

ISSN 2658-6223

Управление
в организационных системах
(технические науки)

Строительные конструкции,
здания и сооружения
(технические науки)

Теплоснабжение, вентиляция,
кондиционирование воздуха,
газоснабжение и освещение
(технические науки)

Водоснабжение, канализация,
строительные системы
охраны водных ресурсов
(технические науки)

Строительные материалы
и изделия
(технические науки)

Экологическая безопасность
строительства
и городского хозяйства
(технические науки)

Пожарная и промышленная
безопасность
(технические науки)

Министерство Российской Федерации
по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям
и ликвидации последствий стихийных бедствий

СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ГРАЖДАНСКОЙ ЗАЩИТЫ

Журнал включен
в «Перечень рецензируемых научных изданий,
в которых должны быть опубликованы основные
научные результаты диссертаций на соискание
ученой степени кандидата наук,
на соискание ученой степени доктора наук ВАК
при Министерстве науки и высшего образования
Российской Федерации»

№ 1 (42), 2022



Учредитель и издатель: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ивановская пожарно-спасательная академия Государственной противопожарной службы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий».

Территория распространения — Российская Федерация.

Журнал индексируется в Научной электронной библиотеке eLIBRARY.RU / РИНЦ (Россия).

Журнал включен в Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук.

Перепечатка без разрешения редакции запрещена, ссылки на журнал при цитировании обязательны.

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Главный редактор: *Малый Игорь Александрович*, кандидат технических наук, доцент
Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России (Россия, г. Иваново)

**Заместители
главного редактора:** *Шарабанова Ирина Юрьевна*, кандидат медицинских наук, доцент
Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России (Россия, г. Иваново)
Федосов Сергей Викторович, доктор технических наук, профессор, академик РААСН
Ивановский государственный политехнический университет (Россия, г. Иваново)
Никифоров Александр Леонидович, доктор технических наук, старший научный сотрудник
Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России (Россия, г. Иваново)

Члены редколлегии:

Акулова Марина Владимировна – д-р техн. наук, профессор, Советник РААСН, заведующий кафедрой строительного материаловедения, специальных технологий и технологических комплексов ФГБОУ ВО «Ивановский государственный политехнический университет» (Россия, г. Иваново)

Алексеев Михаил Иванович – д-р техн. наук, профессор, академик РААСН, профессор кафедры водопользования и экологии ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет» (Россия, г. Санкт-Петербург)

Барбин Николай Михайлович – д-р техн. наук, проф., старший научный сотрудник научно-исследовательского отдела ФГБОУ ВО «Уральский институт ГПС МЧС России» (Россия, г. Екатеринбург)

Бубнов Андрей Германович – д-р хим. наук, доцент, профессор кафедры эксплуатации пожарной техники, средств связи и малой механизации (в составе УНК «Пожаротушение») Ивановской пожарно-спасательной академии ГПС МЧС России (Россия, г. Иваново)

Бутман Михаил Федорович – д-р физ.-мат. наук, проф., Ивановский государственный химико-технологический университет (Россия, г. Иваново)

Бутузов Станислав Юрьевич – д-р техн. наук, профессор, профессор кафедры информационных технологий (в составе учебно-научного комплекса автоматизированных систем и информационных технологий) ФГБОУ ВО «Академия ГПС МЧС России» (Россия, г. Москва)

Ерофеев Владимир Трофимович – д-р техн. наук, профессор, академик РААСН, заведующий кафедрой «Строительные материалы и технологии» ФГБОУ ВО «Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарева» (Россия, Республика Мордовия, г. Саранск)

Ефремов Александр Михайлович – д-р хим. наук, профессор, профессор кафедры «Технология приборов и материалов электронной техники» ФГБОУ ВО «Ивановский государственный химико-технологический университет» (Россия, г. Иваново)

Камлюк Андрей Николаевич – канд. физ.-мат. наук, доц., Университет гражданской защиты Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь (Республика Беларусь, г. Минск)

Ковтун Вадим Анатольевич – д-р техн. наук, проф., Гомельский инженерный институт МЧС Республики Беларусь (Республика Беларусь, г. Гомель)

Колобов Михаил Юрьевич – д-р техн. наук, профессор, заведующий кафедрой механики и компьютерной графики ФГБОУ ВО «Ивановский государственный химико-технологический университет» (Россия, г. Иваново)

Королева Светлана Валерьевна – д-р мед. наук, доцент, профессор кафедры травматологии и ортопедии ФГБОУ ВО Ивановской государственной медицинской академии Минздрава России (Россия, г. Иваново)

Лопанов Александр Николаевич – д-р техн. наук, проф., Белгородский государственный технологический университет (Россия, г. Белгород)

Назарычев Александр Николаевич – д-р техн. наук, профессор, ректор ФГАО ДПО «Петербургский энергетический институт повышения квалификации» Министерства энергетики РФ (Россия, г. Санкт-Петербург)

Присадов Владимир Иванович – д-р техн. наук, профессор, главный научный сотрудник ФГБУ ВНИИПО МЧС России (Россия, г. Балашиха)

Румянцева Варвара Евгеньевна – д-р техн. наук, профессор, Советник РААСН, директор института информационных технологий, естественных и гуманитарных наук ФГБОУ ВО «Ивановский государственный политехнический университет» (Россия, г. Иваново)

Сырбу Светлана Александровна – д-р хим. наук, профессор, заместитель начальника Ивановской пожарно-спасательной академии ГПС МЧС России (по развитию внебюджетной деятельности) (Россия, г. Иваново)

Телличенко Валерий Иванович – д-р техн. наук, профессор, заслуженный деятель науки Российской Федерации, академик РААСН, президент Национального исследовательского университета «Московский государственный строительный университет» (Россия, г. Москва)

Федосеев Вадим Николаевич – д-р техн. наук, профессор, заведующий кафедрой организации производства и городского хозяйства ФГБОУ ВО «Ивановский государственный политехнический университет» (Россия, г. Иваново)

Хафизов Ильдар Фанильевич – д-р техн. наук, доцент, профессор кафедры пожарной и промышленной безопасности ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет» (Россия, г. Уфа)

Циркина Ольга Германовна – д-р техн. наук, доцент, профессор кафедры пожарной безопасности объектов защиты (в составе УНК «Государственный надзор») Ивановской пожарно-спасательной академии ГПС МЧС России (Россия, г. Иваново)

Шарнина Любовь Викторовна – д-р техн. наук, профессор кафедры химических технологий волокнистых и красящих веществ ФГБОУ ВО «Ивановский государственный химико-технологический университет» (Россия, г. Иваново)

Шевцов Сергей Александрович – д-р техн. наук, профессор кафедры специальной подготовки ФГБОУ ДПО Воронежского института повышения квалификации сотрудников ГПС МЧС России (Россия, г. Воронеж)

Технический редактор: Чуприна Ольга Сергеевна

Подписной индекс в объединенном каталоге «Пресса России» – 94015.

Подписано в печать 24.03.2022 г. Формат 60x90 1/8. Усл. печ. л. 12,8. Тираж 100 экз. Заказ №82.

Свидетельство о регистрации СМИ ПИ № ФС77-73129 от 22.06.2018

(Журнал зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций)

Адрес редакции (издателя): 153040, г. Иваново, проспект Строителей, д. 33.

Тел.: (4932) 93-08-00, доб. 571; e-mail: journal@edufire37.ru

СОДЕРЖАНИЕ / CONTENTS

**УПРАВЛЕНИЕ В ОРГАНИЗАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ
(ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ)
MANAGEMENT IN ORGANIZATIONAL SYSTEMS (TECHNICAL)**

Грабельников А. С. Выбор предпочтительного метода (методики) прогнозирования чрезвычайных ситуаций применительно к территории Ивановской области.....	5
Grabel'nikov A. S. Choice of the preferred method (methodology) for forecasting emergency situations with respect to the territory of the Ivanovo region.....	5
Грабельников А. С. Сравнительный анализ существующих методик прогнозирования чрезвычайных ситуаций техногенного характера.....	10
Grabel'nikov A. S. Comparative analysis of existing techniques for forecasting man-made emergency situations.....	10
Козырев Е. В., Зенкова И. Ф., Хрыкин Е. А., Щеголева Н. О., Виноградова И. О. О критериях оценки эффективности цифровизации при предоставлении государственной услуги по лицензированию видов деятельности в области пожарной безопасности.....	14
Kozyrev E. V., Zenkova I. F., Hrykin E. A., Shchegoleva N. O., Vinogradova I. O. On criteria for assessing the effectiveness of digitalization in the provision of state licensing service activities in the field of fire safety.....	14

**СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ИЗДЕЛИЯ (ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ)
BUILDING MATERIALS AND PRODUCTS (TECHNICAL)**

Румянцева В. Е., Красильников И. В., Красильникова И. А., Новикова У. А., Касьяненко Н. С. Исследование влияния температуры на интенсивность массопереноса при коррозии первого вида цементных бетонов.....	24
Rumyantseva V. E., Krasilnikov I. V., Krasilnikova I. A., Novikova U. A. Kasyanenko N. S. Research of the effect of temperature on the intensity of mass transfer in the process corrosion of the first type of cement concrete.....	24

**ПОЖАРНАЯ И ПРОМЫШЛЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ (ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ)
FIRE AND INDUSTRIAL SAFETY (TECHNICAL)**

Дмитриев О. В. Эксплуатационные свойства огнетушащих порошков, модифицированных торфяными гидрофобными добавками.....	32
Dmitriev O. V. Performance properties of extinguishing powder modified with peat hydrophobic additives.....	32
Карасев Е. В., Таратанов Н. А. Особенности установления следов развития пожара на автомобиле с газобаллонным оборудованием.....	38
Karasev E. V., Taratanov N. A. Features of establishing the cause of a fire in a car with gas cylinder equipment.....	38
Лазарев А. А., Абакумов И. С., Емелин В. Ю. Совершенствование модели внедрения риск-ориентированного подхода к надзорной деятельности в области пожарной безопасности в Костроме.....	53
Lazarev A. A., Abakumov I. S., Emelin V. Yu. Improving the implementation model of a risk-based approach to supervisory activities in the field of fire safety in Kostroma.....	53
Леонова А. Н., Леонова Е. М. Об определении зоны действия локальных систем оповещения на взрывоопасных и пожароопасных объектах I и II класса опасности.....	63
Leonova A. N., Leonova E. M. On determination of the area of operation of salw at explosive and fire hazardous facilities of hazard class I and II.....	63

Маштаков В. А., Шавырина Т. А., Бобринев Е. В., Удавцова Е. Ю., Кондашов А. А. Зависимость показателей последствий пожаров от расстояния до места пожара	68
Mashtakov V. A., Shavyrina T. A., Bobrinev E. V., Udavtsova E. Yu., Kondashov A. A. Dependence of indicators of the consequences of fires on the distance to the place of fire.....	68
Паршина А. П., Иванова И. А., Каргашилов Д. В., Кулькова Т. С., Олейникова К. А. Экономически обоснованный способ снижения пожарной и экологической опасности технологического процесса производства муки	75
Parshina A. P., Ivanova I. A., Kargashilov D. V., Kulkova T. S., Oleinikova K. A. Economically justified way to reduce the fire and environmental hazard of the technological process of production of flour	75
Семенова К. В., Тихонов А. И., Снитко И. С., Подобный А. В., Каржевин А. А., Шарнина Л. В. Моделирование аварийных режимов трансформаторных подстанций на основе технологии цифровых двойников для предотвращения техногенных аварий	83
Semenova K. V., Tikhonov A. I., Snitko I. S., Podobnyj A. V., Karzhevin A. A., Sharnina L. V. Simulation of emergency modes of transformer substations based on digital twins technology for prevention of technogenic accidents	83
Спиридонова В. Г., Панев Н. М., Циркина О. Г., Ульева С. Н., Шарнина Л. В. Применение метода определения кислородного индекса при оценке пожарной опасности целлюлозосодержащих материалов.....	93
Spiridonova V. G., Panev N. M., Tsirkina O. G., Ulieva S. N., Sharnina L. V. Application of the method for determining the oxygen index in assessing the fire hazard of cellulose-containing materials	93

**УПРАВЛЕНИЕ В ОРГАНИЗАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ
(ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ)
MANAGEMENT IN ORGANIZATIONAL SYSTEMS (TECHNICAL)**

УДК 001.18; 502.58

**ВЫБОР ПРЕДПОЧТИТЕЛЬНОГО МЕТОДА (МЕТОДИКИ) ПРОГНОЗИРОВАНИЯ
ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ
ПРИМЕНИТЕЛЬНО К ТЕРРИТОРИИ ИВАНОВСКОЙ ОБЛАСТИ**

А. С. ГРАБЕЛЬНИКОВ

Главное управление МЧС России по Ивановской области
Российская Федерация, г. Иваново
E-mail: aad.andrianova97@mail.ru

В данной статье рассматривается вопрос о прогнозировании чрезвычайных ситуаций техногенного характера с помощью физико-математического моделирования. Произведен расчет чрезвычайных ситуаций техногенного характера на территории Ивановской области за последние 6 лет. Определена вероятность события чрезвычайных ситуаций на 2022 год.

Ключевые слова: прогнозирование; методы; чрезвычайная ситуация; техногенный характер; моделирование.

**CHOICE OF THE PREFERRED METHOD (METHODOLOGY)
FOR FORECASTING EMERGENCY SITUATIONS
WITH RESPECT TO THE TERRITORY OF THE IVANOVO REGION**

A. S. GRABEL'NIKOV

Main Directorate of the Ministry of Emergency Situations of Russia in the Ivanovo region
Russian Federation, Ivanovo
E-mail: aad.andrianova97@mail.ru

This article discusses the issue of predicting man-made emergencies using physical and mathematical modeling. Calculation of man-caused emergencies on the territory of the Ivanovo region over the past 6 years has been made. The probability of an emergency event for 2022 is determined.

Key words: forecasting; methods; emergency; technogenic character; modeling.

Современные тенденции развития техносферы усиливают риски чрезвычайных ситуаций техногенного характера, количество и размер, которых имеет рост. Для снижения масштабов и смягчения последствий воздействия источников чрезвычайных ситуаций, производится расчет среднестатистических данных, предоставляющих возможность своевременного прогнозирования техногенных аварий и катастроф¹.

Прогнозирование техногенных чрезвычайных ситуаций заключается в заблаговременном определении вероятности появления и развития источников, а так же масштаб воздействия на население и окружающую среду.

Под объектом исследования примем показатель количества техногенных чрезвычайных ситуаций на территории Ивановской области. Период исследования значений данного показателя – 6 лет (с 2016 по 2021 гг.) (табл.1) [1].

© Грабельников А. С., 2022

¹О научно-технической деятельности в МЧС России в 2012 году и приоритетных направлениях развития науки, техники и технологий в системе МЧС России на 2014–2016 годы и на перспективу до 2020 года: Решение коллегии

МЧС России от 6 мая 2013 года № 6/IV // Гражданская защита. 2013. № 6.

Таблица 1. Сведения о чрезвычайных ситуациях техногенного характера на территории Ивановской области в период с 2016 по 2021 гг.

Ивановская область	Количество техногенных ЧС в год, ед.	Описание ЧС
2016 год	3	Аварии (катастрофы) на автомобильных дорогах (крупные автомобильные катастрофы); Пожары (взрывы) в зданиях и сооружениях жилого, социально-бытового, культурного назначения.
2017 год	2	Инфекционная заболеваемость сельскохозяйственных животных. Выявлен эпизоотический очаг африканской чумы свиней; Обрушение зданий и сооружений жилого, социально-бытового и культурного назначения. Обрушение наружной стены угловой части 5-ти этажного жилого дома.
2018 год	1	Инфекционная заболеваемость сельскохозяйственных животных. Выявлен эпизоотический очаг африканской чумы свиней.
2019 год	1	Аварии (катастрофы) на автомобильных дорогах (крупные автомобильные катастрофы). ДТП с участием рейсового автобуса и грузового автомобиля.
2020 год	0	-
2021 год	4	Аварии (катастрофы) на автомобильных дорогах (крупные автомобильные катастрофы). ДТП с участием рейсового автобуса; Инфекционная заболеваемость сельскохозяйственных животных. Выявление эпизоотического очага вируса оспы овец; Аварии на энергосистемах (сетях) с долговременным перерывом электроснабжения основных потребителей или обширных территорий. Причина отключения – прохождение КНМЯ. Инфекционная заболеваемость сельскохозяйственных животных. Выявление эпизоотического очага вируса африканской чумы свиней.

