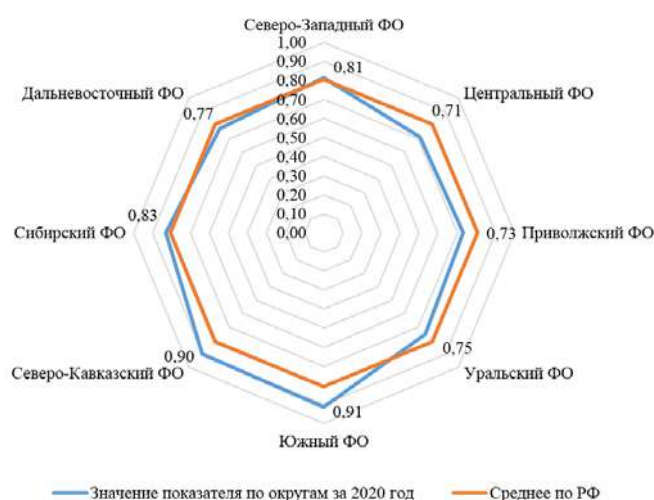


Рис. 5. Отношение количества спасенных при пожарах людей к суммарному количеству погибших и спасенных людей» в федеральных округах и в среднем по Российской Федерации в 2020 г.

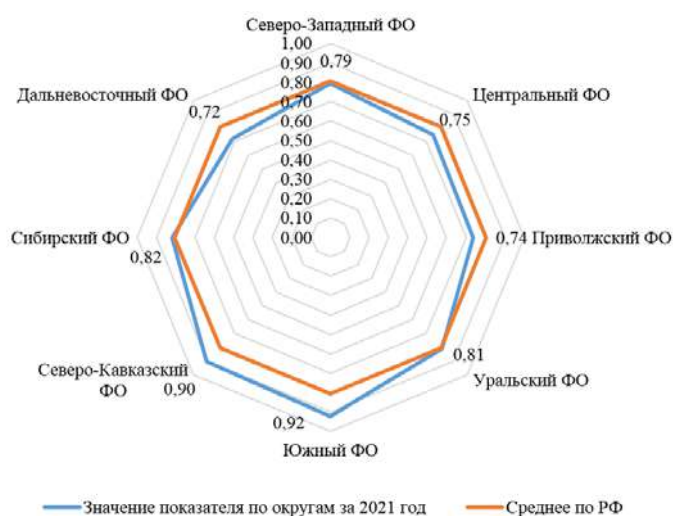


Рис. 6. Отношение количества спасенных при пожарах людей к суммарному количеству погибших и спасенных людей» в федеральных округах и в среднем по Российской Федерации в 2021 г.

Наиболее высокая эффективность деятельности подразделений пожарной охраны оказалась в Северо-Кавказском и Южном федеральных округах – из людей, оказавшихся в зоне воздействия опасных факторов пожара подразделения пожарной охраны спасают 90–92 %. В Сибирском федеральном округе рассматриваемый показатель выше, чем в среднем по Российской Федерации (отношение количества спасенных при пожарах людей к суммарному количеству погибших и спасенных людей) в среднем по Российской Федерации оценивалась в 81 %).

### **Выводы и перспективы дальнейших исследований**

Предложенный подход с использованием показателя «отношение количества спасенных при пожарах людей к суммарному количеству погибших и спасенных людей» позволяет ранжировать территории по эффективности деятельности подразделений пожарной охраны и определить те федеральные округа, в которых необходимо провести мероприятия по повышению боеготовности подразделений пожарной охраны.

### **Библиографический список**

1. О пожарной безопасности [Электронный ресурс] : Федеральный закон № 69-ФЗ от 21 дек. 1994 г. // Официальный интернет-портал правовой информации : сайт. – Электрон. дан. – [б. м.]. – Режим доступа: <http://publication.pravo.gov.ru/SignatoryAuthority/government>. – Загл. с экрана.
2. Федеральный банк данных «Пожары» ФГБУ ВНИИПО МЧС России [Электронный ресурс] // ВНИИПО : Официальный сайт. – Электрон. дан. – Балашиха, 2001–2022. – Режим доступа: <http://www.vniipo.ru/institut/informatsionnye-sistemy-reestry-bazy-i-banki-danny/federalnyy-bank-dannykh-pozhary/>. – Дата обращения: 24.01.2022. – Загл. с экрана.
3. Бобринев, Е. В. Количество спасенных при пожарах как индикатор функционирования пожарной охраны / Е. В. Бобринев, А. А. Кондашов, Е. Ю. Удавцова, А. А. Порошин // Актуальные проблемы пожарной безопасности : материалы XXXI Международной научно-практической конференции. – Москва, 2019. – С. 474–476.
4. Порошин, А. А. Научно-методические подходы к оценке эффективности спасения людей на пожарах пожарно-спасательными подразделениями / А. А. Порошин, В. В. Харин, А. А. Кондашов, Е. В. Бобринев, Е. Ю. Удавцова // Современные проблемы гражданской защиты. – 2019. – № 2(31). – С. 18–24.

УДК 614.847

## СРЕДСТВА ПОЖАРНОЙ АВТОМАТИКИ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ГАЗОВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

### FIRE-FIGHTING SYSTEMS AT GAS INDUSTRY ENTERPRISES

**Чернышова Анна Геннадьевна**

Канд. геогр. наук, доцент

Преподаватель

*E-mail: Gorbunova\_anna\_2014@mail.ru***Anna Chernyshova**

Candidate of Geographical Sciences,

Associate Professor

Lecturer

*E-mail: Gorbunova\_anna\_2014@mail.ru***Капизова Альфия Манцуровна**

Канд. хим. наук, доцент

Преподаватель

**Alfiya Kapizova**Candidate of Chemical Sciences, Associate  
Professor

Lecturer

Астраханский государственный  
архитектурно-строительный университетAstrakhan State University of Architecture and  
Civil Engineering

*В статье говорится о применяемых средствах пожарной автоматики на предприятии газовой промышленности в регионе. Рассмотрены системы обнаружения и предотвращения взрывоопасных концентраций. Разработаны меры по ограничению распространения пожара.*

*The article talks about the fire-fighting systems used at a gas industry enterprise in the region. Systems for detecting and preventing explosive concentrations are considered. Measures have been developed to limit the spread of fire.*

**Ключевые слова:** система пожаротушения, безопасность, пожарная сигнализация, пожарная автоматика.

**Keywords:** fire extinguishing system, safety, fire alarm, fire automation.

#### Введение

Астраханское газоконденсатное месторождение расположено в юго-западной части прикаспийской низменности севернее г. Астрахани. Открыто в 1976 году, а начало освоения началось в 1980 году.

Астраханский газоперерабатывающий завод предназначен для подготовки и переработки пластового газа с получением товарных продуктов.

Перспектива развития комплекса – строительство ряда объектов, которые позволят расширить номенклатуру и качество выпускаемой продукции, а также обеспечить завод и промысел стабильным и бесперебойным электроснабжением.