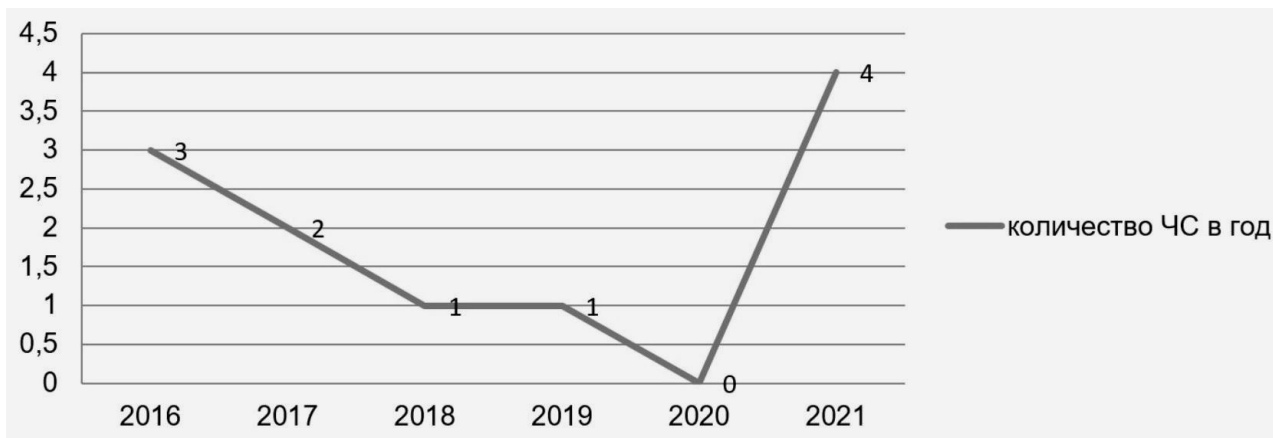


Рис. 1. Графическое представление временного ряда (период с 2016 по 2021 годы)

При использовании графического изображения исходного временного ряда (рис. 1), применим подход на основе трендовой модели временного ряда [2], а именно параболический тренд ($y_t = a + bt + ct^2$).

Осуществим с помощью метода наименьших квадратов расчет оценок значе-

ний параметров выбранной функциональной зависимости, применяя предварительно перенос начала координат в середину временного ряда. Необходимые вспомогательные вычисления приведем в табл. 2.

Таблица 2. Свод данных для осуществления метода наименьших квадратов расчета оценок значений параметров выбранной функциональной зависимости

Годы	y_t	t	$y_t t$	t^2	$y_t t^2$	t^3	t^4
2016	3	-3	-9	9	27	-27	81
2017	2	-2	-4	4	8	-8	16
2018	1	-1	-1	1	1	-1	1
2019	1	0	0	0	0	0	0
2020	0	1	0	1	0	1	1
2021	4	2	8	4	16	8	16

$$\begin{cases} 6a - 3b + 19c = 11 \\ -3a + 19b - 27c = -6 \\ 19a - 27b + 115c = 52 \end{cases} \begin{cases} a = 1,83 + 0,5b - 3,16c \\ -3a + 19b - 27c = -6 \\ 19a - 27b + 115c = 52 \end{cases} \begin{cases} a = 1,83 + 0,5b - 3,16c \\ 17,5b - 17,52c = -0,51 \\ 17,5b + 54,96c = 17,23 \end{cases}$$

$$\begin{cases} a = 1,83 + 0,5b - 3,16c \\ 17,5b - 17,52c = -0,51 \\ b = 0,98 - 3,1c \end{cases} \begin{cases} a = 1,83 + 0,5b - 3,16c \\ -17,47c = -17,66 \\ b = 0,98 - 3,1c \end{cases} \begin{cases} a = 1,19 \\ c = 0,24 \\ b = 0,23 \end{cases}$$

По окончании решения системы уравнений получим следующие значения:

$$a=1,19; b=0,23; c=0,24.$$

Составим уравнение параболического тренда:

$$\hat{y}_t = 1,19 + 0,23t + 0,24t^2, \text{ при } t = -3, -2, \dots, 1, 2.$$

Далее необходимо провести анализ точности данной трендовой модели. В качестве ошибок единичного прогноза будем использовать следующие величины:

1) $\Delta t = \hat{y}_t - y_t$ (абсолютная ошибка прогноза);

2) $\delta_t = \frac{\Delta t}{y_t}$ (относительная ошибка прогноза).

При расчете обобщающих показателей точности модели будем использовать следующие характеристики:

1) $MAD = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n |\Delta t|$ (Mean Absolute Derivation);

2) $MAPE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n |\delta_t| \cdot 100\%$ (Mean Absolute Percentage Error).

Критерии прогнозов:

- 1) высокая точность $MAPE < 10 \%$,
- 2) средняя точность $10 \% < MAPE < 20 \%$,
- 3) удовлетворительная точность $20 \% < MAPE < 50 \%$,
- 4) неудовлетворительная точность $MAPE > 50 \%$.

Требуемые вычисления для расчета характеристик точности трендовой модели с параболическим трендом (табл. 3).

Модель с параболическим трендом имеет следующие характеристики точности:

- MAD = 10,63;
- MAPE = 3,38 %.

Таким образом, среднее расчетное значение исследуемого показателя отклоняется от его фактического значения на 1,2 про-

шесть или на 0,1 %. Используя параболическую трендовую модель исходного временного ряда, составим точечный прогноз количества ЧС в 2022 году, т. е. на 7-й год с учетом переноса начала координат в середину временного ряда:

$$\hat{y}_{2021(1)} = 1,19 + 0,23 \cdot 1 + 0,24 \cdot 1^2 = 1,66.$$

Таблица 3. Свод данных для расчета характеристик точности трендовой модели с параболическим трендом

№ п/п	t	y _t	\hat{y}_t	Δt	Δt	$\delta \cdot 100\%$	δ 100%
1	-3	3	4,36	-1,36	1,36	-0,154	0,154
2	-2	2	2,02	-0,02	0,02	-0,178	0,178
3	-1	1	1,6	-0,6	0,6	-0,118	0,118
4	0	1	1,6	0,6	0,6	0,138	0,138
5	1	0	3,36	-3,36	3,36	-2,229	2,229
6	2	4	8,69	-4,69	4,69	-0,563	0,563
Сумма	-	-	-	-	10,63	-	3,38

В результате проведенного анализа и выполненных расчетов можно сделать вывод, что если будут приняты требуемые организационно-управленческие решения в 2022 году, то это приведет к спаду последствий ЧС техногенного характера на 40 % [3].

Список литературы

1. Полевой В. Г., Сарасеко В. В., Сулима Т. Г. Приоритеты реализации государственной программы вооружения на 2018–2027 годы для спасательных воинских формирований МЧС России (итоги проведения круглого стола) // Научные и образовательные проблемы гражданской защиты. 2018. № 3 (38) [Электронный ресурс]. URL <https://cyberleninka.ru/> (Дата обращения: 14.05.2020).

2. Куприенко П. С. Анализ, оценки риска и ущерба, моделирование и прогнозирование чрезвычайных ситуаций на объектах техносферы // Вестник Воронежского государственного технического университета. 2008. Т. 4. № 11. С. 172–177

3. Белов П. Г. Стратегическое планирование развития и обеспечения национальной безопасности России: прогнозирование и снижение риска чрезвычайных ситуаций // Национальная безопасность и стратегическое планирование. 2015. № 1 (9). С. 47–58

Таким образом, с целью сохранения прогнозируемого результата в указанный период, предлагается использовать такие организационно-управленческие решения, как активизация профилактической работы с населением, повышение качества подготовки различных категорий работников и др. [4].

4. Светуных И. С., Светуных С. Г. Методы социально-экономического прогнозирования. Том 1. Теория и методология. М.: Юрайт, 2015. 351 с.

References

1. Polevoy V. G., Saraseko V. V., Sulima T. G. Prioritety realizacii gosudarstvennoj programmy vooruzheniya na 2018–2027 gody dlya spasatel'nyh voinskih formirovanij MCHS Rossii. [Priorities for the implementation of the state armament program for 2018–2027 for rescue military formations of the EMERCOM of Russia (outcomes of the round table)]. *Nauchnyye i obrazovatel'nyye problemy grazhdanskoj zashchity*, 2018, vol. 3 (38) [Elektronnyj resurs]. URL <https://cyberleninka.ru/> (Data obrashcheniya: 14.05.2020).

2. Kuprienko P. S. Analiz, ocenki riska i ushcherba, modelirovanie i prognozirovanie chrezvychajnyh situacij na ob'ektah tekhnosfery [Analysis, assessment of risk and damage, model-

ing and forecasting of emergency situations at technosphere facilities]. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*, 2008, vol. 4, issue 11, pp. 172–177

3. Belov P. G. Strategicheskoe planirovanie razvitiya i obespecheniya nacional'noj bezopasnosti Rossii: prognozirovanie i snizhenie riska chrezvychajnyh situacij [Strategic planning for the development and ensuring the national

security of Russia: forecasting and reducing the risk of emergencies]. *Nacional'naya bezopasnost' i strategicheskoe planirovanie*, 2015, issue 1. pp. 47–58

4. Svetun'kov I. S., Svetun'kov S. G. *Metody social'no-ekonomicheskogo prognozirovaniya. Tom 1. Teoriya i metodologiya* [Methods of socio-economic forecasting. Volume 1. Theory and methodology]. M.: Yurajt, 2015, 351 p.

Грабельников Алексей Сергеевич

Главное управление МЧС России по Ивановской области

Российская Федерация, г. Иваново

Заместитель начальника Главного управления МЧС России по Ивановской области
(по гражданской обороне и защите населения)

E-mail: aad.andrianova97@mail.ru

Grabel'nikov Aleksey Sergejevich

Main Directorate of the Ministry of Emergency Situations of Russia in the Ivanovo region

Russian Federation, Ivanovo

Deputy Head of the Main Directorate of the Ministry of Emergency Situations of Russia for the Ivanovo Region (for civil defense and protection of the population)

E-mail: aad.andrianova97@mail.ru

УДК 001.18; 502.58

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ МЕТОДИК ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ ТЕХНОГЕННОГО ХАРАКТЕРА

А. С. ГРАБЕЛЬНИКОВ

Главное управление МЧС России по Ивановской области
Российская Федерация, г. Иваново
E-mail: aad.andrianova97@mail.ru

Целью статьи является анализ изучения существующих методик прогнозирования чрезвычайных ситуаций техногенного характера как долгосрочного, так и оперативного прогноза. Рассмотрены два основных метода прогнозирования чрезвычайных ситуаций (формализованные и интуитивные (экспертные)), которые в свою очередь подразделяются на подтипы. Значительное внимание уделяется сущности выше перечисленных методик прогнозирования чрезвычайных ситуаций, а также их отличий.

Ключевые слова: прогнозирование, метод, чрезвычайная ситуация, техногенный характер.

COMPARATIVE ANALYSIS OF EXISTING TECHNIQUES FOR FORECASTING MAN-MADE EMERGENCY SITUATIONS

A. S. GRABEL'NIKOV

Main Directorate of the Ministry of Emergency Situations of Russia in the Ivanovo region
Russian Federation, Ivanovo
E-mail: aad.andrianova97@mail.ru

The purpose of the article is to analyze the study of existing methods for forecasting emergency situations of a technogenic nature, both long-term and operational forecast. Two main methods of forecasting emergency situations (formalized and intuitive (expert)) are considered, which in turn are divided into subtypes. Considerable attention is paid to the essence of the above methods of forecasting emergency situations, as well as their differences.

Key words: forecasting, method, emergency, technogenic character.

Для создания эффективной системы предупреждения чрезвычайных ситуаций техногенного характера необходимо подобрать правильную методику прогнозирования чрезвычайных ситуаций техногенного характера. Основопологающий выбор стоит делать исходя из имеющихся данных, а также выделенных ресурсов (времени, сил и средств). Определение техногенной чрезвычайной ситуации содержит в себе — обстановка на территории или акватории, сложившаяся в результате возникновения источника техногенной чрезвычайной ситуации, который может повлечь или повлечь за собой человеческие жертвы, ущерб здоровью людей или окружающей среде, значительные материальные потери и нарушение условий жизнедеятельности людей¹. Прогно-

зирование чрезвычайных ситуаций — опережающее отражение вероятности возникновения и развития чрезвычайной ситуации на основе анализа возможных причин возникновения ее источника в прошлом и настоящем.

Как правило, методы прогнозирования включают следующие этапы:

1. Сбор и анализ необходимых исходных данных;
2. Использование математических моделей, методов статистического анализа или других способов моделирование процессов развития чрезвычайных ситуаций;
3. Выполнение необходимых расчетных процедур;
4. Оценка адекватности и достоверности получаемого прогноза.

Все методы прогнозирования чрезвычайных ситуаций можно разделить на две большие группы в зависимости от степени формализации: формализованные и интуитивные (экспертные) (рис. 1).

© Грабельников А. С., 2022

¹ ГОСТ Р 22.0.05-2020. Национальный стандарт Российской Федерации. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Техногенные чрезвычайные ситуации. Термины и определения.



Рис. 1. Классификация методов прогнозирования

Сущность формализованных методов заключается в построении прогнозов с помощью формальных средств математической теории, которые дают возможность повысить достоверность и точность прогнозов, а также значительно уменьшить сроки их выполнения, упростить процедуру обработки информации и

оценки результатов прогнозирования чрезвычайных ситуаций. По общему принципу действия формализованные методы прогнозирования можно разделить на статистические методы (в том числе методы прогнозной экстраполяции) и методы физико-математического моделирования (рис. 2).

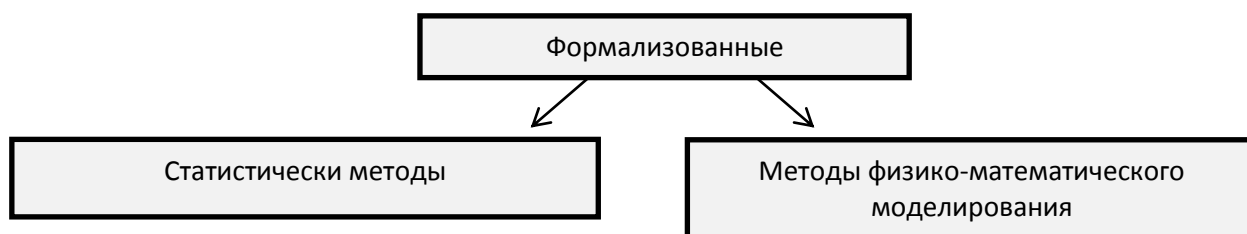


Рис. 2. Классификация формализованных методов прогнозирования

К статистическим методам прогнозирования относятся методы экстраполяции и группа методов, позволяющих строить зависимости изучаемых параметров, связанных с определенными показателями чрезвычайных ситуаций, от ряда факторов, на них влияющих (метод корреляционно-регрессионного анализа, дисперсионного и факторного анализа). Зависимости связывают возможные потенциальные условия и характер их влияния на изучаемые показатели чрезвычайных ситуаций, не используя при этом никакие функциональные зависимости.

Вторую группу формализованных методов прогнозирования составляют физико-математические методы прогнозирования. При физико-математическом моделировании выделяют такие методы прогнозирования, как детерминированные, вероятностные (вероятностно-статистические, теоретико-вероятностные, вероятностно-эвристические), комбини-

рованные, методы распознавания образов, нейросетевые методы прогнозирования, теории катастроф. Суть физико-математических методов заключается в следующем. На первом этапе с помощью известных математических методов производится обработка имеющихся данных об отдельных характеристиках объекта прогнозирования. На следующем этапе разрабатывается модель объекта прогнозирования. В результате получают зависимости, связывающие некоторые характеристики прогнозируемого объекта во времени. С помощью полученных зависимостей производится вычисление характеристик объекта в нужный момент времени.

Интуитивные (экспертные) методы прогнозирования используются тогда, когда описание объекта математическими формулами затруднено, либо невозможно по причине отсутствия исходных статистических данных (рис. 3).



Рис. 3. Классификация интуитивно (экспертных) методов прогнозирования

Интуитивные методы прогнозирования, в свою очередь, по общему принципу действия подразделяются на индивидуальные и коллективные экспертные оценки.

Индивидуальные экспертные оценки – обобщение мнений отдельных экспертов, выраженных независимо друг от друга. Сущность данных методов заключается в том, что каждый эксперт лично оценивает вероятности наступления событий.

Коллективные экспертные оценки – совместная работа по формированию дальнейшего развития объекта прогнозирования. Плюсами данного метода можно считать наличие альтернативы выбора, привлечение разных знаний и опыта. К данной группе методов относятся: эвристическое прогнозирование, метод Дельфи, метод «мозговой атаки», метод экспертных комиссий.

Представленная классификация методов прогнозирования чрезвычайных ситуаций не дает теоретических и практических реко-

мендаций по выбору используемого метода в каждой конкретной ситуации ни по точности прогноза, ни по глубине прогнозирования, носит исключительный характер систематизации.

Выбор конкретного метода зависит, в том числе, и от вида прогнозируемых чрезвычайных ситуаций. Так, например, прогнозирование природных и биолого-социальных чрезвычайных ситуаций обладает большей степенью неопределенности, чем прогнозирование техногенных чрезвычайных ситуаций, где чаще используются формализованные методы.

Результаты прогнозов чрезвычайных ситуаций являются крайне важными для разработки перспективных и текущих планов предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций, планирования сил и средств, научного обоснования соответствующих программ снижения масштабов и смягчения последствий чрезвычайных ситуаций, обоснования сосредоточения основных усилий органов управления в области обеспечения безопасности.

Список литературы

1. Горбунов С. В., Макиев Ю. Д., Малышев В. П. Мониторинг и прогнозирование чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера // Технологии гражданской безопасности. 2012. Т. 9. № 1 (31). С. 70–79.
2. Куприенко П. С. Анализ, оценки риска и ущерба, моделирование и прогнозирование чрезвычайных ситуаций на объектах техносферы // Вестник Воронежского государственного технического университета. 2008. Т. 4. № 11. С. 172–177.
3. Белов П. Г. Стратегическое планирование развития и обеспечения национальной безопасности России: прогнозирование и снижение риска чрезвычайных ситуаций // Национальная безопасность и стратегическое планирование. 2015. № 1 (9). С. 47–58.
4. Светульников И. С., Светульников С. Г. Методы социально-экономического прогнозирования. Том 1. Теория и методология. М.: Юрайт, 2015. 351 с.

References

1. Gorbunov S. V., Makiev Yu. D., Malyshev V. P. Monitoring i prognozirovanie chrezvychajnyh situacij prirodno i tekhnogeno haraktera [Monitoring and forecasting of emergency situations of natural and technogenic nature]. *Tekhnologii grazhdanskoj bezopasnosti*, 2012, vol. 9, issue 1(31), pp. 70–79.
2. Kuprienko P. S. Analiz, ocenki riska i ushcherba, modelirovanie i prognozirovanie chrezvychajnyh situacij na ob"ektah tekhnosfery [Analysis, risk and damage assessments, modeling and forecasting of emergency situations at techno-sphere facilities]. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*, 2008, vol. 4, issue 11, pp. 172–177.
3. Belov P. G. Strategicheskoe planirovanie razvitiya i obespecheniya nacional'noj bezopasnosti Rossii: prognozirovanie i snizhenie riska chrezvychajnyh situacij [Strategic planning for the development and ensuring the national security of Russia: forecasting and reducing the risk of emergencies]. *Nacional'naya bezopasnost'*

i strategicheskoe planirovanie, 2015, vol. 1(9), pp. 47–58.

4. Svetun'kov I. S., Svetun'kov S. G. *Metody social'no-ekonomicheskogo prognozirovaniya*.

Tom 1. Teoriya i metodologiya [Methods of socio-economic forecasting. Volume 1. Theory and methodology]. M.: Yurajt, 2015, 351 p.

Грабельников Алексей Сергеевич

Главное управление МЧС России по Ивановской области

Российская Федерация, г. Иваново

Заместитель начальника Главного управления МЧС России по Ивановской области

(по гражданской обороне и защите населения)

E-mail: aad.andrianova97@mail.ru

Grabel'nikov Aleksey Sergeyeovich

Main Directorate of the Ministry of Emergency Situations of Russia in the Ivanovo region

Russian Federation, Ivanovo

Deputy Head of the Main Directorate of the Ministry of Emergency Situations of Russia for the Ivanovo Region (for civil defense and protection of the population)

E-mail: aad.andrianova97@mail.ru

УДК 614.84

О КРИТЕРИЯХ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЦИФРОВИЗАЦИИ ПРИ ПРЕДОСТАВЛЕНИИ ГОСУДАРСТВЕННОЙ УСЛУГИ ПО ЛИЦЕНЗИРОВАНИЮ ВИДОВ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В ОБЛАСТИ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

**Е. В. КОЗЫРЕВ, И. Ф. ЗЕНКОВА, Е. А. ХРЫКИН,
Н. О. ЩЕГОЛЕВА, И. О. ВИНОГРАДОВА**

Федеральное государственное бюджетное учреждение «Всероссийский ордена «Знак Почета» научно-исследовательский институт противопожарной обороны» МЧС России,
Российская Федерация, г. Балашиха
E-mail: vniipo.onpr@mail.ru

В представленной работе проведено изучение положений нормативных правовых актов Российской Федерации, регламентирующих развитие и внедрение цифровизации в деятельность подразделений МЧС России. Проведено изучение изменения показателей временных затрат сотрудников лицензирующих органов МЧС России при предоставлении государственной услуги по лицензированию видов деятельности в области пожарной безопасности. Приведен подход к определению актуальных затрат времени, а также предложен возможный показатель определения эффективности цифровизации процессов предоставления государственной услуги.

Ключевые слова: пожарная безопасность, цифровизация, лицензирование, оценка, эффективность

ON CRITERIA FOR ASSESSING THE EFFECTIVENESS OF DIGITALIZATION IN THE PROVISION OF STATE LICENSING SERVICE ACTIVITIES IN THE FIELD OF FIRE SAFETY

**E. V. KOZYREV, I. F. ZENKOVA, E. A. HRYKIN,
N. O. SHCHEGOLEVA, I. O. VINOGRADOVA**

Federal State Budgetary Establishment
«All-Russian Research Institute for Fire Protection of the Ministry of the Russian Federation
for Civil Defence, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters»,
Russian Federation, Balashikha
E-mail: vniipo.onpr@mail.ru

The presented work examined the provisions of regulatory legal acts of the Russian Federation regulating the development of digitalization and the introduction of the EMERCOM of Russia into the activities. A study was conducted of changes in the time costs of employees of licensing bodies of the Ministry of Emergencies of Russia when providing state service for licensing activities in the field of fire safety. An approach to determining current time costs is shown, and a possible indicator for determining the efficiency of digitalization of public service delivery processes is also proposed.

Key words: fire safety, digitalization, licensing, evaluation, efficiency

Введение

Активное внедрение цифровых технологий в различные сферы жизнедеятельности направлено на обеспечение перераспределения внутренних ресурсов, что, в свою очередь, позволяет применять наиболее оптимальные управленческие приемы при организации осуществления различных видов деятельности.

Принятое более десяти лет назад решение о создании федеральной государственной информационной системы¹ положило начало формированию многофункционального

¹ Постановление Правительства Российской Федерации от 24.10.2011 № 861 «О федеральных государственных информационных системах, обеспечивающих предоставление в электронной форме государственных и муниципальных услуг (осуществление функций)»

механизма, обеспечивающего снижение административной, временной и финансовой нагрузки на хозяйствующие субъекты и граждан. В настоящее время, цифровая платформа единого портала государственных и муниципальных услуг позволяет решить широкий круг вопросов, связанных с необходимостью информационного и иного взаимодействия органов власти и заявителей. При этом, дальнейшее формирование цифровой трансформации общественной среды продолжает оставаться одной из ключевых целей государства.

Реализация указанного стратегического направления опирается на решение задач, предусматривающих достижения определенных показателей², в том числе, достижения «цифровой зрелости» ключевых отраслей экономики, социальной сферы (здравоохранения, образования), а также государственного управления.

Анализ состояния развития цифровой экономики в России, выполненный в 2018 году [1], позволил выявить общероссийский уровень зрелости цифрового сектора, провести его сравнение с международным уровнем, а также дать оценку полученных эффектов цифровой трансформации.

Общие положения

Обеспечение пожарной безопасности является одной из важнейших функций государства³, выполнение которой напрямую зависит от соответствия принимаемых управленческих решений современному уровню развития общества.

Актуальность проводимого исследования результатов использования цифровых технологий в разрешительной деятельности обусловлена необходимостью определения показателя, характеризующего динамику изменений общих временных затрат при предоставлении государственной услуги по лицензированию видов деятельности в области пожарной безопасности (далее – государственная услуга) - в целях оценки эффективности автоматизации выполняемых процедур.

Кроме того, проведенные исследования позволяют предложить дополнительные условия дальнейшего совершенствования порядка предоставления государственной услуги с учетом того, что организационно-штатные структуры ГУ МЧС России по субъектам Рос-

сийской Федерации (за исключением ГУ МЧС России по г. Москве), предусматривают наличие отдела, объединяющего, без соприкосновения по сферам регулирующего воздействия, выполнение нормативно-технической работы, а также лицензионного контроля.

При изучении проблемы использовались метод системного анализа, а также метод социологических исследований с применением общей и математической статистики.

На основании результатов анализа нормативного правового обеспечения, регламентирующего организацию и осуществление лицензирования видов деятельности в области пожарной безопасности, были сформулированы следующие этапы исследования:

подготовка краткого обзора отдельных нормативных правовых актов Российской Федерации, принятых в рамках национальной программы «Цифровая экономика Российской Федерации»⁴, а также публикаций, рассматривающих вопросы оценки эффективности цифровизации различных отраслей;

сравнение общих временных затрат на предоставление государственной услуги без применения и с применением автоматизации процесса;

проведение расчета эффективности первого уровня цифровизации при предоставлении государственной услуги;

формирование выводов.

Выполненный на первом этапе исследований анализ требований актуальных редакций нормативных правовых актов Российской Федерации (далее – НПА), регулирующих предоставление государственной услуги, а также обзоры внесенных в НПА изменений [2,3], показал наличие устойчивой динамики внедрения цифровых технологий в управление государственными услугами в области пожарной безопасности. Так, например, еще в 2016 году на основании анализа положений НПА и нормативных документов (далее – НД), содержащих требования и нормы по порядку лицензированию в области пожарной безопасности и обеспечению выполнения лицензионных требований, были подготовлены тестовые вопросы для внесения в базу программного модуля «Тест-Лицензирование ПБ», предназначенного для использования в качестве обучающего и проверочного материала. Данный программный модуль имеет Государственную

² Указ Президента Российской Федерации от 21.07.2020 № 474 «О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года»

³ Федеральный закон от 21.12.1994 № 69-ФЗ «О пожарной безопасности»

⁴ Паспорт национальной программы «Цифровая экономика Российской Федерации» (утв. президиумом Совета при Президенте Российской Федерации по стратегическому развитию и национальным проектам протокол от 24.12.2018 № 16)

регистрацию программных продуктов для ЭВМ и свидетельство от 19 февраля 2016 года № 2016612153, выданное федеральным органом исполнительной власти по интеллектуальной собственности — ФГБУ «Федеральный институт промышленной собственности». Актуализированная редакция тестовых вопросов (тестовой базы данных) зарегистрирована 12 января 2022 года, свидетельство № 2022620071.

В настоящее время, законодательно установлена и технически поддержана возможность двустороннего взаимодействия между заявителями и лицензирующими органами МЧС России с применением единого портала государственных и муниципальных услуг. Для снижения временных и финансовых затрат введена в действие норма, согласно которой предоставление лицензии подтверждается внесением в реестр лицензий соответствующей записи без оформления бланка лицензии на бумажном носителе⁵. В ближайшее время вводится обновленный порядок предоставления государственной услуги⁶, в том числе, с применением дистанционных технологий при осуществлении контрольно-надзорных мероприятий в рамках лицензионного контроля. Разработаны и вступают в силу новые правила внесения сведений в реестр учета лицензий и присвоения лицензиям регистрационных номеров⁷, согласно которым указанный реестр будет содержать данные о лицензиях, предоставленных по всем направлениям деятельности. В этом случае, код регистрационного номера лицензии будет содержать информацию о лицензируемом виде деятельности, регионе, лицензирующем органе, предоставившем лицензию, а также порядковом номере предоставленной лицензии.

Обеспечение перехода к более широкому использованию единой электронной инфраструктуры также поддерживается участием МЧС России в эксперименте по оптимизации и

автоматизации процессов разрешительной деятельности (лицензирования), проводимом в период с августа 2021 года по июль 2022 года, результатом которого станет оценка возможности внедрения новых подходов на постоянной основе⁸.

Таким образом, подводя промежуточный итог, можно сделать вывод об устойчивом развитии цифровизации в управлении предоставлением государственных услуг в области пожарной безопасности для повышения качества и системности их исполнения, и, одновременно, продолжении цифровой трансформации используемых инструментов государственного управления.

Анализ изменений временных затрат при переходе к цифровым формам результатов предоставления государственной услуги

Второй этап исследования включил в себя анализ изменений результатов предоставления государственной услуги и формы их предоставления.

Исследования показали [4–11], что применение цифровых технологий в условиях единого информационного пространства позволит сократить продолжительность принятия управленческого решения и, в результате, получить дополнительный экономический эффект (прямой либо опосредованный).

Отражая специфику функционирования, для каждой системы управления могут использоваться индивидуальные критерии и методы оценки эффективности цифровизации. При этом, для каждого из этих критериев могут быть применимы общие принципы оценки эффективности цифрового представления информации. Оценку эффективности цифровой трансформации целесообразно проводить с учетом отложенного времени (переходного периода). Полная оценка эффективности должна учитывать затраты на реализацию проектов по цифровизации управленческих или экономических процессов.

Алгоритм предоставления государственной услуги включает в себя ряд процедур, каждая из которых завершается отдельным результатом. В свою очередь, процедуры представляют собой совокупность отдельных направлений деятельности, выполнение которых предполагает соответствующие временные затраты.

⁵ Федеральный закон от 27.12.2019 № 478-ФЗ «О внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации в части внедрения реестровой модели предоставления государственных услуг по лицензированию отдельных видов деятельности».

⁶ Постановление Правительства Российской Федерации от 30.11.2021 № 2107 «О внесении изменений в некоторые акты Правительства Российской Федерации».

⁷ Постановление Правительства Российской Федерации от 14.09.2021 № 1559 «Об изменении и о признании утратившими силу некоторых актов Правительства Российской Федерации».

⁸ Постановление Правительства РФ от 30.07.2021 № 1279 «О проведении на территории Российской Федерации эксперимента по оптимизации и автоматизации процессов разрешительной деятельности, в том числе лицензирования».

Выполненный ранее анализ положений НПА, составляющих нормативное правовое регулирование предоставления государственной услуги, позволил провести систематизацию направлений деятельности сотрудников лицензирующих органов МЧС России, сформировать исчерпывающий перечень указанных направлений, а также провести социологическое исследование, направленное на получение данных о фактическом времени, затрачиваемом сотрудником для выполнения отдельных работ, составляющих единицу объема государственной услуги. В целях настоящей статьи следует указать, что редакции данных НПА, в части положений, определяющих порядок оформления бланка лицензии, дубликата (копии) лицензии, вручения бланка лицензии (дубликата, копии) лично и направления его по почте, действовали до 1 января 2021 года.

Таким образом, результаты, полученные при социологическом исследовании, можно использовать в качестве примера расчета актуальных временных затрат для оценки эффективности первого уровня цифровизации при предоставлении государственной услуги.

В качестве примера данных о временных интервалах, сформированных на основе

полученных в ходе социологического исследования данных (далее – экспериментальные данные), на рис. 1 приведена диаграмма распределения временных затрат сотрудника лицензирующего органа МЧС России при оформлении дубликата лицензии.