В июле 2003 года произошел пожар на подстанции «Газовой». Этот пожар повлек за собой аварийную ситуацию на всем комплексе, поэтому возникла необходимость обеспечения газоперерабатывающего завода и установок предварительной подготовки газа дополнительным источником электроснабжения.

Обеспечение пожарной безопасности электроустановок стало одной из важных задач. Технологические объекты завода обеспечены электроснабжением по особой группе 1-й категории в соответствии с гл. 1.2 Правил устройства электроустановок. Объекты газового промысла – скважины и площадки обеспечены электроснабжением по 1-й категории [1].

Электроприемники I категории должны обеспечиваться электроэнергией от двух независимых взаимно резервирующих источников питания, и перерыв их электроснабжения при нарушении электроснабжения от одного из источников питания может быть допущен лишь на время автоматического восстановления питания.

Для электроснабжения особой группы электроприемников I категории должно предусматриваться дополнительное питание от третьего независимого взаимно резервирующего источника питания [2].

### **Изложение основного материала**

Электроснабжение комплекса обеспечивается от электроподстанции «Аксарайской», расположенной в Аксарайском промузле и электроподстанции «Газовой».

Эти две подстанции являются основными источниками электроснабжения не только для газоперерабатывающего завода и газового промысла.

Третьим независимым источником питания является дизельная электростанция (ДЭС), которая расположена на территории завода. ДЭС не предназначена для постоянного электроснабжения завода. Суммарная мощность дизель-генераторов, установленных в ДЭС, позволяет обеспечить электроснабжением объекты завода в течение суток, либо более длительную работу одной из очередей завода на минимальной нагрузке по пластовому газу.

Аппаратные двory технологических установок, пространства вблизи резервуаров с ЛВЖ и ГГ, блоки входных манифольдов, наливные эстакады ЛВЖ и ГГ в автоцистерны и железнодорожные цистерны, согласно ПУЭ, относятся к взрывоопасным зонам класса В-1г. Помещения насосных и компрессорных технологических установок завода также являются взрывоопасными зонами класса В-1а.

В связи с этим к электроустановкам и электросетям на данных объектах предъявляются особые требования, которые отражены в проекте и реализованы в ходе строительства комплекса, а обслуживающий персонал энергослужб подразделений поддерживает все это огромное хозяйство в состоянии, обеспечивающем взрыво- и пожаробезопасность. Электропривод насосов, перекачивающих взрывопожароопасные вещества, имеет защиту от попадания в корпус машины взрывоопасных концентраций паров и газов [1].

Например, мощные электродвигатели насосов в машинных залах установок на установках имеют специальную оболочку, продуваемую воздухом, то есть загазованный воздух, находящийся в машинном зале, не может попасть в корпус машины благодаря избыточному давлению под защитной оболочкой машины. Для создания избыточного давления в кожухах этих электродвигателей на установках имеются специальные приточные вентиляционные системы. Все электрические аппараты и приборы – разветкоробки, светильники, выключатели, применяемые во взрывоопасных зонах, имеют соответствующую защиту и маркировку. Во взрывоопасных помещениях применены провода и кабели только с медными жилами. Места вводов кабелей в электрические машины уплотнены специальными резиновыми сальниками [3].

Обечайки вытяжных вентиляторов в машинных залах выполнены из цветных металлов. Это сделано для того, чтобы при засасывании механических частиц в вентиляционную систему не произошло искрения – источника взрыва и пожара. Вентиляционное оборудование вытяжных систем, в том числе аварийных, выполнено во взрывозащищенном исполнении, соответствующем классу взрывоопасной зоны обслуживаемого помещения.

На объектах завода смонтированы системы пожаротушения и пожарной сигнализации. Установками пожарной автоматики оборудованы технологические насосные и компрессорные, резервуары с нефтепродуктами и стабильным конденсатом, материальные склады, ямы дегазации и хранения серы, аппаратные и машинные залы ЭВМ, кабельные этажи, галереи и шахты, административно-бытовые и складские помещения.

В настоящее время на газоперерабатывающем заводе эксплуатируется 65 установок автоматической пожарной сигнализации с тепловыми, дымовыми и световыми извещателями

и 191 автоматическая установка пожаротушения. Из них в 137-ми в качестве огнетушащего вещества используется пена, в 24-х – пар, в 16-ти – вода, в 13 – газ и в 1 – порошок. На территории газоперерабатывающего завода имеется 4 автоматических насосных станции пенного пожаротушения (АНСПТ).

АНСПТ-1 защищает такие объекты как комбинированную установку, установку гидроочистки и установку каталитического риформинга.

АНСПТ-2 защищает машинные залы технологических установок газоперерабатывающей части на первой очереди завода.

АНСПТ-3 защищает объекты складской зоны завода: резервуары, насосную светлых нефтепродуктов и технологическую насосную склада сжиженных углеводородов.

АНСПТ-4 защищает машинные залы технологических установок газоперерабатывающей части на второй очереди завода. В каждой защищаемой технологической установке имеется узел пожаротушения, который связан с насосной пенопроводами.

Пуск установок пожаротушения от АНСПТ-2,4, защищающих установки газопереработки, гидравлический от побудительной системы, на которой установлены спринклеры. При возникновении пожара спринклер вскрывается, давление в побудительной системе падает, открываются клапана ГД-150 соответствующей секции, которые установлены в узле управления. После открытия клапанов раствор пенообразователя поступает в основную разводку, на которой установлены дренажные оросители ОПДР-15 [1].

Одновременно при падении давления в побудительной системе срабатывает СДУ (сигнализатор давления универсальный). От него поступает электрический сигнал в насосную на включение основного пожарного насоса и насоса-дозатора. Помимо автоматического, предусмотрен ручной пуск систем, который осуществляется путем ручного открывания вентилей, установленных на побудительной системе вблизи входов в защищаемые помещения.

Пуск установок пожаротушения, защищающих резервуары с нефтепродуктами и запитанных от АНСПТ-3, пневматический, то есть побудительная система заполнена сжатым воздухом. Это связано с тем, что резервуары находятся на открытом воздухе и в зимнее время раствор пенообразователя может замерзнуть и разморозить побудительную систему.

Установку можно также запустить вручную из узла управления, который находится в отдельном небольшом здании вблизи резервуара. Для ручного пуска установки необходимо открыть вентиль на побудительной системе непосредственно в узле управления. Для ручного пуска данных систем, как и на объектах газопереработки у входов в защищаемые помещения установлены краны ручного пуска, при помощи которых сбрасывается давление в побудительной системе. В качестве оросителей в данных помещениях применяются пеногенераторы, которые установлены по внутреннему периметру помещений на высоте 2,5 м от пола.

Паровым пожаротушением оборудованы ямы дегазации и суточного хранения серы и установки хранения жидкой серы.