Для указанных показателей были определены группы с границами временных интервалов, выполнены исследование (с использованием критерия согласия Романовского) и выбор теоретического распределения, соответствующего реальному распределению полученных экспериментальных данных о затрачиваемом времени.

Распределение эмпирических и теоретических частот и вероятностей значений показателя временных затрат на оформление дубликата (копии) лицензии, представлены в табл. 1 и на рис. 2. Исследование распределения указанных частот проводилось в целях обоснования предлагаемых норм времени для выполнения сотрудником лицензирующего органа МЧС России отдельных направлений деятельности при предоставлении государственной услуги.

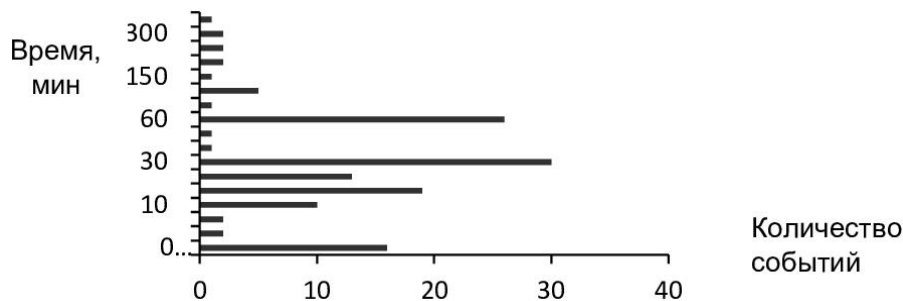


Рис. 1. Распределение затрат времени на оформление дубликата лицензии при предоставлении государственной услуги

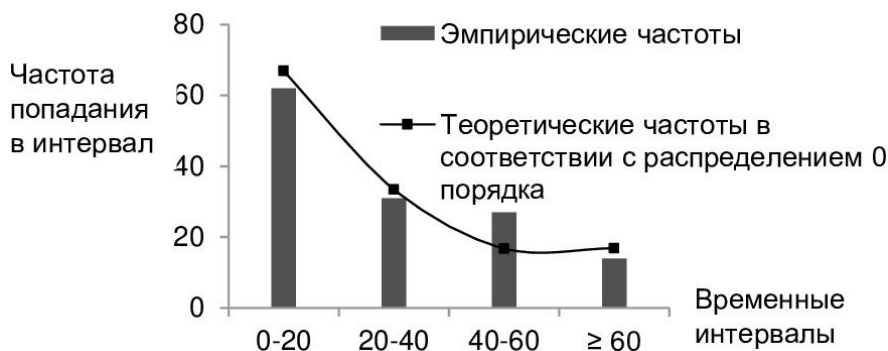


Рис. 2. Эмпирическое и теоретическое распределение частот показателей, характеризующих время, затраченное на оформление дубликата (копии) лицензии

Аналогичным образом был проведен анализ всех направлений деятельности сотрудников лицензирующих органов МЧС России при предоставлении государственной услуги и получены результаты, позволяющие обосновать предлагаемые нормы времени для выполнения отдельных направлений деятельности.

Получение наиболее достоверного результата стало возможным при выборе в качестве показателя наиболее часто встречаю-

щийся вариант в каждом распределении – мода (M_0). Мода представляет собой структурную среднюю величину, характеризующую максимальную плотность, что позволило учесть влияние интервалов, смежных с модальным интервалом, значение частот которых влияет на степень отклонения от середины модального интервала.

Полученные значения моды, округленные до ближайшего большего целого числа, представлены в табл. 2.

Таблица 1. Распределение эмпирических и теоретических частот и вероятностей значений показателя временных затрат на оформление дубликата (копии) лицензии

i	Границы временного интервала, мин	Частота		Вероятности	
		эмпирическая, m_i	теоретическая, f_i	эмпирическая, ω_i	теоретическая, p_i
1	[0; 20)	62	66,84	0,4627	0,4988
2	[20; 40)	31	33,5	0,2313	0,25
3	[40; 60)	27	16,79	0,2015	0,1254
4	≥ 60	14	16,87	0,1045	0,1258
Всего, N		134	134	1	1
$T_{\text{ср.обсл}}=54,37$ (мин)					
Критерий Романовского $\rho = 2,62$					

Таблица 2. Предлагаемые нормы времени выполнения отдельных направлений деятельности, составляющих процесс предоставления государственной услуги

n	Отдельные направления деятельности (X_n)	M_0			Норма времени, мин
		$k=0$	$k=1$	$k=2$	
1	Прием заявления	–	11,25	–	12
2	Проверка соответствия	21,66	–	–	22
3	Регистрация заявления	6,53	–	–	7
4	Проверка полноты и достоверности (без применения системы электронного межведомственного взаимодействия - СМЭВ)	14,13	–	–	15
5	Документарная проверка	–	81,76	–	82
6	Оформление поручения о проведении проверки	–	22,64	–	23
7	Выездная проверка соискателя лицензии	–	211,4	–	212
8	Проверка при переоформлении лицензии (в течение 10 дней)	–	123,32	–	124
9	Выездная проверка при переоформлении лицензии (в течение 30 дней)	156,37	–	–	157
10	Оформление акта проверки соискателя лицензии	36,78	–	–	37
11	Оформление приказа	37,08	–	–	38
12	Оформление бланка лицензии	31,94	–	–	32
13	Оформление уведомления (выписки, справки)	–	21,86	–	22
14	Оформление дубликата (копии) лицензии	13,34	–	–	14
15	Вручение лицензии (дубликата лицензии, копии лицензии, уведомления, выписки, копии акта, справки) лично	–	–	9	9
16	Направление лицензии (дубликата лицензии, копии лицензии, уведомления, выписки, копии акта, справки) по почте	–	31,37	–	32

n	Отдельные направления деятельности (X_n)	Mo			Норма времени, мин
		k=0	k=1	k=2	
17	Направление лицензии (дубликата лицензии, копии лицензии, уведомления, выписки, копии акта, справки) в форме электронного документа	–	12,32	–	13
18	Внесение информации в реестр лицензий	–	35,02	–	35
19	Формирование и ведение лицензионного дела	64,85	–	–	65

Сравнение актуальных и ранее действовавших редакций НПА позволило определить, что с 1 января 2021 года из общего перечня отдельных направлений деятельности, составляющих процесс предоставления государственной услуги, исключению подлежат следующие направления:

- оформление бланка лицензии – a_1 ;
- оформление дубликата (копии) лицензии – a_2 ;
- направление лицензии, дубликата (копии) лицензии по почте – a_3 ;
- вручение лицензии, дубликата (копии) лицензии лично – a_4 (далее в исследовании используются данные для направления с более высоким показателем временных затрат – a_3).

Данные изменения обусловлены тем, что с указанной даты предоставление или переоформление лицензии подтверждается внесением соответствующей записи в реестр лицензий без оформления лицензирующими органами подтверждающих документов на бумажных носителях.

Следует отметить, что на основании результатов социологического исследования, используя методы математической статистики, для выполнения каждого из отдельных направлений деятельности были предложены собственные нормы времени t_i (мин).

Вопросы применения статистических методов при расчете норм времени, необходимых для предоставления государственной услуги, были подробно рассмотрены в проведенных ранее исследованиях [12, 13]. На основе полученных результатов была предложена методика определения достаточности численности сотрудников лицензирующих органов МЧС России [14], позволяющая применять гибкий подход в условиях изменения НПА и НД, регламентирующих принципы управления, в том числе организацию и осуществление лицензирования в области пожарной безопасности.

В работах кратко излагается метод обоснования расчета численности сотрудников МЧС России, приводится расчет годового времени, затрачиваемого на общий объем работ, выполняемых при предоставлении государственной услуги, а также рекомендации для индивидуального применения предлагаемой методики в ГУ МЧС России по субъектам Российской Федерации.

Анализ показал, что принятые на законодательном уровне изменения форм отдельных результатов предоставления государственной услуги оказали влияние на изменение общего объема времени, затрачиваемого специалистами лицензирующих органов МЧС России при предоставлении государственной услуги – уменьшение временных затрат. Их суммарное значение T_j (мин) определяется по формуле:

$$T_j = \sum N_j t_j, \quad (1)$$

где N_j – количество заявлений о предоставлении государственной услуги, при рассмотрении которых выполнялись изъятые направления деятельности a_j ; t_j – нормы времени для a_j .

Вычисляем, применяя предложенную математическую модель расчета годового времени, затрачиваемого на предоставление государственной услуги $T_{факт}$ (дни) [14], актуальные общие временные затраты на предоставление государственной услуги $T_{акт}$ (дни):

$$T_{акт} = T_{факт} - (T_j \div 480) \quad (2)$$

При вычислении $T_{акт}$ не учитывается время рассмотрения заявления о предоставлении дубликата (копии) лицензии, так как в подавляющем большинстве случаев первоначальная проверка проходила с использованием СМЭВ, то есть автоматически.

Значения для определения суммарного значения T_j приведены в табл. 3.

Таблица 3. Нормы времени для исключенных направлений деятельности

j	Отдельные направления деятельности (a_j)	Норма времени (t_j), мин	N_j	T_j
1	Оформление бланка лицензии	32	5960	632
2	Оформление дубликата (копии) лицензии	14	7973	
3	Направление лицензии (дубликата лицензии, копии лицензии, уведомления, выписки, копии акта, справки) по почте	32	29	

$$T_{\text{факт}} = \left[\left(\sum_{i=1}^{k-1} N_i \sum_{n_i} t_{ni} + N_k t_{nk} K_1 \right) \cdot K_2 K_3 \right] \div 480, \quad (3)$$

где k – число групп работ с совпадающими направлениями деятельности; i – группа работ с совпадающими направлениями деятельности (определяется при анализе алгоритма достижения результата предоставления государственной услуги); N_i – количество заявлений о предоставлении государственной услуги, выбранных на основе анализа совпадений выполняемых направлений деятельности; n_i – подмножество направлений деятельности, совпадающих для различных результатов предоставления государственной услуги; t_{ni} – норма времени t_n для каждого направления деятельности, входящего в подмножество n_i ; K_1 – коэффициент, позволяющий учесть затраты времени на выездные проверки на территории всей Российской Федерации;

K_2 – коэффициент, учитывающий выполняемые виды работ, не вошедшие в направления деятельности по предоставлению государственной услуги; K_3 – коэффициент, учитывающий нахождение сотрудников в отпусках, на больничном, в командировках и т.д.

Используя результаты расчетов, выполненных на основании сведений статистических форм для лицензируемых видов деятельности в области пожарной безопасности⁹, определяем эффективность общероссийского перехода на электронные источники информации, подтверждающие наличие лицензии на виды деятельности в области пожарной безопасности – эффективность первого уровня цифровизации E_1 (%):

$$E_1 = \left[\left(T_{\text{факт}} - T_{\text{акт}} \right) \div T_{\text{факт}} \right] \cdot 100 = 4\%. \quad (4)$$

Проведенные исследования показали наличие положительной динамики эффективности оптимизации временных затрат сотрудников лицензирующих органов при внедрении цифровых подходов в процесс предоставления государственной услуги.

Первичный количественный показатель снижения времени оказания государственной услуги по предоставлению лицензии на деятельность в области пожарной безопасности по Российской Федерации составил 294 дня. Данный показатель рассчитан на основании данных о количестве лицензий, предоставленных и переоформленных лицензирующими органами МЧС России (соответственно 2731 и 1675 лицензий), и времени, ранее затрачиваемом на оформление бланка лицензии.

Выводы

Учитывая, что результаты анализа текущего состояния развития цифровой экономики в России [1] показали необходимость выработки измеряемых показателей целей, связанных с эффективностью и результативностью цифровой трансформации при внедрении цифровизации, целесообразно изучить возможность:

– рассмотрения $T_{\text{акт}}$ как показателя результативности, характеризующего объем актуальных общих временных затрат на предоставление государственной услуги (вступающие в силу с 1 марта 2022 года изменения в НПА предполагают проведение лицензионного контроля в дистанционной форме, что повлечет снижение временного показателя $T_{\text{акт}}$);

– применения подхода к определению эффективности первого уровня цифровизации E_1 при оценке эффективности цифровизации

«существованием лицензирования отдельных видов деятельности».

⁹ Приказ Федеральной службы государственной статистики от 30.03.2012 № 103 «Об утверждении статистического инструментария для организации Министерством экономического развития Российской Федерации федерального статистического наблюдения за осу-

предоставления государственной услуги в целом.

Одновременно, определение вектора изменений общих временных затрат на оказание государственной услуги в условиях активного внедрения цифровых подходов позволяет провести анализ наиболее и наименее трудо-

затратных направлений предоставления государственной услуги и, соответственно, выработать оптимальные управленческие решения (например, рабочее перераспределение сотрудников с изменением их функционала в соответствии с основным объемом и направлениями деятельности подразделения).

Список литературы

1. Анализ текущего состояния развития цифровой экономики в России. М.: Институт развития информационного общества, 2018. 166 с.

2. Зенкова И. Ф. Правовое регулирование лицензирования отдельных видов деятельности в области пожарной безопасности на современном этапе // Пожарная и техносферная безопасность: проблемы и пути совершенствования. 2020. № 3 (7). С. 166–169.

3. Анализ изменений нормативного правового обеспечения лицензирования в области пожарной безопасности // В. А. Сорокин, И. Ф. Зенкова, И. О. Виноградова [и др.] // Актуальные вопросы пожарной безопасности, 2021. № 3. С. 6–10.

4. Пустынникова Е. В., Баклушинский В. В., Платонова А. В. Эффективность цифровизации в условиях интеграционного развития // Вестник ЮУрГУ. Серия «Экономика и менеджмент». 2019. Т. 13. № 2. С. 104–109.

5. О содержании проекта прогноза научно-технологического развития российской федерации на период до 2030 г. / В. А. Крюков, В. И. Суслов, А. О. Баранов [и др.] // Проблемы прогнозирования. 2019. № 3 (174). С. 40–49.

6. Зеленков М. Ю. Критерии и методы оценки эффективности цифровизации управления транспортно-логистическими системами // Тренды и управление. 2019. № 2. С. 76–90.

7. Трусов А. В., Трусов В. А., Бочкарев А. С. Оценка эффективности проектов цифровой трансформации // Вестник научных конференций. 2019. № 4-1(44). С. 106–108.

8. Перевозникова Н. В., Мызникова М. А. Оценка эффективности стратегии цифровой трансформации // Донецкие чтения 2020: образование, наука, инновации, культура и вызовы современности: материалы V Международной научной конференции. Донецк. 2020. С. 411–414.

9. Кокуйцева Т. В., Овчинникова О. П. Методические подходы к оценке эффективности цифровой трансформации предприятий высокотехнологичных отраслей промышленности // Креативная экономика. Т. 15. № 6. С. 2413–2430.

10. Карасев Е. В., Таратанов Н. А. Оценка эффективности деятельности органов дознания государственного пожарного надзора федеральной противопожарной службы // Современные проблемы гражданской защиты. 2019. № 3 (32). С. 61–71.

11. Карасев Е. В., Таратанов Н. А., Бирюкова И. А. Оценка эффективности деятельности сотрудников и работников судебно-экспертного учреждения // Современные проблемы гражданской защиты. 2020. № 1(34). С. 84–93.

12. Соколов С. В., Зенкова И. Ф. О расчёте норм времени при предоставлении государственной услуги по лицензированию видов деятельности в области пожарной безопасности // Технологии техносферной безопасности. 2017. № 3 (73). С. 170–178.

13. Зенкова И. Ф. Применение статистических методов при определении норм времени, необходимых для предоставления государственной услуги по лицензированию видов деятельности в области пожарной безопасности // Пожарная безопасность. 2017. № 3. С. 97–102.

14. Соколов С. В., Зенкова И. Ф. Методика определения численности сотрудников лицензирующих органов МЧС России // Пожарная безопасность. 2018. № 3. С. 68–73.

References

1. *Analysis of the current state of development of the digital economy in Russia* [Analysis of the current state of development of the digital economy in Russia]. M.: Institute for the Development of the Information Society, 2018, 166 p.

2. Zenkova I. F. *Pravovoye regulirovaniye litsenzirovaniya ot del'nykh vidov deyatelnosti v oblasti pozharnoy bezopasnosti na sovremennom etape* [Legal regulation of licensing of certain types of activities in the field of fire safety at the present stage]. *Pozharnaya i tekhnosfernaya bezopasnost': problemy i puti sovershenstvovaniya*, 2020, vol. 3(7), pp. 166–169.

3. *Analiz izmeneniy normativnogo pravovogo obespecheniya litsenzirovaniya v oblasti pozharnoy bezopasnosti* [Analysis of changes in regulatory legal support for licensing in the field of fire safety] / V. A. Sorokin, I. F. Zenko-

va, I. O. Vinogradova [et al.] *Aktual'nyye voprosy pozharnoy bezopasnosti*, 2021, issue 3, pp. 6–10.

4. Pustynnikova E. V., Baklushinsky V. V., Platonova A. V. Effektivnost' tsifrovizatsii v usloviyakh integratsionnogo razvitiya [Efficiency of digitalization in the conditions of integration development]. *Vestnik YUUrGU. Seriya «Ekonomika i menedzhment»*, 2019, vol. 13, issue 2, pp. 104–109.

5. O sodержanii proyekta prognoza nauchno-tekhnologicheskogo razvitiya rossiyskoy federatsii na period do 2030 g. [About contents of the draft of the forecast of scientific and technological development of the Russian Federation until 2030] / V. A. Kryukov, V. I. Suslov, A. O. Baranov [et al.]. *Problemy prognozirovaniya*, 2019, vol. 3(174), pp. 40–49.

6. Zelenkov M. Yu. Kriterii i metody otsenki effektivnosti tsifrovizatsii upravleniya transportno-logisticheskimi sistemami [Criteria and methods for assessing the efficiency of digitalization of transport and logistics systems management]. *Trendy i upravleniye*, 2019, issue 2, pp. 76–90.

7. Trusov A. V., Trusov V. A., Bochkarov A. S. Otsenka effektivnosti proyektov tsifrovoy transformatsii [Evaluation of the effectiveness of digital transformation projects]. *Vestnik nauchnykh konferentsiy*, 2019, vol. 4-1(44), pp. 106–108.

8. Perevoznikova N. V., Myznikova M. A. Otsenka effektivnosti strategii tsifrovoy transformatsii [Evaluation of the effectiveness of the digital transformation strategy]. // *Donetskiye chteniya 2020: obra-zovaniye, nauka, innovatsii, kul'tura i vyzovy sovremennosti: materialy V Mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii*. Donetsk, 2020, pp. 411–414.

9. Kokuitseva T. V., Ovchinnikova O. P. Metodicheskiye podkhody k otsenke effektivnosti tsifrovoy transformatsii predpriyatiy vysokotekhnologichnykh otrasley promyshlennosti [Methodological approaches to assessing the effectiveness of

digital transformation of enterprises of high-tech industries]. *Kreativnaya ekonomika*, vol. 15, issue 6, pp. 2413–2430.

10. Karasev E. V., Taratanov N. A. Otsenka effektivnosti deyatelnosti organov doznaniiya gosudarstvennogo pozharnogo nadzora federal'noy protivopozharnoy sluzhby // [Assessment of the effectiveness of the state fire supervision investigation bodies of the federal fire service]. *Sovremennyye problemy grazhdanskoy zashchity*, 2019, vol. 3 (32), pp. 61–71.

11. Karasev E. V., Taratanov N. A., Biryukova I. A. Otsenka effektivnosti deyatelnosti sotrudnikov i rabotnikov sudebno-ekspertnogo uchrezhdeniya [Evaluation of the effectiveness of employees and employees of the forensic institution]. *Sovremennyye problemy grazhdanskoy zashchity*, 2020, vol. 1(34), pp. 84–93.

12. Sokolov S. V., Zenkova I. F. O raschote norm vremeni pri predostavlenii gosudarstvennoy uslugi po litsenzirovaniyu vidov deyatelnosti v oblasti pozharnoy bezopasnosti [On the calculation of time standards when providing state service for licensing activities in the field of fire safety]. // *Tekhnologii tekhnosfernoy bezopasnosti*, 2017, vol 3 (73), pp. 170–178.

13. Zenkova I. F. Primeneniye statisticheskikh metodov pri opredelenii norm vremeni, neobkhodimyykh dlya predostavleniya gosudarstvennoy uslugi po litsenzirovaniyu vidov deyatelnosti v oblasti pozharnoy bezopasnosti [Using statistical methods in determining the time standards necessary for the provision of state service for licensing activities in the field of fire safety]. *Pozharnaya bezopasnost'*, 2017, issue 3, pp. 97–102.

14. Sokolov S. V., Zenkova I. F. Metodika opredeleniya chislennosti sotrudnikov litsenziruyushchikh organov MCHS Rossii [Methodology for determining the number of employees of licensing bodies of the EMERCOM of Russia]. *Pozharnaya bezopasnost'*, 2018, issue 3, pp. 68–73.

Козырев Евгений Вячеславович

Федеральное государственное бюджетное учреждение «Всероссийский ордена «Знак Почета» научно-исследовательский институт противопожарной обороны» МЧС России,
Российская Федерация, г. Балашиха
начальник отдела

E-mail: vniipo.onpr@mail.ru

Kozyrev Evgeny Vyacheslavovich

«All-Russian Research Institute for Fire Protection of the Ministry of the Russian Federation for Civil Defence, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters»
Russian Federation, Balashikha

head of department

E-mail: vniipo.onpr@mail.ru

Зенкова Ирина Федоровна

Федеральное государственное бюджетное учреждение «Всероссийский ордена «Знак Почета» научно-исследовательский институт противопожарной обороны» МЧС России,
Российская Федерация, г. Балашиха
старший научный сотрудник
E-mail: vniipo.onpr@mail.ru

Zenkova Irina Fedorovna

«All-Russian Research Institute for Fire Protection of the Ministry of the Russian Federation for Civil Defence, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters»
Russian Federation, Balashikha
senior researcher, candidate of technical sciences
E-mail: vniipo.onpr@mail.ru

Хрыкин Евгений Александрович

Федеральное государственное бюджетное учреждение «Всероссийский ордена «Знак Почета» научно-исследовательский институт противопожарной обороны» МЧС России,
Российская Федерация, г. Балашиха
старший научный сотрудник
E-mail: vniipo.onpr@mail.ru

Hrykin Evgeny Alexandrovich

«All-Russian Research Institute for Fire Protection of the Ministry of the Russian Federation for Civil Defence, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters»
Russian Federation, Balashikha
senior researcher
E-mail: vniipo.onpr@mail.ru

Щеголева Наталья Олеговна

Федеральное государственное бюджетное учреждение «Всероссийский ордена «Знак Почета» научно-исследовательский институт противопожарной обороны» МЧС России,
Российская Федерация, г. Балашиха
старший научный сотрудник
E-mail: vniipo.onpr@mail.ru

Shchegoleva Natalya Olegovna

«All-Russian Research Institute for Fire Protection of the Ministry of the Russian Federation for Civil Defence, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters»
Russian Federation, Balashikha
senior researcher
E-mail: vniipo.onpr@mail.ru

Виноградова Ирина Олеговна

Федеральное государственное бюджетное учреждение «Всероссийский ордена «Знак Почета» научно-исследовательский институт противопожарной обороны» МЧС России,
Российская Федерация, г. Балашиха
старший научный сотрудник
E-mail: vniipo.onpr@mail.ru

Vinogradova Irina Olegovna

«All-Russian Research Institute for Fire Protection of the Ministry of the Russian Federation for Civil Defence, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters»
Russian Federation, Balashikha
senior researcher
E-mail: vniipo.onpr@mail.ru

**СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ИЗДЕЛИЯ (ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ)
BUILDING MATERIALS AND PRODUCTS (TECHNICAL)**

УДК 666.97:66.02:620.193

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ
НА ИНТЕНСИВНОСТЬ МАССОПЕРЕНОСА
ПРИ КОРРОЗИИ ПЕРВОГО ВИДА ЦЕМЕНТНЫХ БЕТОНОВ**

**В. Е. РУМЯНЦЕВА^{1,2}, И. В. КРАСИЛЬНИКОВ^{2,3}, И. А. КРАСИЛЬНИКОВА⁴,
У. А. НОВИКОВА⁵, Н. С. КАСЬЯНЕНКО²**

¹ Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Иваново

² Ивановский государственный политехнический университет,
Российская Федерация, г. Иваново

³ Научно-исследовательский институт строительной физики РААСН,
Российская Федерация, г. Москва

⁴ Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича
и Николая Григорьевича Столетовых,
Российская Федерация, г. Владимир

⁵ Сахалинский государственный университет,
Российская Федерация, г. Южно-Сахалинск

E-mail: varrym@gmail.com, korasb@mail.ru, irinanebukina@rambler.ru,
E-mail: denis.g.novikov@gmail.com, kasiyanenko@gmail.com

В работе поставлена проблема изучения сложных физико-химических процессов, происходящий в капиллярно-пористой структуре бетона при эксплуатации железобетонной конструкции в среде, вызывающей коррозию бетона первого вида. Описана методика подготовки образцов цементного камня, проведения испытаний на коррозионную стойкость с последующими исследованиями изменений физико-химического состава. Получены профили концентраций гидроксида кальция по толщине образца на моменты времени отбора проб. Представлены кинетические кривые изменения концентраций гидроксида кальция в жидкой фазе. Рассчитаны коэффициенты массопроводности и массоотдачи по пространственно-временным координатам, на основании которых выполнен переход к температурно-концентрационным зависимостям.

Ключевые слова: массоперенос, выщелачивание, температура, цементный бетон, коэффициент массопроводности, коэффициент массотдачи.

**RESEARCH OF THE EFFECT OF TEMPERATURE
ON THE INTENSITY OF MASS TRANSFER IN THE PROCESS CORROSION
OF THE FIRST TYPE OF CEMENT CONCRETE**

**V. E. RUMYANTSEVA^{1,2}, I. V. KRASILNIKOV^{2,3}, I. A. KRASILNIKOVA⁴,
U. A. NOVIKOVA⁵, N. S. KASYANENKO²**

¹ Federal State Budget Educational Establishment of Higher Education
«Ivanovo Fire Rescue Academy of State Firefighting Service of Ministry of Russian Federation
for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters»,
Russian Federation, Ivanovo

² Ivanovo State Polytechnic University,
Russian Federation, Ivanovo

³ Scientific Research Institute of Construction Physics RAASN,
Russian Federation, Moscow

⁴ Vladimir State University,

Russian Federation, Vladimir
⁵ Sakhalin State University,
Russian Federation, Yuzhno-Sakhalinsk
E-mail: varrym@gmail.com, korasb@mail.ru, irinanebukina@rambler.ru,
E-mail: denis.g.novikov@gmail.com, kasiyanenko@gmail.com

In the presented work, the problem of studying complex physico-chemical processes occurring in the capillary-porous structure of concrete during the operation of a reinforced concrete structure in an environment that causes corrosion of concrete of the first type is posed. The method of preparation of cement stone samples, conducting corrosion resistance tests with subsequent studies of changes in the physico-chemical composition is described. Profiles of calcium hydroxide concentrations by sample thickness at sampling times were obtained. Kinetic curves of changes in concentrations of calcium hydroxide in the liquid phase are presented. The coefficients of mass conductivity and mass transfer are calculated according to space-time coordinates, on the basis of which the transition to temperature-concentration dependences is performed.

Key words: mass transfer, leaching, temperature, cement concrete, mass conductivity coefficient, mass transfer coefficient.

Введение

Применение конструктивных строительных материалов и изделий при строительстве зданий и сооружений, а также при проведении капитальных ремонтов, реконструкций или усилению строительных конструкций невозможно без четкого представления о реальных процессах, происходящих при их эксплуатации. Исследование физико-химических деструкционных процессов, происходящих в структуре строительного материала при его эксплуатации необходимо для установления общей схемы протекания процессов, определения свойств материала, влияющих на интенсивность процессов, и их изменение при эксплуатации. Кроме этого, данное обстоятельство продиктовано, необходимостью разработки математических моделей нестационарных процессов массообмена, протекающих при эксплуатации строительных объектов, с последующей интеграцией в цифровые имитационные модели жизненного цикла [1,2].

Все исследования жидкостной коррозии первого вида проводились в изотермических условиях при температуре 20–25 °С. Однако, огромное количество строительных конструкций зданий и сооружений эксплуатируются в условиях воздействия изменяющихся климатических и технологических температур, при одновременном (постоянном или периодическом) контакте конструкции с жидкостью. При этом, параметры массообменных процессов, в первую очередь коэффициенты массопроводности и массоотдачи, имеют существенно разные численные значения при разных температурах [3].

Цель исследования: выполнить экспериментальные исследования динамики и

кинетики жидкостной коррозии первого вида цементных бетонов при различных температурах, оценить влияние температуры на интенсивность массообменных процессов при жидкостной коррозии первого вида цементных бетонов и установить зависимости коэффициентов переноса от температуры.

Материалы и методы исследования

Изучение массообменных процессов при воздействии на цементные бетоны жидкой агрессивной среды проводилось в соответствии с адаптированной методикой [4], основанной на ГОСТ 27677-88 «Защита от коррозии в строительстве. Бетоны. Общие требования к проведению испытаний»

При экспериментальном исследовании свойств бетонов в качестве вяжущего использован портландцемент нормированного состава без минеральных добавок марки 500. Свойства бетонной смеси определены методами, установленными ГОСТ 310.3-92 «Цементы. Методы определения нормальной плотности, сроков схватывания и равномерности изменения объема» и ГОСТ 310.4-92 «Цементы. Методы определения предела прочности при изгибе и сжатии».

Вода, использованная при приготовлении бетона, соответствует требованиям ГОСТ 23732-93 «Вода для бетонов и растворов. Технические условия», не содержала примесей в количествах, нарушающих сроки схватывания и твердения бетона, снижающих прочность и морозостойкость бетона.

Исследования проводились на образцах-кубах. Опытный образец состоит из трех плотно подогнанных друг к другу пластин размером 1х3х3 см, в результате получается образец – куб с гранью 3 см. С целью наиболь-

шего приближения проводимого эксперимента к реальным условиям эксплуатации, пять граней куба, покрываются битумно-полимерной мастикой холодного отверждения. Таким образом, с жидкостью взаимодействует только одна грань куба.

Изготовленные пластины, выдержанные не менее 28 суток после формования, соединялись в образцы-кубы. С целью приближения образцов к реальным условиям эксплуатации конструкций и разработанной нами математической моделью они покрывались битумно-полимерной мастикой [4].

Подготовленные образцы погружались в жидкую агрессивную среду объемом 1000 см³. Далее с периодичностью 14 суток отбираются пробы для изучения состава образцов цементного камня и титрования жидкости [5]. В качестве жидкой реакционной среды при изучении массообменных процессов при коррозии первого вида используется дистиллированная вода.

Влияние температуры на динамику и кинетику процесса проводились путем установления стационарной температуры водной среды в термостате 4°C и 25°C.

Изучение состава образцов цементного камня до и после проведения испытаний в дистиллированной воде проведено методами дифференциально-термического анализа, ин-

фракрасной Фурье-спектрометрии, комплексометрии.

Результаты исследования и их обсуждение

В соответствии с принятым методом испытаний, основанном на сравнении значений показателей, характеризующих коррозионную стойкость испытываемых образцов, помещенных в агрессивную среду, со значениями показателей контрольных образцов, не подвергавшихся действию агрессивной среды, исследовались контрольный образец не помещенный в водную среду и образцы, находившиеся в водной среде в течении 1,14,28,42,56 и 70 суток при температурах +4°C и +25°C.

При исследовании образцов дифференциально-термическим анализом прослеживались четыре эндотермических эффекта и один экзотермический эффект (см. табл. 1). По данным дифференциально-термического анализа во всех пробах зафиксировано уменьшение содержания гидроксида кальция по эндозффекту при температуре 430-480°C. Проведенные исследования дифференциально-термическим анализом позволили установить в процентном содержании общее количество гидроксида кальция и его изменение в течении 1,14,28,42,56 и 70 суток при температурах +4°C и +25°C, результаты представлены в табл. 2.