Водяным пожаротушением оборудованы кабельные этажи центральных операторных, кабельные этажи технических установок. Пуск установок водяного пожаротушения электрический от пожарных извещателей, установленных в защищаемых объемах. Также можно запустить любую из установок вручную непосредственно из узла управления путем открытия задвижки.

Газовым пожаротушением оборудованы пространства под фальшполами в центральных операторных и в операторных комбинированной установки и установки каталитического риформинга. В качестве огнетушащего вещества применен хладон. В этом году сдана в эксплуатацию еще одна установка газового пожаротушения, защищающая кабельные подпольные лотки в здании распределительного устройства. Здесь в качестве огнетушащего газа применена углекислота CO<sub>2</sub>. Пуск установок газового пожаротушения электрический от пожарных извещателей, установленных в защищаемых объемах и дистанционный от кнопок, установленных у входа в защищаемые помещения [4].

Порошковым пожаротушением оборудована сушильная печь в цехе капитального ремонта электрооборудования. Пуск установки тросовой. При возникновении пожара происходит расплавление легкоплавкого замка цепи тросовой системы, натянутой грузом. Груз при падении ударом вскрывает запорно-пусковое устройство баллона, заряженного двуокисью углерода. Двуокись углерода из баллона поступает в баллон с порошком и вытесняет его. Порошок переходит в псевдосжиженное состояние благодаря давлению  $\text{CO}_2$  и становится текучим. При повышении давления в баллоне до 0,8 МПа срабатывает пневматический клапан, после чего порошок по трубопроводу поступает в распределительную трубу и далее – на защищаемую площадь.

На газоперерабатывающем заводе имеется единая диспетчерская служба пожарной автоматики. Туда стекается вся информация о сработке систем пожаротушения и пожарной сигнализации, а также о неисправностях шлейфов, приборов и аппаратуры. Диспетчер, получив сигнал о пожаре или неисправности на объекте завода, направляет туда слесарей и электриков, которые также несут круглосуточное дежурство.

Все сигналы о пожарах и неисправностях шлейфов транзитом через АНСПТ-2 поступают на центральный пункт пожарной связи ОВПО. В качестве приемно-контрольных приборов как в диспетчерской пожарной автоматики завода, так и в ОВПО применены приборы «ППС-3» и «Сигнал-20».

Здания, сооружения на территории и скважины оборудованы установками пожарной сигнализации. Сигнал о срабатывании установок АПС выведен в операторную. На каждой скважине расположен узел управления технологической автоматикой, системой контроля и электропривода различных клапанов и задвижек, установлены дымовые извещатели.

В здании операторной, административных и бытовых помещениях установлены извещатели ИП-212-46, а также ручные извещатели ИПР. В складских помещениях и на объектах установлены тепловые извещатели ИП-105. В помещении операторных установлены приемно-контрольные приборы «Сигнал-20». Обслуживание установок АПС проводится специалистами участка пожарной автоматики и специализированной организацией на договорной основе.

В соответствии с утвержденным графиком ежемесячно проводятся проверки технического состояния и работоспособности установок АПС газового промысла с составлением актов.

Развита и система обнаружения и предотвращения взрывоопасных концентраций. Машинные залы и аппаратные дворы, а также территории блоков входных манифольдов оборудованы системами детектирования горючих газов с установленными газоанализаторами по углеводородам и  $\text{H}_2\text{S}$ . При срабатывании систем включается световая и звуковая сигнализация и автоматически запускается аварийная вытяжная вентиляция в помещениях насосной и компрессорной объекта, на котором произошла сработка газоанализаторов.

Световая и звуковая вентиляция срабатывают при количественном превышении углеводородов и достижении концентрации сероводорода  $3 \text{ мг/м}^3$ .

Сблокированная с системой детектирования горючих газов аварийная вентиляция включается при количественном превышении углеводородов и концентрации сероводорода  $10 \text{ мг/м}^3$ .

При проектировании и строительстве объектов комплекса предусмотрены мероприятия, препятствующих распространению пожара и разрушению зданий, сооружений и оборудования:

- по времени сопротивляемости основных конструкций здания воздействию опасных факторов пожара здания технологических установок относятся ко 2-й степени огнестойкости;
- для предотвращения разрушения зданий в случае взрыва в качестве легкосбрасываемых конструкций используются оконные проемы и участки покрытий;
- в проемах помещений категории «А» установлены двери и ворота в противопожарном исполнении;

– если в одном здании расположено несколько помещений различной категории по взрывопожарной и пожарной опасности, данные помещения разделены противопожарными стенами;

– места прохода коммуникаций через ограждающие конструкции – стены, перегородки и перекрытия загерметизированы огнестойким составом;

– в воздуховодах приточной вентиляции в местах пересечения противопожарных стен установлены обратные и противопожарные (огнезадерживающие) клапана;

– по периметру площадок и этажерок с оборудованием, содержащим ЛВЖ, ГЖ и СУГ, выполнено сплошное ограждение для исключения распространения возможного разлива высотой 15 см;

– между зданиями и сооружениями и технологическими установками предусмотрены противопожарные разрывы согласно СНиП 2-89-80 «Генеральные планы промышленных предприятий» и ВУПП-88;

– для предотвращения распространения пожара по сетям канализации, содержащим промышленные стоки, в колодцах на выходе с установок и через каждые 400м на магистральных участках предусмотрены колодцы с гидрозатворами;

– по периметру резервуаров с н/п, СУГ и СК выполнены обвалования, объем обвалования соответствует объему наибольшего резервуара, находящегося внутри каре;

– склады гранулированной и комовой серы разбиты на карты размерами не более 100х100м, между картами предусмотрены разрывы шириной 6 м;

– на резервуарах с нефтепродуктами установлены огнепреградители [1].

### **Выводы и перспективы дальнейших исследований**

Итак, высокая степень пожарной опасности скважин, технологических объектов АГПЗ и газового промысла обусловлена наличием большого количества обрабатываемых и хранящихся взрывопожароопасных веществ, находящихся в ряде случаев под большим давлением и высокой температурой в разнообразных технологических аппаратах и связанных в единую технологическую цепь разветвлённой сетью трубопроводов, многочисленными фланцевыми соединениями и арматурой, нарушение герметичности которых может повлечь за собой утечку продукта и образованием взрывоопасных смесей.

Наиболее распространёнными видами нарушения герметичности в аппаратах и их обвязке являются пробои прокладок фланцевых соединений и сальников задвижек, клапанов и другой запорной арматуры [1].

Наиболее опасными источниками воспламенения являются топки нагревательных печей, подогреватели скважин и загорания в самих печах и подогревателях при утечке подогреваемого продукта.

Помимо этого, источниками воспламенения взрывоопасных смесей могут послужить искры и открытое пламя при проведении сварочных и других огнеопасных работ, механических ударов, разряды статического и атмосферного электричества, нагретые части аппаратов. Даже банальное курение вне установленного места может привести к пожару и взрыву, а также электросети и электроприборы при ненадлежащей эксплуатации могут стать причиной пожара.