Таблица 1. Изменение массы и энергии образцов при испытании на дериватографе

t ДТА, °C	Характер эффекта	Процесс, вызывающий эффект	Изменение массы после воздействия среды, % при температуре испытаний:	
			4 °C	25 °C
100-130	Эндотермический	Удаление физически связанной воды	3,46	3,86
300-400	Экзотермический	Выгорание органических примесей	0,72	0,78
430-480	Эндотермический	Дегидратация гидроксида кальция $\text{Ca}(\text{OH})_2 \rightarrow \text{CaO} + \text{H}_2\text{O}$	0,76	0,95
550-650	Эндотермический	Полиморфные превращения кварца $\alpha\text{-SiO}_2 \rightarrow \beta\text{-SiO}_2$	3,04	3,11
750-815	Эндотермический	Переход одной формы двухкальциевого силиката в другую $\gamma\text{-C}_2\text{S} \rightarrow \alpha'\text{-C}_2\text{S}$	3,22	3,88
Общее изменение массы			15,18	17,57

Таблица 2. Содержание гидроксида кальция в образцах

Период испытаний	Содержание $\text{Ca}(\text{OH})_2$ (в пересчете на CaO), %					
	4 °С			25 °С		
	Первая зона	Промежуточная зона	Крайняя зона	Первая зона	Промежуточная зона	Крайняя зона
контр.	2,02	2,02	2,02	2,02	2,02	2,02
1 сут.	2,02	2,02	1,95	2,02	2,02	1,99
14 сут.	2,01	1,92	1,65	2,02	1,93	1,68
28сут.	1,73	1,67	1,49	1,74	1,69	1,53
42сут.	1,52	1,49	1,36	1,57	1,54	1,41
56сут.	1,41	1,37	1,25	1,44	1,41	1,31
70сут.	1,32	1,29	1,22	1,38	1,36	1,27

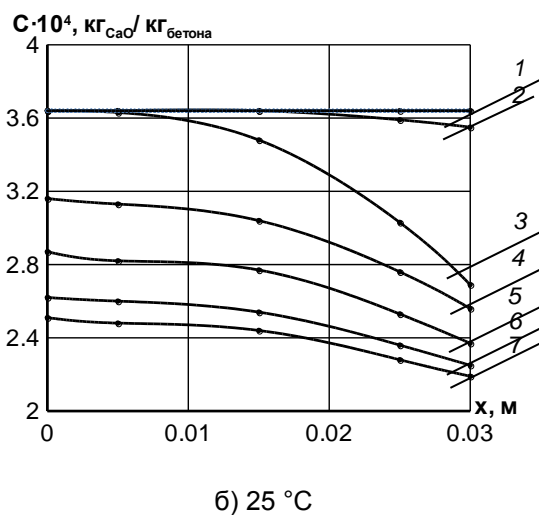
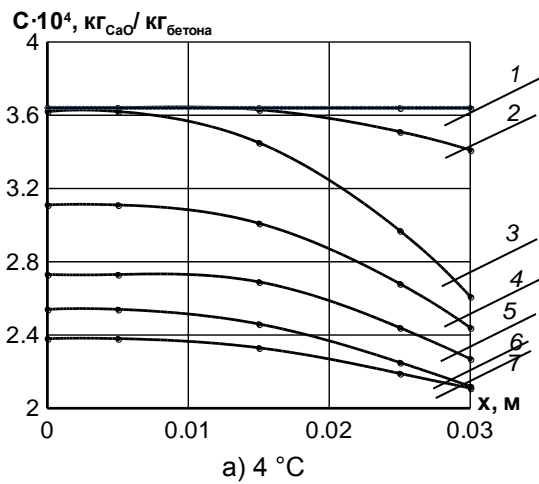


Рис. 1. Профили концентраций $\text{Ca}(\text{OH})_2$ по толщине образца при t :
 1–0 сут.; 2–1 сут.; 3–14 сут.;
 4–28 сут.; 5–42 сут.; 6–56 сут.;
 7–70 сут.

Результаты исследований методами дифференциально-термического анализа, инфракрасной Фурье-спектрометрии позволили построить профили концентраций гидроксида кальция по толщине образца на моменты времени отбора проб (рис. 1).

Общие очертания профилей концентраций близки к виду косинусоид, что согласуется с математическими моделями в системе «цементный бетон – жидкость» [6–8].

С началом процесса выщелачивания происходит резкое уменьшение концентраций гидроксида кальция именно в поверхностном слое бетона, а затем, с течением времени фронт потока массы продвигается в глубь и наблюдается снижение градиента.

Кинетика процесса изучалась методом объемного титрования. Данным методом проводился контроль содержания катионов кальция в воде, результаты которого представлены на рис. 2.

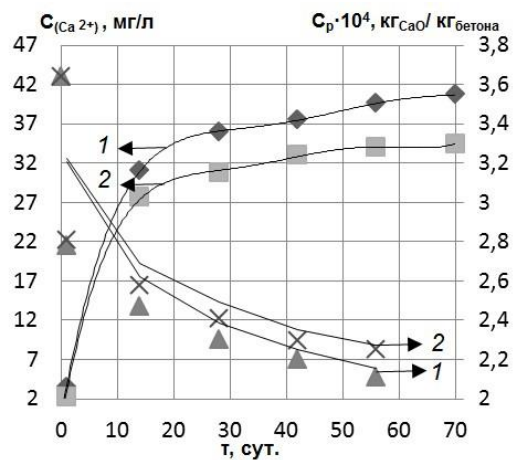


Рис. 2. Изменение концентраций катионов $\text{C}_{(\text{Ca}^{2+})}$ и равновесной концентрации C_p при температуре водной среды 1–4 °С; 2–25 °С

Проведенные экспериментальные исследования являются отправной точкой анализа динамики и кинетики реального процесса коррозии первого вида, содержащие необходимые данные для расчета коэффициентов массопереноса и установления зависимостей их от температуры.

При расчете значений коэффициента массопроводности, с учетом его зависимости и от температуры, и от концентрации переносимого компонента в твердой фазе, необходим метод его расчета, учитывающий его изменение по толщине образца. Такой метод предложен в работе [9]. Определение коэффициента массопроводности основывается выполненной аппроксимации профиля концентраций по уравнению параболы:

$$c(x, t_i) = a_{T_i} x^2 + b_{T_i} x + c_{T_i}, \quad (1)$$

где: $C(x, t_i)$ - концентрация переносимого компонента по толщине образца в момент времени t_i ; a_{T_i} , b_{T_i} и c_{T_i} - коэффициенты уравнения параболы.

При аппроксимации распределения концентраций по уравнению (1), основываясь на основном уравнении массопроводности, получена формула для расчета коэффициента массопроводности по пространственно-временным координатам:

$$k(x_j, t_i) = \frac{c(x_j, t_i) - c(x_j, t_{i-1})}{2a_{T_i} \Delta t}, \quad (2)$$

где $k(x_j, t_i)$ - коэффициент массопроводности образца в точке x_j в момент времени t_i .

Проведя расчеты, в соответствии с (1) и (2) построены графические зависимости изменения коэффициента массопроводности по толщине образца в разные моменты времени т.е. по пространственно-временным координатам, на основании которых выполнен переход к температурно-концентрационной зависимости представленной на рис. 3.

Линии на рис. 3 – аппроксимация коэффициента массопроводности от концентрации гидроксида кальция уравнением прямой:

$$\frac{k(t, C)}{10^{10}} = 11,68 \cdot \frac{C}{10^4} - d \cdot t, \quad (3)$$

где d – коэффициент, равный 5,9 при 4 °С и 1,06 при 25 °С.

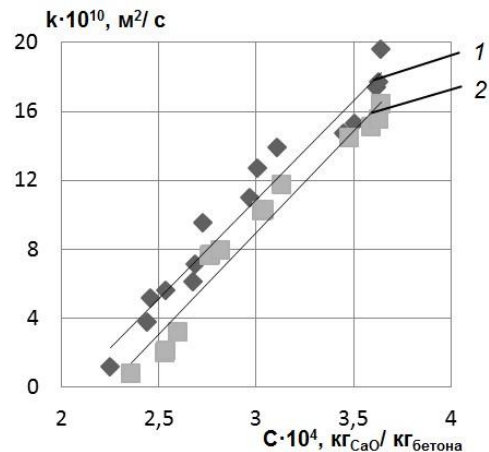


Рис. 3. Изменение коэффициента массопроводности от концентрации гидроксида кальция при температуре водной среды 1–4 °С; 2–25 °С

Рассчитать коэффициент массоотдачи β , в зависимости от интенсивности потока массы i и изменения концентрации гидроксида кальция на границе раздела фаз $C(\delta, t_i)$ можно по формуле [9]:

$$\beta = \frac{\Delta i}{\Delta C(\delta, t) \cdot \rho_{\text{бет}}}. \quad (4)$$

При этом плотность потока массы вещества i из бетона в жидкую среду определяется следующим образом:

$$i = \frac{\Delta C_{\text{ж}}}{S \cdot \Delta t}, \quad (5)$$

$\Delta C_{\text{ж}}$ - изменение масса вещества, перешедшего из бетона в жидкую среду, кг.

Результаты расчетов, после статической обработки данных и перевода из временной в концентрационно-температурную зависимости коэффициента массоотдачи представлены графическими зависимостями рис. 4.

Линии на рис. 4. – аппроксимация коэффициента массоотдачи от концентрации катионов кальция уравнением экспоненты:

$$\frac{\beta(t, C)}{10^7} = h \cdot t \cdot \exp(-0,064C), \quad (6)$$

где h – коэффициент, равный 2,3 при 4 °С и 0,466 при 25 °С.

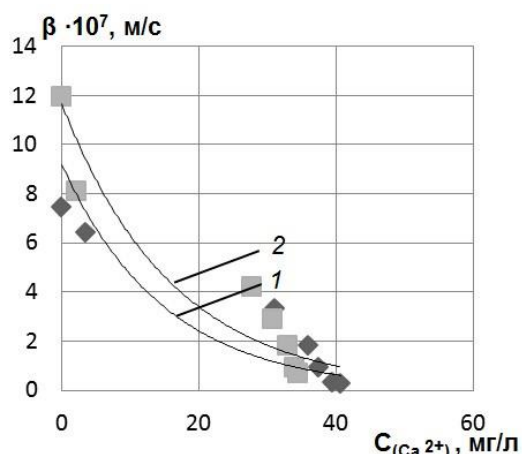


Рис. 4. Изменение коэффициента массоотдачи от концентрации гидроксида кальция при температуре водной среды 1–4°C; 2–25°C

Анализ результатов проведенных комплексных физико-химических исследований твердой и жидкой фаз подтверждает принятые ранее модельные представления о характере массопереноса в рассматриваемой системе «цементный бетон - жидкость» в условиях массопереноса лимитируемого внутренней диффузией и внешней массоотдачей, что позволяет рассчитать характеристики массопереноса свободного гидроксида кальция при жидкостной коррозии бетона первого вида.

Полученные температурно-концентрационные уравнения для значений коэффициентов массопроводности и массоотдачи и полностью согласуются с физическими представлениями о процессах, протекающих

при коррозионном массопереносе и соответствуют данным литературных источников [3,9] и могут быть использованы в реальных математических моделях при прогнозировании динамики и кинетики массопереноса при жидкостной коррозии первого вида.

Выводы

1. На базе длительного эксперимента, проводимого с использованием общепринятых физико-химических методов оценки свойств материалов, определены фактические значения концентраций «свободного гидроксида кальция» в порах бетона и растворенного гидроксида кальция в жидкости в различные моменты времени. Отмечено, что на начальных этапах коррозии первого вида выщелачивание гидроксида кальция при температуре +4 идет интенсивнее чем при +25°C, по мере развития процесса градиенты концентраций при разных температурах выравниваются.

2. Для рассматриваемой системы установлены численные значения коэффициентов массопроводности и массоотдачи цементного бетона. Определено, что коэффициент массопроводности на начальных этапах коррозии первого вида равен $19,4 \cdot 10^{-10}$ и $16,2 \cdot 10^{-10} \text{ м}^2/\text{с}$ при температурах +4 и +25°C соответственно, а коэффициент массоотдачи равен $7,8 \cdot 10^{-7}$ и $12 \cdot 10^{-7} \text{ м/с}$ при температурах +4 и +25°C соответственно.

3. Установлены температурно-концентрационные эмпирические зависимости изменения коэффициентов массопроводности и массоотдачи на отрезке температур от +4...+25°C.

Список литературы

1. Травуш В. И., Емельянов С. Г., Колчунов В. И. Безопасность среды жизнедеятельности – смысл и задача строительной науки // Промышленное и гражданское строительство. 2015. № 7. С. 20–27.
2. О концепции развития нормативно-технической базы строительных объектов в период их эксплуатации / В. И. Травуш, В. В. Гурьев, А. Н. Дмитриев [и др.] // Academia. Архитектура и строительство. 2021. № 1. С. 121–133.
3. Рудобашта С. П. Массоперенос в системах с твердой фазой. М.: Химия, 1980. 248 с.
4. Исследование диффузионных процессов массопереноса при жидкостной коррозии первого вида цементных бетонов / С. В. Федосов, В. Е. Румянцева, И. В. Красиль-

ников [и др.] // Известия высших учебных заведений. Серия: Химия и химическая технология. 2015. Т. 58. № 1. С. 99–104.

5. Федосов С. В., Румянцева В. Е., Красильников И. В. Оценка влияния параметров массопереноса на кинетику и динамику процессов, протекающих при жидкостной коррозии первого вида цементных бетонов // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Серия: Материалы. Конструкции. Технологии. 2018. № 1. С. 14–22.

6. Monitoring of the penetration of chloride ions to the reinforcement surface through a concrete coating during liquid corrosion / S. V. Fedosov, V. E. Roumyantseva, I. V. Krasilnikov [et al.]. / *OP Conference Series: Materials Science and Engineering. electronic edition*. Vladivostok, 2018, pp. 42-48. DOI: 10.1088/1757-899X/463/4/042048

7. Formulation of mathematical problem describing physical and chemical processes at concrete corrosion / S. V. Fedosov, V. E. Roumyantseva, I. V. Krasilnikov [et al.]. *International Journal for Computational Civil and Structural Engineering*, 2017, vol. 13, issue 2, pp. 45–49.

8. Математическое моделирование массопереноса в системе «цементный бетон - жидкая среда», лимитируемого внутренней диффузией переносимого компонента при жидкостной коррозии первого вида / С. В. Федосов, В. Е. Румянцева, И. В. Красильников [и др.] // Строительные материалы. 2021. № 7. С. 4–9.

9. Теоретические и экспериментальные исследования процессов коррозии первого вида цементных бетонов при наличии внутреннего источника массы / С. В. Федосов, В. Е. Румянцева, Н. С. Касьяненко [и др.] // Строительные материалы. 2013. № 6. С. 44–47.

References

1. Travush V. I., Emel'janov S. G., Kolchunov V. I. Bezopasnost' sredey zhiznedejatel'nosti – smysl i zadacha stroitel'noj nauki [Safety of the living environment – the meaning and task of building science]. *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo*, 2015, issue 7, pp. 20–27.

2. O koncepcii razvitija normativno-tehnicheskoy bazy stroitel'nyh ob'ektov v period ih jekspluatatsii [On the concept of development of the regulatory and technical base of construction projects during their operation] / V. I. Travush, V. V. Gur'ev, A. N. Dmitriev [et al.]. *Academia. Arhitektura i stroitel'stvo*, 2021, issue 1, pp. 121–133.

3. Rudobashta S. P. *Massoperenos v sistemah s tverdoj fazoj* [Mass transfer in solid phase systems]. M.: Himija, 1980. 248 p.

4. Issledovanie diffuzionnyh processov massoperenosa pri zhidkostnoj korrozii pervogo vida cementnyh betonov [Study of diffusion processes of mass transfer during liquid corrosion of the first type of cement concrete] / S. V. Fedosov, V. E. Rumjanceva, I. V. Krasil'nikov [et al.]. *Izvestija vysshih uchebnyh zavedenij. Serija:*

Himija i himicheskaja tehnologija, 2015, vol. 58, issue 1, pp. 99–104.

5. Fedosov S. V., Rumjanceva V. E., Krasil'nikov I. V. Ocenka vlijaniya parametrov massoperenosa na kinetiku i dinamiku processov, protekajushih pri zhidkostnoj korrozii pervogo vida cementnyh betonov [Evaluation of the influence of mass transfer parameters on the kinetics and dynamics of processes occurring during liquid corrosion of the first type of cement concrete]. *Vestnik Povolzhskogo gosudarstvennogo tehnologicheskogo universiteta. Serija: Materialy. Konstrukcii. Tehnologii*, 2018, issue 1, pp. 14–22.

6. Monitoring of the penetration of chloride ions to the reinforcement surface through a concrete coating during liquid corrosion / S. V. Fedosov, V. E. Roumyantseva, I. V. Krasilnikov [et al.]. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. electronic edition*. Vladivostok, 2018, pp. 42–48. DOI: 10.1088/1757-899X/463/4/042048

7. Formulation of mathematical problem describing physical and chemical processes at concrete corrosion / S. V. Fedosov, V. E. Roumyantseva, I. V. Krasilnikov [et al.]. *International Journal for Computational Civil and Structural Engineering*, 2017, vol. 13, issue 2, pp. 45–49.

8. Matematicheskoe modelirovanie massoperenosa v sisteme «cementnyj beton - zhidkaja sreda» limitiruемого vnutrennej diffuziej perenosimого компонента pri zhidkostnoj korrozii pervogo vida [Mathematical modeling of mass transfer in the «cement concrete - liquid medium» system, limited by internal diffusion of the transferred component during liquid corrosion of the first type] / S. V. Fedosov, V. E. Rumjanceva, I. V. Krasil'nikov [et al.]. *Stroitel'nye materialy*, 2021, issue 7, pp. 4–9.

9. Teoreticheskie i jeksperimental'nye issledovanija processov korrozii pervogo vida cementnyh betonov pri nalichii vnutrennego istochnika massy / [Theoretical and experimental studies of corrosion processes of the first type of cement concrete in the presence of an internal source of mass] / S. V. Fedosov, V. E. Rumjanceva, N. S. Kas'janenko [et al.]. *Stroitel'nye materialy*, 2013, issue 6, pp. 44–47.

Румянцева Варвара Евгеньевна

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Иваново
Ивановский государственный политехнический университет,
Российская Федерация, г. Иваново
Член-корреспондент РААСН, доктор технических наук, профессор
E-mail: varrym@gmail.com

Rumyantseva Varvara Evgenievna

Federal State Budget Educational Establishment of Higher Education «Ivanovo Fire Rescue Academy of State Firefighting Service of Ministry of Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters»,
Russian Federation, Ivanovo
Ivanovo State Polytechnic University,
Russian Federation, Ivanovo
Corresponding Member of the RAASN, Doctor of Technical Sciences, Professor
E-mail: varrym@gmail.com

Красильников Игорь Викторович

Ивановский государственный политехнический университет,
Российская Федерация, г. Иваново
Научно-исследовательский институт строительной физики РААСН,
Российская Федерация, г. Москва
кандидат технических наук, доцент, руководитель центра научно-исследовательских работ и технической экспертизы
E-mail: korasb@mail.ru

Krasilnikov Igor Viktorovich

Ivanovo State Polytechnic University,
Russian Federation, Ivanovo
Scientific Research Institute of Construction Physics RAASN, Russian Federation, Moscow
Candidate of Technical Sciences, docent, Head of the Center for Research and Technical Expertise
E-mail: korasb@mail.ru

Красильникова Ирина Александровна

Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых,
Российская Федерация, г. Владимир
ассистент

E-mail: irinanebukina@rambler.ru

Krasilnikova Irina Aleksandrovna

Vladimir State University,
Russian Federation, Vladimir
Assistant

E-mail: irinanebukina@rambler.ru

Новикова Ульяна Александровна

Сахалинский государственный университет,
Российская Федерация, г. Южно-Сахалинск
старший преподаватель

E-mail: denis.g.novikov@gmail.com

Novikova Ulyana Alexandrovna

Sakhalin State University,
Russian Federation, Yuzhno-Sakhalinsk
Senior Lecturer

E-mail: denis.g.novikov@gmail.com

Касьяненко Наталья Сергеевна

Ивановский государственный политехнический университет,
Российская Федерация, г. Иваново
кандидат технических наук, доцент кафедры естественных наук и техносферной безопасности

E-mail: kasiyanenko@gmail.com

Kasyanenko Natalya Sergeevna

Ivanovo State Polytechnic University,
Russian Federation, Ivanovo
Candidate of Technical Sciences, docent Departments of Natural Sciences and Technosphere Safety
E-mail: kasiyanenko@gmail.com

**ПОЖАРНАЯ И ПРОМЫШЛЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ
(ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ)
FIRE AND INDUSTRIAL SAFETY (TECHNICAL)**

УДК 614.842

**ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ СВОЙСТВА ОГNETУШАЩИХ ПОРОШКОВ,
МОДИФИЦИРОВАННЫХ ТОРФЯНЫМИ ГИДРОФОБНЫМИ ДОБАВКАМИ**

О. В. ДМИТРИЕВ

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Иваново
E-mail: olegdmiriev22@gmail.com

С целью определения возможности использования гидрофобно-модифицирующих добавок (ГМД) в качестве антислеживающего агента в огнетушащих порошках проведены исследования по определению эксплуатационных свойств огнетушащих составов модифицированных торфяными гидрофобными добавками. В исследуемом составе в качестве гидрофобизатора применена ГМД, которая представляет собой результат криогенной термохимической деструкции природного вещества порошкообразного торфа.

Проведена сравнительная оценка влияния ГМД на огнетушащий эффект порошков при тушении модельных очагов пожара классов А и В. В результате проведенных исследований разработан огнетушащий порошковый состав с новым видом гидрофобизирующих веществ на основе торфяного сырья соответствующий критериям по огнетушащей способности. Выпущена опытная партия порошка на оборудовании по изготовлению огнетушащего состава «Волгалит-АВС» без изменения технологии производства. Экстремальные условия хранения огнетушащего порошка с ГМД в течение 7 лет не повлияли на его огнетушащую способность.

Ключевые слова: огнетушащий порошок, торф, гидрофобно-модифицирующая добавка, водоотталкивание, огнетушащая способность, тушение модельного очага.

**PERFORMANCE PROPERTIES OF EXTINGUISHING POWDER MODIFIED
WITH PEAT HYDROPHOBIC ADDITIVES**

O. V. DMITRIEV

Federal State Budget Educational Establishment of Higher Education
«Ivanovo Fire Rescue Academy of State Firefighting Service of Ministry of Russian Federation
for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters»,
Russian Federation, Ivanovo
E-mail: olegdmiriev22@gmail.com

In order to determine the possibility of using hydrophobically modifying additives (HMA) as an anti-caking agent in extinguishing powders, studies were carried out to determine the operational properties of extinguishing composition modified with peat hydrophobic additives. In the studied composition, HMA was used as a water repellent, which is the result of cryogenic thermochemical destruction of the natural substance of powdered peat.

A comparative assessment of the effect of HMA on the fire-extinguishing effect of powders was carried out when extinguishing model fires of classes A and B. As a result of the studies, a fire-extinguishing powder composition was developed with a new type of water-repellent substances based on peat raw materials that meets the criteria for fire-extinguishing ability. An experimental batch of powder was produced at Volgalit-ABC extinguishing composition production equipment without changing the production technology. Extreme storage conditions of fire-extinguishing powder with HMA for 7 years did not affect its fire-extinguishing ability.

Key words: extinguishing powder, peat, hydrophobic-modifying additive, water repellency, extinguishing ability, standardized fire source extinguishment.

Огнетушащие порошки являются эффективными огнетушащими средствами при ликвидации пожаров, но имеют некоторые недостатки, одним из главных является склонность к слеживанию. С целью повышения антислеживающей способности порошковых составов, в них добавляют специальные гидрофобизирующие добавки. Актуальность исследования заключается в создании огнетушащего порошкового состава с альтернативной антислеживающей добавкой, который будет обладать высокими эксплуатационными свойствами и относительно низкой стоимостью.

В исследуемом огнетушащем порошке в качестве гидрофобизатора применена гидрофобно-модифицирующая добавка (ГМД), которая представляет собой результат низкотемпературной термохимической деструкции природного вещества порошкообразного торфа (с величиной частиц менее 50 мкм), основанной на разложении органических соединений [1] и сорбции выделяемых жидких продуктов на поверхности тонкодисперсных торфяных частиц. Усредненные количественные показатели группового химического состава ГМД следующие: битумы – до 5 %; термобитумы – до 10 %; термодеструктурированные гуминовые вещества – до 20 %; лигнин – до 20 %; органоминеральные комплексы – до 45 % [2]. При необходимости можно увеличить водоотталкивающий эффект и в то же время упростить внесение в обрабатываемый материал и дозирование ГМД благодаря ее физико-химическим свойствам, которые позволяют дополнительно насыщать ее гидрофобными компонентами.

В работе были исследованы огнетушащие порошковые составы с добавками

ГМД-10 и ГМД-20 на основе верхового и низинного торфа с дополнительным содержанием активных гидрофобных компонентов 10 и 20 % соответственно. В качестве образца для сравнения применяли изготавливаемый в промышленных условиях огнетушащий порошок Волгалит-АВС. Контрольный образец получали методом совместного помола в шаровой мельнице компонентов промышленного порошка без гидрофобных добавок (белая сажа, азросил и др.). В экспериментальных составах традиционный гидрофобизирующий компонент [3, 4] был заменен ГМД. Помол проводили до достижения удельной площади поверхности 380–400 м²/кг.

Оценку влияния ГМД на огнетушащую способность порошков при тушении модельных очагов пожара классов А и В осуществляли на специально изготовленной лабораторной установке на кафедре пожарной безопасности объектов защиты в составе учебно-научного комплекса «Государственный надзор» Ивановской пожарно-спасательной академии ГПС МЧС России. Принцип работы установки и методика проведения сравнительной оценки огнетушащей способности порошков изложены в работе [5]. В результате исследований по тушению модельных очагов пожаров (класс В) установлено, что экспериментальные огнетушащие составы по своим качественным характеристикам соответствуют выпускаемому в промышленных условиях огнетушащему порошку Волгалит-АВС (см. табл. 1). В табл. 1 указаны средние значения по испытаниям из 10 опытов по каждому образцу.

Таблица 1. Результаты испытания огнетушащей способности порошков (класс пожара В)

№ п/п	Вид огнетушащего порошка	Содержание ГМД, %	Масса огнетушащего порошка с ГМД, израсходованная для тушения, г
1	Контрольный	-	0,3
2	Волгалит-АВС (промышленный)	-	0,3
3	ИСТО-1 (промышленный)	-	0,3
4	ГМД 10-3N (экспериментальный)	3	0,3
5	ГМД 10-2N (экспериментальный)	2	0,2
6	ГМД 10-3W (экспериментальный)	3	0,4
7	ГМД 10-2W (экспериментальный)	2	0,3

Для сравнительного анализа свойств экспериментальных порошков в исследованиях были использованы порошки Волгалит-АВС и ИСТО-1, применяемые для тушения пожаров классов А, В, С и электроустановок, находящихся под напряжением до 1000 В. Их количество также было идентичным среднему значению (0,3 г), принятому для всех исследуемых составов. Следует подчеркнуть, что в некоторых экспериментах в модифицированных порошках обнаружено сокращение их количества, требуемого для тушения модельного очага, на 34 % (см. таблицу, поз. 5), а также повышение расхода на 33 % (см. таблицу, поз. 6) при других условиях. Это является свидетельством того, что 2 %-я концентрация добавки в порошке является граничным условием для решения задачи по количественной оптимизации состава, что хорошо согласуется с ранее полученными данными для минеральных вяжущих материалов [6].

Кроме химического состава порошка и добавок, на процесс тушения существенно влияют и физические свойства гидрофобного модификатора. Например, при снижении насыпной плотности экспериментального порошка ГМД 10-3W соответственно увеличивается его расход.

С целью проверки возможности промышленного выпуска огнетушащего порошкового состава с ГМД на основе органического вещества торфа на производственной линии ЗАО «В.В.П.» в 2013 году осуществлен выпуск опытно-промышленной партии огнетушащего порошкового состава на основе Волгалит-АВС с гидрофобно-модифицирующей добавкой ГМД-20NT полученной из низинного торфа с дополнительным содержанием активных гидрофобных компонентов 20 %. Концентрация добавки ГМД-20NT составила 1,5 % (по массе). Определение эксплуатационных свойств огнетушащих порошков проводилось в соответствии с ГОСТ Р 53280.4-2009¹. Промышленные испытания огнетушащей способности проводились на полигоне ЗАО «В.В.П.» по тушению модельных очагов пожара класса 1А и 55В огнетушителем ОП-3 с массой порошка 3 кг (рис.1–6).



Рис. 1. Модельный очаг пожара (Класс 1А)



Рис. 2. Тушение модельного очага пожара (Класс 1А) огнетушащим порошковым составом на основе «Волгалит–АВС» с применением ГМД в концентрации 1,5% (по массе)



Рис. 3. Ликвидированный модельный очаг пожара (Класс 1А) в результате воздействия огнетушащего порошкового состава на основе «Волгалит–АВС» с применением ГМД в концентрации 1,5 % (по массе)

¹ ГОСТ Р 53280.4-2009 «Установки пожаротушения автоматические. Огнетушащие вещества. Часть 4. Порошки огнетушащие общего назначения. Общие технические требования и методы испытаний».



Рис. 4. Модельный очаг пожара (Класс 55В)



Рис. 6. Ликвидированный модельный очаг пожара (Класс 55В) в результате воздействия огнетушащего порошкового состава на основе «Волгалит-АВС» с применением ГМД в концентрации 1,5% (по массе)



Рис. 5. Тушение модельного очага пожара (Класс 55В) огнетушащим порошковым составом на основе «Волгалит-АВС» с применением ГМД в концентрации 1,5 % (по массе)

Огнетушащая способность порошкового состава на основе Волгалит-АВС с гидрофобизирующей добавкой ГМД-20NT при тушении огнетушителем ОП-3 модельных очагов пожара удовлетворяет требованиям ГОСТ Р 53280.4-2009² (данные по испытаниям приведены в табл. 2).

Таблица 2. Результаты оценки эксплуатационных свойств огнетушащего порошка с ГМД-20NT

№	Наименование показателей	«Волгалит – АВС» с «ГМД» 1,5%	Норма по ГОСТ Р 53280.4-2009
1.	Кажущаяся плотность, кг/м ³ неуплотненного уплотненного	833 1282	Не менее 700 Не менее 1000
2.	Склонность к слеживанию, %	0	Не более 2
3.	Способность к водоотталкиванию, мин	≥120	Не менее 120
4.	Склонность к влагопоглощению, %	0,53	Не более 3,0
5.	Массовая доля влаги, %	0,35	Не более 0,35
6.	Гран. состав, % 1000мкм 100мкм 50мкм	0 34,5 20,3	0 Не более 45,0 Не более 60,0

² ГОСТ Р 53280.4-2009 «Установки пожаротушения автоматические. Огнетушащие вещества. Часть 4. Порошки огнетушащие общего назначения. Общие технические требования и методы испытаний».

№	Наименование показателей	«Волгалит – АВС» с «ГМД» 1,5%	Норма по ГОСТ Р 53280.4-2009
7.	Массовая доля P_2O_5 , %	49,0	-
8.	Огнетушательная способность по тушению модельного очага пожара – по классу 1А – по классу 55 В Расход огнетушащего порошка:	Потушено 2 из 3-х Потушено 3 из 3-х 0,9 кг/м ² (максимальный из 3-х испытаний)	Тушение 2-х из 3-х параллельных определений Не более 1 кг/м ²
9.	Текучесть, кг/с	0,41	Не менее 0,28
10.	Остаток порошка после полного выброса, %	7,4	Не более 10

С целью проверки влияния времени на эксплуатационные свойства выпущенного огнетушащего порошка с добавкой ГМД, в 2020 году на полигоне Ивановской пожарно-спасательной академии ГПС МЧС России были проведены сравнительные полигонные испытания огнетушащей способности данных составов. Для испытаний были применены 3 огнетушителя ОП-3 заправленные в 2013 году огнетушащим порошком с ГМД. Данные огнетушители в течение 7 лет подвергались длительной тряске (эксплуатировались в усло-

виях вибрации), воздействию циклической смены температур (холод-тепло). Важно отметить, что в период эксплуатации и перед испытаниями данные огнетушители не встряхивались, как это предписывает [СП 9.13130.2009³].