Пожары и взрывы на установках могут возникнуть из-за несоблюдения технологического регламента при эксплуатации насосно-компрессорного оборудования, перегрева подшипников во вращающихся деталях и механизмах, разгерметизации технологических аппаратов вследствие несоблюдения регламентных параметров – температуры, давления и уровня [2].

### **Библиографический список**

1. Правила устройства электроустановок [Электронный ресурс] // Госпозтехника : сайт. – Электрон. дан. – [б. м.]. – Режим доступа: <https://gosgroup.ru/docs/pravila-elektrostanovok/>. – Загл. с экрана.

2. Корольченко, А. Я. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения : справочник : в 2 ч. / А. Я. Корольченко, Д. А. Корольченко. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва : Асс. «Пожнаука», 2004. – Ч. 1. – 713 с.

3. Бурашников, Ю. М. Пособие по обследованию и проектированию зданий и сооружений, подверженных воздействию взрывных нагрузок / Ю. М. Бурашников. – Москва : АО «ЦНИИПромзданий», 2000. – 87 с.

4. Пожаротушение: проблемы, технологии, инновации : сб. тезисов докладов Междунар. науч.-практ. конф. [Электронный ресурс] // Академия Государственной противопожарной службы : сайт. – Электрон. дан. – Москва, 2018. – Режим доступа: <https://academygps.ru/upload/iblock/f7d/f7dae91ea0fc3773bbe7b204f1cc1f1d.pdf>. – Загл. с экрана.

УДК 612.215

## ПРИМЕНЕНИЕ СОВРЕМЕННЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ КАЧЕСТВ МАСКИ ДЫХАТЕЛЬНОГО АППАРАТА

### APPLICATION OF MODERN MATERIALS TO IMPROVE THE QUALITY OF A BREATHING MASK

**Эксаров Владислав Витальевич**  
Студент

**Онищенко Сергей Александрович**  
Кандидат технических наук,  
старший научный сотрудник  
Доцент  
E-mail: serg-onis@mail.ru

ГБОУ ВО «АГЗ МЧС ДНР»

*В статье представлены результаты анализа и обзора применения современных материалов для теплозащиты и огнезащиты средств индивидуальной защиты органов дыхания пожарного-спасателя.*

**Ключевые слова:** маска, теплозащита, огнезащита, современные материалы.

#### Введение

Аппарат дыхательный обеспечивает надежность, безопасность и комфорт при работе пожарного-спасателя в задымленной или загазованной среде, в которой использование противогазов не является разумным решением, а также в местах, где существует потенциальная угроза выброса веществ, опасных для органов дыхания и зрения человека. В связи с этим появилась необходимость рассмотреть современные материалы, которые используются в средствах индивидуальной защиты органов дыхания для теплозащиты и огнезащиты спасателя.

#### Изложение основного материала

При изготовлении современных дыхательных аппаратов и масок производитель должен учитывать:

- снижение массы дыхательного аппарата за счет применения металлокомпозитных и композитных баллонов, чтобы обеспечить высокую мобильность при перемещении;
- улучшение эргономики аппарата;
- повышение надежности дыхательных аппаратов;
- расширение диапазона рабочих температур, при которых аппарат будет работать исправно;
- повышение защиты органов дыхания;
- использование в дыхательном аппарате новых видов современных конструкционных материалов с тепло- и огнестойкими свойствами;
- расширение диапазона рабочих температур, при которых аппарат будет работать исправно.

**Vladislav Eksarov**  
Student

**Sergey Onishchenko**  
Candidate of Technical Sciences, Senior  
Research Fellow  
Associate Professor  
E-mail: serg-onis@mail.ru

The Civil Defence Academy of EMERCOM of the DPR

*The article presents the results of the analysis and review of the use of modern materials for thermal protection and fire protection of personal protective equipment of the respiratory system of a firefighter-rescuer.*

**Keywords:** mask, thermal protection, fire protection, modern materials.

Для того чтобы они обладали всеми вышеперечисленными свойствами, при их изготовлении необходимо использовать прочные материалы с соответствующими тепло- и огнестойкими характеристиками [1].

Лицевая часть дыхательного аппарата (маска) предназначена для изоляции органов дыхания и зрения человека от воздействия токсичной и задымленной газовой среды, подачи чистого воздуха от легочного автомата в органы дыхания (через входной клапан) и удаления выдыхаемого воздуха через клапаны выдоха [2].

Наибольшее развитие на сегодняшний день получили полнолицевые маски. Полнолицевые маски позволили обеспечить лучшую видимость (поле зрения увеличивается на не менее чем 70 %). Это достигается за счет использования панорамного стекла. Универсальность и возможность регулировки маски лямками наголовника непосредственно по голове пользователя, снизили вероятность запотевания стекла за счет обдува воздухом из легочного автомата и конструкции подмасочника, расположенного под лицевой частью и охватывающего, при надевании маски, рото-носовую часть лица пользователя.

Рассмотрим панорамную маску ПМ «Дельта», представленную на рис. 1. При её производстве используют силикон, что дает человеку более комфортно работать. Она более устойчива к воздействию высоких и низких температур от  $-50$  до  $+55$  °С, качество передачи речи в условиях шума до 50 дБ. Панорамные маски из резины прочные, выдерживают воздействие различных химических веществ, сохраняют защитные свойства при низких температурах. Также в них устанавливается триплекс. Многослойное безопасное стекло сохраняет свои качества при сильном нагреве, выдерживает воздействие открытого пламени с температурой  $700-750$  °С в течение 5 с и теплового потока  $8,5$  кВт/м<sup>2</sup> в течение 12 мин. Безусловно, данные характеристики обеспечивают высокую надежность и комфорт в работе, но это не является пределом и характеристики данной маски могут быть повышены.

Добавив следующие материалы: неопрен и поликарбонатное стекло, получим прирост к характеристикам [3; 4]. Сменное ударопрочное поликарбонатное стекло обеспечит общее поле зрения до 70 % от поля зрения человека при этом обзор не будет искаженным. Маска «Дельта» снабжена металлической переговорной мембраной, при использовании этих материалов повысится и качество передачи речи в условиях шума до 60–65 дБ. Также работоспособность в маске при температуре окружающей среды от  $-50$  до  $+60$  °С и относительной влажности до 95 % (при температуре  $+35$  °С). Панорамная маска ПМ «Дельта» получит повышение теплостойкости и выдержит воздействие открытого пламени с температурой  $800$  °С в течение 5 с и теплового потока  $8,5$  кВт/м<sup>2</sup> в течение 20 мин. При комбинировании вышеперечисленных материалов, повысится устойчивость к воздействию ПАВ (поверхностно - активных веществ) и таких дезинфицирующих растворов как: спирт этиловый ректификованный, водных растворов перекиси водорода (6 %), хлорамина (1 %), борной кислоты (8 %), марганцового калия (0,5 %).



Рис. 1. Маска панорамная ПМ «Дельта»

Ниже приведены характеристики неопрена и поликарбонатного стекла и их преимущество при использовании.

#### *Неопрен*

Неопрен представляющий собой хлоропреновый каучук, представленный на рис. 2, по-другому, вспененную резину. Созданный с целью замены натуральной резины искусственным материалом, более стойким к воздействию химических реагентов, неопрен стал востребованным во многих сферах человеческой деятельности. Гибкая, эластичная материя, не пропускающая воздух и влагу [3].

Неопрен обладает следующими достоинствами:

- Полная водонепроницаемость, свойственная всем каучукам.
- Пористая структура обеспечивает уникальные теплоизоляционные качества материала. Изделия из неопрена выдерживают температуры от -55 до +90 °С;
- Устойчивость к соленой воде, маслам и химикатам;
- Способность защитить владельца от механических повреждений;
- Экологичность материала. Неопрен не накапливает статическое электричество и не вызывает аллергии;
- Более высокая огнестойкость по сравнению с другими материалами из каучука.
- Ткань имеет небольшой вес, гибкая и пластичная, прекрасно сохраняет форму изделия;
- Не подвержен бактериальному и грибковому воздействию.



Рис. 2. Неопреновый каучук

#### *Поликарбонатное стекло*

Поликарбонатное стекло – это полимерный материал изготовлен из обычного поликарбоната высокого качества, представленный на рис. 3. Он имеет форму плоских листов и предназначен для разнообразного использования. По составу эти листы напоминают обычное или органическое стекло.

Одними из свойств поликарбоната является его значительная механическая прочность, гибкость, долговечность (поликарбонат боится лишь ультрафиолета – от которого его защищают специальные присадки, добавляемые во время плавления, а также создструдированная пленка), широкий температурный диапазон использования от -40 до +120 °С, хотя на практике диапазон несколько шире. Также он обладает малым весом и прост в обработке. Важно, что материал не просто трудно загорается, но ещё и не дает огню распространяться – оплавляясь, поликарбонат словно тушит пламя, мешая его дальнейшему продвижению.



Рис. 3. Поликарбонатное стекло

### **Выводы и перспективы дальнейших исследований**

Процесс совершенствования лицевых частей современных дыхательных аппаратов направлен на эффективный подбор современных материалов с высокими ударо-, тепло-, огне- и холодоустойчивыми свойствами, а также на совершенствование конструкции масок с целью создания наиболее комфортных микроклиматических условий дыхания, обеспечения применения устройств громкоговорящей связи и переговорных устройств. Целью совершенствования дыхательных аппаратов целесообразно использовать прогрессивные материалы (неопрен, силикон, поликарбонатное стекло, триплекс), которые обеспечивают надёжность, безопасность и комфорт при работе в задымлённой или загазованной среде, в местах, где существует потенциальная угроза выброса химически-опасных веществ. Благодаря этим материалам совершенствуются конструкции лицевых частей дыхательных аппаратов.

### **Биографический список**

1. Новые средства индивидуальной защиты используемые на пожарах [Электронный ресурс] // Системы безопасности: Security and Safety : сайт. – Электрон. дан. – [б. м.]. – Режим доступа: <http://lib.secuteck.ru/articles2/firesec/novye-sredstva-individualnoy-zaschity-i-spaseniya--ispolzuemye-na-pozharah>. – Дата обращения: 29.09.2021. – Загл. с экрана.
2. Дыхательная маска, её свойства и исполнение [Электронный ресурс] // poshproekt.ru: О пожарной безопасности : сайт. – Электрон. дан. – [б. м.]. – Режим доступа: [https://pzhproekt.ru/nsis/KatalogPTP/Special/Parts/Postav/Pict/Dihat\\_syst-2000/ap-2000r5.htm](https://pzhproekt.ru/nsis/KatalogPTP/Special/Parts/Postav/Pict/Dihat_syst-2000/ap-2000r5.htm). – Дата обращения: 29.09.2021. – Загл. с экрана.
3. Неопрен: описание материала, состав, свойства, достоинства и недостатки [Электронный ресурс] // textil.life : сайт. – Электрон. дан. – [б. м.]. – Режим доступа: <https://textile.life/fabrics/types/neopren-opisanie-materiala-sostav-svoystva-dostoinstva-i-nedostatki.html>. – Дата обращения: 29.09.2021. – Загл. с экрана.
4. Уникальные свойства поликарбоната [Электронный ресурс] // ТСК Империя : сайт. – Электрон. дан. – [б. м.]. – Режим доступа: [https://tbc-empire.ru/faq/faq\\_poly/svoistva/](https://tbc-empire.ru/faq/faq_poly/svoistva/). – Дата обращения: 29.09.2021. – Загл. с экрана.

УДК 614.84

## ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ТРЕБОВАНИЙ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ

### FEATURES OF THE APPLICATION OF FIRE SAFETY REQUIREMENTS IN MODERN CONDITIONS

**Ягодка Евгений Алексеевич**

Канд. техн. наук, доцент  
Заместитель начальника учебно-научного  
комплекса, начальник кафедры  
E-mail: e.a.yagodka@mail.ru

**Богатов Антон Александрович**

Заместитель начальника учебно-научного  
комплекса, начальник отдела  
E-mail: abogatov82@mail.ru

**Кокорин Евгений Владимирович**

Старший преподаватель  
E-mail: evkokorin@mail.ru

ФГБОУ ВО «Академия государственной  
противопожарной службы МЧС России»

*Рассмотрена проблема социально-экономического развития государства, связанная с применением действующих требований пожарной безопасности. В качестве решения предложен порядок применения требований, основанный на учете степени риска причинения вреда охраняемым законом ценностям, и рассмотрен пример экономического эффекта от реализации указанного порядка.*

**Ключевые слова:** требования пожарной безопасности, оценка степени риска причинения вреда, защита жизни и здоровья людей.

**Evgeniy Yagodka**

Candidate of Technical Sciences, Associate  
Professor  
Deputy Head of Educational-Scientific  
Complex, Head of Department  
E-mail: e.a.yagodka@mail.ru

**Anton Bogatov**

Deputy Head of Educational-Scientific  
Complex, Head of Department  
E-mail: abogatov82@mail.ru

**Evgeniy Kokorin**

Senior Lecturer  
E-mail: evkokorin@mail.ru

State Fire Academy of EMERCOM of Russia

*The problem of the socio-economic development of the state, associated with the application of existing fire safety requirements, is considered. As a solution, a procedure for applying the requirements is proposed, based on the risk assessment of harm to legally protected values, and an example of the economic effect from the implementation of this procedure is considered.*

**Keywords:** fire safety requirements, risk assessment of harm, protection of human life and health.

**Введение**

На протяжении уже более 100 лет одной из основных проблем экономического развития Российской Федерации является жесткая, избыточная и противоречивая нормативная база в области обеспечения безопасности, в том числе пожарной безопасности, не учитывающая степени риска причинения вреда жизни и здоровью людей, имуществу, окружающей среде. Данное обстоятельство приводит к избыточным необоснованным перерасходам средств на противопожарную защиту при низком уровне обеспечения безопасности людей. В результате значительно затягиваются сроки проектирования и удорожается строительство и

эксплуатация зданий и сооружений, а в ряде случаев невозможность выполнить в полном объеме требования пожарной безопасности приводит к отказу от строительства объекта и будущей предпринимательской деятельности. Дополнительную социально-экономическую напряженность создают ситуации необоснованного ограничения прав и свобод граждан при осуществлении контрольно-надзорной деятельности в случае выявления нарушений требований пожарной безопасности.

Данная проблема является актуальной для всех государств постсоветского пространства, поскольку нормативная база этих самостоятельных государств идентична в виду того, что ее источником является нормативная база СССР.

### **Изложение основного материала**

Выход из сложившейся ситуации озвучивается специалистами в области пожарной безопасности уже на протяжении ста лет – необходима разработки и применение требований пожарной безопасности с учетом динамики возможного пожара [1–5; 7–8], поскольку в нормативной базе не учитываются индивидуальные особенности зданий (сооружений), что подтверждается не только результатами моделируемых, но и реальных пожаров [6].

С целью решения проблемы в Российской Федерации с 2003 года проводится административная реформа, в рамках которой приняты Федеральный закон от 27.12.2002 № 184-ФЗ «О техническом регулировании», Федеральный закон от 29.06.2015 № 162-ФЗ «О стандартизации в Российской Федерации», Федеральный закон от 31.07.2020 № 247-ФЗ «Об обязательных требованиях в Российской Федерации». Этими законами устанавливаются принципы разработки, принятия, применения и исполнения обязательных и добровольных требований безопасности, в том числе пожарной. Основными принципами являются:

- разделение требований на обязательные и добровольные;
- учет степени риска причинения вреда;
- минимальная необходимость требований;
- соответствие целям защиты жизни и здоровья людей, имущества, окружающей среды;
- соответствие уровню научного, экономического и материально-технического развития;
- возможность выбора способов реализации обязательных требований.

Также с 2001 года на законодательном уровне регулируются вопросы взаимодействия контрольно-надзорных органов с субъектами предпринимательства. В настоящее время эти отношения регулируются Федеральным законом от 31.07.2020 № 248-ФЗ «О государственном контроле (надзоре) и муниципальном контроле в Российской Федерации», в соответствии с которым контрольно-надзорная деятельность должна осуществляться на основе оценки и управления риском причинения вреда жизни и здоровью людей, имуществу и окружающей среде, в том числе при применении проверяемых требований и строгом соблюдении законных прав и свобод граждан, среди которых конституционное право свободы распоряжения своим имуществом (ст. 34 Конституции РФ, ст. 2 Гражданского кодекса РФ).

Несмотря на принятое законодательство, действующий с 1992 года ГОСТ 12.1.004-91 «Пожарная безопасность. Общие требования», устанавливающий необходимость оценки целесообразности и эффективности противопожарных мероприятий с учетом динамики пожара, решить проблему низкого качества нормативной базы в области пожарной безопасности, и не только, пока не удалось, в том числе путем применения механизма «регуляторной гильотины».

Так, по результатам анализа итогов «регуляторной гильотины» специалистами установлено, что положительный эффект от проведенной реформы нормативной базы практически отсутствует, поскольку [10]:

- не получилось реализовать научно-обоснованный подход к созданию новой системы регулирования: определить подлежащие защищаемые ценности, методы управления рисками, приемлемый уровень риска, объекты и способы регулирования;

– по результатам опроса участников рынка 90 % не заметили «гильотины», 33 % отметили, что содержание нормативных правовых актов не изменилось, 40 % ждет серьезного увеличения издержек;

– законодательные акты и акты Президента Российской Федерации не попали под регуляторную гильотину, что приводило к переутверждению существовавших обязательных требований;

– под «гильотину» попали акты, многие из которых на практике и так не применялись, «гильотина» часто применялась к «мертвым нормам». 70 % актов, содержащих контролируемые обязательные требования, не попали под «регуляторную гильотину».

Таким образом, проблема, озвученная еще в начале прошлого века до сих пор не решена, поэтому ожидать изменений социально-экономической ситуации: повышения уровня обеспечения безопасности и благосостояния граждан и темпов экономического роста, не представляется возможным.

Для выхода из сложившейся ситуации необходимо осуществить переход на реальную риск-ориентированную модель деятельности по обеспечению пожарной безопасности, в том числе при осуществлении контрольно-надзорной деятельности, основанную на разработке, применении, исполнении и оценке соблюдения требований пожарной безопасности с учетом расчетной оценки степени риска причинения вреда охраняемым законом ценностям: жизнь и здоровье людей, чужое имущество, окружающая среда.

Для этого, до переработки требований пожарной безопасности с учетом принципов законодательства, регулирующего общественные отношения, и законодательства о техническом регулировании, порядок применения действующих требований пожарной безопасности на всех стадиях жизненного цикла объекта должен включать в себя 3 этапа:

1 этап – определение перечня эффективных требований (мер) для решения всего комплекса задач по обеспечению пожарной безопасности на рассматриваемом объекте с учетом степени риска причинения вреда жизни и здоровью людей, имуществу (в т.ч. собственному). Определение эффективности конкретных требований пожарной безопасности осуществляется путем проведения исследований, испытаний, моделирования возможного пожара и эвакуации людей по апробированным или сертифицированным методам (методикам).

2 этап – разделение перечня требований (мер), установленного на первом этапе, на обязательные требования (меры), направленные на защиту жизни и здоровья людей, чужого имущества и окружающей среды, и добровольные требования (меры), направленные на защиту собственного имущества.

3 этап – применение, исполнение и контроль (надзор) соблюдения обязательных требований (мер) – включение их в систему обеспечения пожарной безопасности объекта. При этом меры по защите чужого имущества могут быть заменены страхованием гражданской ответственности.

Такой подход, позволит значительно сократить затраты на противопожарную защиту объектов и сроки ввода в эксплуатацию объектов капитального строительства, повысить существующий и обеспечить минимально необходимый уровень безопасности людей, обеспечить повышение темпов экономического роста и благосостояния населения.

В качестве примера для оценки социально-экономического эффекта при переходе от типовой (традиционной) к риск-ориентированной модели деятельности по обеспечению пожарной безопасности, включая контрольно-надзорную деятельность, рассмотрим одноэтажное производственное здание площадью 1200 м<sup>2</sup> и высотой 7 м. В основном производственном помещении площадью 1070 м<sup>2</sup>, высотой 7 м. осуществляется производство полимерной упаковки. В здании находятся 22 человека.

При реализации типовой (традиционной) модели, основанной на прямом применении (т.е. без оценки рисков) всех действующих требований пожарной безопасности, проектировщик, специалист экспертизы проектной документации, инспектор органов государственного строительного и пожарного надзора, руководствуясь действующими

требованиями пожарной безопасности, предписал бы собственнику объекта предусмотреть следующие технические системы противопожарной защиты:

- автоматическую установку спринклерного пожаротушения по площади производственного помещения;
- внутренний противопожарный водопровод из расчета 2 пожарных крана с расходом не менее 2,5 л/с;
- наружное противопожарное водоснабжение с расходом не менее 25 л/с, с устройством кольцевого водопровода с гидрантами, резервуарами с запасом воды и организацией подъездов к зданию по территории;
- систему вытяжной противодымной защиты;

Примерная стоимость обеспечения объекта всеми вышеуказанными техническими системами противопожарной защиты ( $Z_{\text{СППЗ}}^{\text{тип}}$ ), без учета необходимости выполнения иных работ, связанных с этими системами, составляет 20 млн. рублей.

Примерная оценочная стоимость производственного здания составляет 8,5 млн. рублей.

При расчетной оценке эффективности всех вышеперечисленных технических систем, а также с учетом данных по пожарам на аналогичных объектах, в случае пожара произойдет полное уничтожение имущества. Предусмотренные технические системы противопожарной защиты будут не эффективны и «сгорят» вместе с объектом.

Таки образом, реальные (прямые) потери собственника при реализации типовой модели, без учета стоимости объекта и имущества, находящегося в нем, составят:

$$U_{\text{р.п.}}^{\text{тип}} = 20 \text{ млн. руб.},$$

где  $U_{\text{р.п.}}^{\text{тип}}$  – прямые потери собственника в случае пожара при реализации типовой модели деятельности по обеспечению пожарной безопасности, млн. руб.

При реализации риск-ориентированной модели, основанной на применении требований пожарной безопасности с учетом результатов расчетной оценки рисков причинения вреда, на рассматриваемом объекте необходимо предусмотреть только следующие технические системы противопожарной защиты, направленные на обеспечение своевременной эвакуации людей при пожаре:

- автоматическую установку пожарной сигнализации;
- систему оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре.

Стоимость затрат на реализацию этих двух систем ( $Z_{\text{СППЗ}}^{\text{ром}}$ ) составит порядка 800 т.р.

Таки образом, реальные (прямые) потери собственника при реализации риск-ориентированной модели, без учета стоимости объекта и имущества, находящегося в нем, составят:

$$U_{\text{р.п.}}^{\text{ром}} = 800 \text{ тыс. руб.},$$

где  $U_{\text{р.п.}}^{\text{ром}}$  – прямые потери собственника в случае пожара при реализации риск-ориентированной модели деятельности по обеспечению пожарной безопасности, млн. руб.

Исходя из этих данных выполним последующую оценку потерь и эффективности двух моделей деятельности по обеспечению пожарной безопасности.

Упущенная выгода по типовой и риск-ориентированной моделям составит:

$$U_{\text{уп.выг.}}^{\text{тип}} = Z_{\text{СППЗ}}^{\text{тип}} - Z_{\text{СППЗ}}^{\text{ром}} = 20000000 - 800000 = 19200000 \text{ руб.}, \quad (1)$$

где  $U_{\text{уп.выг.}}^{\text{тип}}$  – упущенная выгода при реализации типовой модели деятельности по обеспечению пожарной безопасности, руб.;

$Z_{\text{СППЗ}}^{\text{тип}}$  – стоимость обеспечения объекта техническими системами противопожарной защиты при реализации типовой модели деятельности по обеспечению пожарной безопасности, руб.;

$Z_{\text{СППЗ}}^{\text{ром}}$  – стоимость обеспечения объекта техническими системами противопожарной защиты при реализации риск-ориентированной модели деятельности по обеспечению пожарной безопасности, руб.

$$y_{\text{уп.выг.}}^{\text{ром}} = 800000 \text{ руб.},$$

где  $y_{\text{уп.выг.}}^{\text{ром}}$  – упущенная выгода при реализации риск-ориентированной модели деятельности по обеспечению пожарной безопасности, руб.

Общие потери при пожаре по двум моделям деятельности составят:

$$y_{\text{общ}}^{\text{тип}} = y_{\text{р.п.}}^{\text{тип}} + y_{\text{уп.выг.}}^{\text{тип}} = 20000000 + 19200000 = 39200000 \text{ руб.}, \quad (2)$$

где  $y_{\text{общ}}^{\text{тип}}$  – общие потери собственника в случае пожара при реализации типовой модели деятельности по обеспечению пожарной безопасности, руб.;

$y_{\text{р.п.}}^{\text{тип}}$  – прямые потери собственника в случае пожара при реализации типовой модели деятельности по обеспечению пожарной безопасности, руб.;

$y_{\text{уп.выг.}}^{\text{тип}}$  – прямые потери собственника в случае пожара при реализации типовой модели деятельности по обеспечению пожарной безопасности, руб.

$$y_{\text{общ}}^{\text{ром}} = y_{\text{р.п.}}^{\text{ром}} + y_{\text{уп.выг.}}^{\text{ром}} = 800000 + 800000 = 1600000 \text{ руб.}, \quad (3)$$

где  $y_{\text{общ}}^{\text{ром}}$  – общие потери собственника в случае пожара при реализации риск-ориентированной модели деятельности по обеспечению пожарной безопасности, руб.;

$y_{\text{р.п.}}^{\text{ром}}$  – прямые потери собственника в случае пожара при реализации риск-ориентированной модели деятельности по обеспечению пожарной безопасности, руб.;

$y_{\text{уп.выг.}}^{\text{ром}}$  – прямые потери собственника в случае пожара при реализации риск-ориентированной модели деятельности по обеспечению пожарной безопасности, руб.

Разница между общими потерями (имущественным ущербом) при реализации типовой и риск-ориентированной моделей составят:

$$\Delta y = y_{\text{общ}}^{\text{тип}} - y_{\text{общ}}^{\text{ром}} = 39200000 - 1600000 = 37600000 \text{ руб.}, \quad (4)$$

где  $\Delta y$  – разница между общими потерями при реализации типовой и риск-ориентированной моделей деятельности по обеспечению пожарной безопасности, руб.;

$y_{\text{общ}}^{\text{тип}}$  – общие потери собственника в случае пожара при реализации типовой модели деятельности по обеспечению пожарной безопасности, руб.;

$y_{\text{общ}}^{\text{ром}}$  – общие потери собственника в случае пожара при реализации риск-ориентированной модели деятельности по обеспечению пожарной безопасности, руб.

Таким образом, эффективность риск-ориентированной модели по предотвращенному вреду составит

$$\varepsilon = \frac{\Delta y}{y_{\text{общ}}^{\text{тип}}} * 100 = \frac{37600000}{39200000} * 100 = 95,92 \%, \quad (5)$$

где  $\mathcal{E}$  – эффективность реализации риск-ориентированной модели деятельности по обеспечению пожарной безопасности по предотвращенному вреду, %;

$\Delta Y$  – разница между общими потерями при реализации типовой и риск-ориентированной моделей деятельности по обеспечению пожарной безопасности, руб.;

$Y_{\text{общ}}^{\text{тип}}$  – общие потери собственника в случае пожара при реализации типовой модели деятельности по обеспечению пожарной безопасности, руб.

При этом, может быть оценена эффективность по предотвращенным издержкам бизнеса при реализации типовой и риск-ориентированной моделей по следующей формуле:

$$B = \frac{Y_{\text{общ}}^{\text{ром}}}{Y_{\text{общ}}^{\text{тип}}} * 100 = \frac{16000000}{39200000} * 100 = 4,1 \%, \quad (6)$$

где  $B$  – эффективность по предотвращенным издержкам собственника при реализации типовой и риск-ориентированной моделей деятельности по обеспечению пожарной безопасности, %;

$Y_{\text{общ}}^{\text{ром}}$  – общие потери собственника в случае пожара при реализации риск-ориентированной модели деятельности по обеспечению пожарной безопасности, руб.;

$Y_{\text{общ}}^{\text{тип}}$  – общие потери собственника в случае пожара при реализации типовой модели деятельности по обеспечению пожарной безопасности, руб.

Произведем расчет капитализации средств упущенной выгоды  $U_{\text{уп.выг.}}^{\text{тип}}$ .

По состоянию на 01.04.2022 года капитализация 1 рубля в год в случае его вложения в драгоценные металлы (золото) составляет 21%.

Таким образом:

$$B = \frac{Y_{\text{общ}}^{\text{ром}}}{U_{\text{уп.выг.}}^{\text{тип}}} * 100 = \frac{16000000}{39200000} * 100 = 4,1 \%, \quad (7)$$

где  $U_{\text{уп.выг.}}^{\text{тип}}$  – капитализации средств упущенной выгоды при реализации типовой модели деятельности по обеспечению пожарной безопасности, руб.;

$U_{\text{уп.выг.}}^{\text{тип}}$  – упущенная выгода при реализации типовой модели деятельности по обеспечению пожарной безопасности, руб.;

$K_0$  – капитализация 1 рубля, %.

### Выводы

Результаты проведенных расчетов показали, что собственник, не выполняя неэффективных требований пожарной безопасности, может сэкономить значительное количество средств и капитализировать их любым удобным способом, не снижая, а повышая уровень безопасности людей при пожаре.

При этом ожидать положительного эффекта от срабатывания автоматических систем пожаротушения, противодымной вентиляции, от применения внутреннего противопожарного водопровода, как показывает практика реальных пожаров, не приходится: фактическая надежность этих технических средств противопожарной защиты ниже 50 %.

Использование предложенного в работе порядка применения действующих требований пожарной безопасности позволит, не снижая уровня обеспечения безопасности людей, создать благоприятные условия для предпринимательской деятельности и, как следствие, обеспечить повышение благосостояния граждан, темпов экономического развития государства, что, в том числе, является залогом обороноспособности страны и безопасности государства.

**Библиографический список**

1. Фон-Ландэзень, Ф. Э. Опыт составления общих оснований пожарного законодательства / Ф. Э. Фон-Ландэзень // Пожарное дело. – Санкт-Петербург, 1911.
2. Понофидин, А. А. О методах пожарной профилактики / А. А. Понофидин // Пожарное дело. – Санкт-Петербург, 1925. – № 3.
3. Пресс, А. А. Общедоступное Руководство для борьбы с огнем / А. А. Пресс. – Санкт-Петербург : Типография В. С. Балашова, 1893. – 182 с.
4. Эллисон, В. А. Пожарная профилактика. Основы и принципы. В изложении применительно к курсу пожарного техникума. Том I / В. А. Эллисон. – Москва : Изд-во Народного Комиссариата Внутренних дел, 1931. – 262 с.
5. Козлачков, В. И. Типовая и риск-ориентированная модели надзорной деятельности в области обеспечения пожарной безопасности. Сравнительный анализ / В. И. Козлачков. – Москва : Академия ГПС МЧС России, 2016. – 328 с.
6. Козлачков, В. И. Оценка деятельности государственных инспекторов по пожарному надзору при расследовании пожаров с гибелью людей / В. И. Козлачков. – Москва : Академия ГПС МЧС России, 2016.
7. Козлачков, В. И. Техническое регулирование в области пожарной безопасности / В. И. Козлачков. – Москва : Академия ГПС МЧС России 2011. – 155 с.
8. Совершенствование деятельности органов государственного пожарного надзора : материалы Всесоюзной научно-практической конференции / ВИПТШ МВД СССР – Москва, 1990.
9. К проблеме дерегулирования российской экономики : доклад Рабочего центра реформ при Правительстве Российской Федерации / Центр экономических реформ. – Москва, 2000. – 27 с.
10. Контрольно-надзорная и разрешительная деятельность в Российской Федерации. Аналитический доклад 2020-2021 [Электронный ресурс] // Комитет по разрешительной и контрольно-надзорной деятельности : сайт. – Электрон. дан. – [б. м.]. – Режим доступа: [http://www.goskontrol-rspp.ru/upload/iblock/854/M2021\\_v.10.0.pdf](http://www.goskontrol-rspp.ru/upload/iblock/854/M2021_v.10.0.pdf). – Загл. с экрана.

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

**ПОЖАРНАЯ И ТЕХНОСФЕРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ:  
ПРОБЛЕМЫ И ПУТИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ**

**Выпуск 2(12), 2022**

(на русском, английском языках)

Учредитель и издатель: Государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Академия гражданской защиты Министерства по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий Донецкой Народной Республики».

ДНР, 83050, г. Донецк, ул. Розы Люксембург, 34 А

Тел.: +7 (856) 303-27-01

Адрес редакции: ДНР, 83050, г. Донецк, ул. Розы Люксембург, д. 34 А

Тел.: +7 (856) 332-17-21

E-mail: [agz\\_ptb@mail.dnmchs.ru](mailto:agz_ptb@mail.dnmchs.ru), [agz\\_science@mail.dnmchs.ru](mailto:agz_science@mail.dnmchs.ru)

Сайт: <http://agz.dnmchs.ru/agz/content/journaltb>

**Над выпуском работали:**

Бойко Н.И.

Мельникова Н. Г.

Шатохина А.М.

Шульженко О.В.

Новикова Т.В.

Паниотова Д.Ю.

Демченко Н.С.

Щукина Н.Г.

Включен в базу данных Российского индекса научного цитирования (№ 495-12/2018 от 21.12.2018 г.; № 257-09/2022 от 05.09.2022 г.).

ISSN: 2617-6998; (E) ISSN 2617-7005.

**За достоверность информации несут ответственность авторы.**

**Перепечатка без разрешения редакции запрещена, ссылки на Журнал при цитировании обязательны.**