Полигонные испытания огнетушащей способности порошка с ГМД проводили в сравнении с огнетушащим порошком Волгалит-АВС по тушению модельных очагов пожара класса В55, результаты представлены в табл. 3.

Таблица 3. Результаты испытаний по тушению модельного очага пожара

№ испыт.	Тип огнетушителя, огнетушащее вещество	Вес огнетушителя, в кг		Масса использованного огнетушащего вещества, в кг	Расход огнетушащего вещества, в кг/м ²	Результат и время тушения, в с
		до испытания	после испытания			
1.	ОП-3 Волгалит - АВС	4,64	3,44	1,20	0,7	Потушен 2,7
2.	ОП-3 Волгалит - АВС	4,59	2,97	1,62	0,9	Потушен 3,0
3.	ОП-3 Волгалит - АВС	4,50	3,09	1,41	0,8	Потушен 3,0
Среднее значение				1,41	0,8	2,9
4.	ОП-3 (Волгалит - АВС с ГМД 1,5 %)	4,57	3,71	0,86	0,5	Потушен 2,5
5.	ОП-3 (Волгалит - АВС с ГМД 1,5 %)	4,66	3,09	1,57	0,9	Потушен 3,0
6.	ОП-3 (Волгалит - АВС с ГМД 1,5 %)	4,60	3,26	1,34	0,7	Потушен 2,8
Среднее значение				1,26	0,7	2,8

³ СП 9.13130.2009 «Техника пожарная огнетушители требования к эксплуатации»

Таким образом, проведенные лабораторные исследования и полигонные испытания позволили разработать огнетушащий порошок с новым видом гидрофобизирующих веществ на основе торфяного сырья соответствующий критериям по огнетушащей способности. Выпущена опытная партия огнетушащего порошка на оборудовании по изго-

товлению порошка «Волгалит-АВС» без изменения технологии производства. Время на помол огнетушащего порошка с ГМД затрачено на 7 % меньше промышленно выпускаемого. Испытания показали, что экстремальные условия хранения огнетушащего порошка с ГМД в течение 7 лет не повлияли на его огнетушащую способность.

Список литературы

1. Мисников О. С., Тимофеев А. Е., Черткова Е. Ю. Гидрофобизация минеральных дисперсных материалов добавками на основе торфа // Труды Инсторфа. 2010. Т. 55. № 2. С. 15–33.

2. Дмитриев О. В., Мисников О. С., Попов В. И. Исследование свойств огнетушащих составов, модифицированных гидрофобными добавками на основе торфа // Пожаровзрывобезопасность. 2013. Т. 22. № 5. С. 81–85.

3. Баратов А. Н., Вогман Л. П. Огнетушащие порошковые составы. М.: Стройиздат, 1982. С. 26–27.

4. Абдурегимов И. М. О механизмах огнетушащего действия средств пожаротушения // Пожаровзрывобезопасность. 2012. Т. 21. № 4. С. 60–82.

5. Дмитриев О. В., Мисников О. С., Попов В. И. Способ получения гидрофобно-модифицированных порошков и методика определения их огнетушащей способности // Пожаровзрывобезопасность. 2014. Т. 23. № 4. С. 65–70.

6. Мисников О. С. Исследование свойств портландцемента, модифицированного гидрофобными добавками на основе торфа // Все материалы. Энциклопедический справочник. 2013. № 8. С. 35–43.

torfa [Hydrophobization of dispersed mineral material with additives based on peat]. *Trudy Instorfa*, 2010, vol. 55, issue 2, pp. 15–33.

2. Dmitriev O. V., Misnikov O. S., Popov V. I. Issledovaniye svoystv oagnetushashchikh sostavov, modifitsirovannykh gidrofobnymi dobavkami na osnove torfa [Investigation of dry chemicals modified by hydrophobic additives based on peat raw]. *Pozharovzryvobezopasnost*, 2013, vol. 22, issue 5, pp. 81–85.

3. Baratov A. N., Vogman L. P. *Oagnetushashchiye poroshkovyye sostavy* [Extinguishing powders]. Moscow, Stroyizdat Publ., 1982, pp. 26–27.

4. Abduragimov I. M. O mekhanizmax oagnetushchashchego deystviya sredstv pozharotusheniya [About mechanisms of fire extinguishing action of fire extinguishing means]. *Pozharovzryvobezopasnost*, 2012, vol. 21, issue 4, pp. 60–82.

5. Dmitriev O. V., Misnikov O. S., Popov V. I. Sposob polucheniya gidrofobnomodifitsirovannykh poroshkov i metodika opredeleniya ikh oagnetushashchey sposobnosti [A method for obtaining hydrophobically modified powders and a method for determining their fire-extinguishing ability] *Pozharovzryvobezopasnost*, 2014, vol. 23, issue 4, pp. 65–70.

6. Misnikov O. S. Issledovaniye svoystv portlandtsementa, modifitsirovannogo gidrofobnymi dobavkami na osnove torfa [Investigation of portland cement chemicals modified by hydrophobic additives based on peat raw]. *Vse materialy. Entsiklopedicheskiy spravochnik*, 2013, issue 8, pp. 35–43.

References

1. Misnikov O. S., Timofeyev A. Ye., Chertkova Ye. Yu. Gidrofobizatsiya mineral'nykh dispersnykh materialov dobavkami na osnove

Дмитриев Олег Владимирович

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Иваново

начальник отделения информационного обеспечения населения и технологий информационной поддержки РСЧС и пожарной безопасности

E-mail: olegdmitriev22@gmail.com

Dmitriev Oleg Vladimirovich

Federal State Budget Educational Establishment of Higher Education «Ivanovo Fire Rescue Academy of State Firefighting Service of Ministry of Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters»,
Russian Federation, Ivanovo

Head of the Department of Information Support for the Population and Information Support Technologies of the RSChS and Fire Safety

E-mail: olegdmitriev22@gmail.com

УДК 340.69

ОСОБЕННОСТИ УСТАНОВЛЕНИЯ СЛЕДОВ РАЗВИТИЯ ПОЖАРА НА АВТОМОБИЛЕ С ГАЗОБАЛЛОННЫМ ОБОРУДОВАНИЕМ

Е. В. КАРАСЕВ, Н. А. ТАРАТАНОВ

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Иваново
E-mail: evkar75@mail.ru, taratanov_n@mail.ru

В работе представлено исследование обстоятельств конкретного пожара на автомобиле с газобаллонным оборудованием. Особенности исследования выразились в установлении причины пожара на уничтоженном в огне автомобиле, напрямую не связанной с эксплуатацией газобаллонного оборудования.

Ключевые слова: пожар в автомобиле, газобаллонное оборудование, очаг пожара, причина пожара, следы горения, коэрцитивная сила и остаточная намагниченность деталей кузова автомобиля

FEATURES OF ESTABLISHING THE CAUSE OF A FIRE IN A CAR WITH GAS CYLINDER EQUIPMENT

E. V. KARASEV, N. A. TARATANOV

Federal State Budget Educational Establishment of Higher Education
«Ivanovo Fire Rescue Academy of State Firefighting Service of Ministry of Russian Federation
for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters»,
Russian Federation, Ivanovo
E-mail: evkar75@mail.ru, taratanov_n@mail.ru

The paper presents a study of the circumstances of a specific fire on a car with gas cylinder equipment. The features of the study were expressed in the establishment of the cause of the fire on the car destroyed in the fire, which is not directly related to the operation of the gas cylinder equipment.

Key words: a fire in a car, gas cylinder equipment, the source of the fire, the cause of the fire, traces of flame, coercive force and residual magnetization of the car body parts

Традиционно при возникновении пожара в автомобиле, оснащенном газобаллонным оборудованием (далее – ГБО), основной и часто подтверждаемой версией причины его возникновения выступает нарушение требований безопасности при монтаже и эксплуатации ГБО, либо конструктивные недостатки ГБО. Особенно актуальной такая версия становится при полном уничтожении автотранспортного средства, нередко выдвигаемой как «наиболее вероятной». Авторами было проведено исследование обстоятельств пожара в автомобиле компании, где эта версия не подтвердилась. Причем исследованию подверглись не только остатки сгоревшего автомобиля, но и следы горения на грунте, обстоятельства перед пожаром, показания очевидцев. Таким образом было подтверждено правило: «Post hoc, non

est propter hoc (лат.) – после этого, не значит вследствие этого...».

В процессе исследования авторы ответили на классические для пожарно-технической экспертизы вопросы: Где расположен очаг пожара? Какова наиболее вероятная причина возникновения пожара?

Для поиска ответа на них исследовались обстоятельства пожара, в результате пожара автомобиль был уничтожен полностью. Водитель с ожогами госпитализирован в центральную районную больницу (ОБУЗ ЦРБ).

Сгоревший автомобиль был оснащен газобаллонным оборудованием. Последнее техническое обслуживание автомобиля осуществлялось за месяц до пожара, по результатам которого была осуществлена только замена эксплуатационных жидкостей, других замечаний не выявлено. Перед маршрутом автомобиль прошел контроль технического состояния, проверен на предмет исправности основ-

ных узлов и агрегатов, отсутствия утечек метана с помощью течеискателя. Контроль технического состояния был пройден без замечаний. При движении автомобиля водителем и пассажирами запаха топлива в салоне не ощущалось.

Согласно архиву погоды [22], на дату пожара в указанном районе днем дул восточный ветер со скоростью 5 м/с, при температуре окружающего воздуха +22⁰С. Исследование проводилось на основании изучения предо-

ставленных материалов и имеющихся в них исходных данных, а также на основании сведений, полученных при осмотре сгоревшего автомобиля. Для понимания хода изучения пожара, наглядности, доступности, смысла и логики исследования, а также демонстрации самого объекта исследования на основе изучения представленных материалов и результатов осмотра приводятся фото сгоревшего автомобиля (рис. 1, 2).



Рис. 1. Фото сгоревшего автомобиля УАЗ 396255 (вид спереди)



Рис. 2. Фото сгоревшего автомобиля УАЗ 396255 (вид сзади)

Анализ термических поражений предусматривает выявление, систематизацию и объяснение физической сути очаговых признаков по Б. В. Мегорскому – признаков очага пожара и признаков направленности распространения горения [13, п. 1.4 14].

Ведущие эксперты нашей страны по исследованию пожаров в автомобилях в работах¹ [1-4] отмечают, что место первоначального возникновения пожара - очаг пожара - устанавливается на основании результатов сравнительного исследования состояния конструкций, предметов и материалов после пожара по степени их термического повреждения с учетом физических закономерностей протекания тепловых процессов в зоне горения и возможных путей распространения огня в условиях конкретной материальной обстановки.

Осмотр места происшествия и поиск очага (или очагов) пожара основывался на принципах версионности и целесообразности [2, 6, 8].

Принцип версионности, заключается в том, что перед началом осмотра была проанализирована вся собранная и доступная информация об объекте осмотра, полученная от очевидцев. Цель этого анализа состояла в выдвигании на его основе предварительных версий о причине происшедшего и обстоятельствах пожара: где началось горение, вследствие чего, чьих действий. Это позволило вести осмотр места происшествия целенаправленно, искать следы и признаки, подтверждающие или опровергающие выдвинутые версии.

Принцип целесообразности, заключается в том, что сплошной, бессистемный осмотр «вслепую» не всегда дает результат, несмотря на большие затраты труда и времени. Поэтому по мере изучения объекта, основываясь на предварительно выдвинутых версиях и собираемой об объекте информации, порядок и степень тщательности осмотра была скорректирована.

В протоколе осмотра места происшествия дознаватель отмечает: «...осмотром автомобиля наблюдаем выгорание лакокрасочного покрытия по всему кузову. Покрышки колес, уничтожены. Все остекление разрушено. Осматривая левую сторону по ходу движения автомобиля наблюдаем в нижней центральной части, в районе расположения горловины бензобака высокотемпературный отжиг металла до темного цвета с частицами выгоревшего слоя лакокрасочного покрытия. Также визуально наблюдаем деформацию металла кузова в районе расположения горловины бензобака...».

При осмотре было установлено, что газовые баллоны, топливные магистрали, соединения, вентили следов механических повреждений, а также разрывов, вспучиваний не имели (рис. 2).



Рис. 3. Фото ГБО в салоне сгоревшего автомобиля

Из представленных материалов дела было установлено, что пожар возник в месте стоянки автомобиля после того, как его салон покинули пассажиры.

Об этом свидетельствует выжженная растительность, отмеченная на фото (рис. 4), а также объяснения водителя который, в частности, отмечает: «...я решил переставить машину...завел автомобиль, включил заднюю передачу...услышал хлопок из салона, сзади меня... выбежал из машины, обежал ее через

¹ Исследование недостатков легковых автомобилей отечественных моделей, находящихся в эксплуатации. Методическое руководство для экспертов и судей // Одобрено научно-методическим Советом Российского Федерального центра судебной экспертизы при Минюсте России. Соответствует требованиям системы сертификации, основанной на положениях нормативных актов Министерства юстиции Российской Федерации по судебной экспертизе. Сертификат соответствия № 4/3, 2020. 26 с.

переднюю часть и открыл боковую дверь в салон... в этот момент было небольшое пламя из-под заднего сиденья с водительской стороны... пламя стало быстро распространяться. Я выбросил из салона канистру с бензином. Там было около 12 литров... машина стояла на нейтралке... прошло примерно 1–2 мин... с момента хлопка автомобиль стал скатываться вниз...».

Один из пассажиров в своем объяснении в комиссию по расследованию факта возгорания автомобиля также отмечает, что «...по возвращению с маршрута обследования и получении сообщения о возгорании авто от водителя я обратил внимание, что авто располагалось в другом месте с момента нашего ухода, а именно переместилось вперед по ходу нашего движения на расстояние 7–10 м. Ранее водитель не стал туда спускаться, т.к. там была влажная почва, ручей, невозможность проезда...».

На фото (рис. 4) отчетливо виден след выгорания растительности под автомобилем, который своими пропорциями (соотношением сторон прямоугольника) идентичен проекции УАЗ 396255 на землю. Характер следа выгорания растительности позволяет утверждать, что в случае самопроизвольного движения автомобиля с горки направлением его движения было бы то, которое отмечено пунктирной стрелкой. Однако, на фото (рис. 4) зафиксировано направление движения значительно правее, по стрелке. Такое движение автомобиля объясняется не самопроизвольным скатыванием (даже при вывернутых колесах), а управлением посредством рулевого колеса.

Анализ полученных от очевидцев происшествия объяснений позволяет восстановить картину пожара в следующей последовательности:

1. Остановка автомобиля и двигателя в месте, отмеченном на рис. 4 черной линией.
2. Высадка двух пассажиров.
3. Выдвижение пассажиров по маршруту следования.
4. Запуск двигателя автомобиля водителем для отъезда назад в целях фиксации на видеорегистратор движения пассажиров в сторону маршрута следования.
5. Хлопок и пламя в салоне задней левой части автомобиля.
6. Покидание водительского места, открытие водителем правой пассажирской двери, попытки перекрыть ГБО.
7. Горение внутри автомобиля в течение 1–2 мин.
8. Движение автомобиля и остановка в том месте, где его обнаружили пассажиры по возвращении с маршрута следования.

Таким образом, пожар в автомобиле возник в месте высадки пассажиров и развивался не более двух мин. Однако, характер выгорания свежей (зеленой) травяной растительности не характерен для подобного сценария. Двух минут горения явно недостаточно для выхода открытого пламени из салона автомобиля, прогрева и воспламенения растительности под днищем. Многочисленные исследования реальных пожаров показывают, что для этого требуется от 15 до 25 мин. и более [2, 3, 4, 11, 16, 17, 20, 21].



Рис. 4. Фото выжженной растительности под загоревшимся автомобилем УАЗ 396255

Следовательно, первоначально горение возникло под автомобилем, а не в его салоне. Для установления места расположения очага пожара необходимо проанализировать характер термических повреждений элементов автомобиля, полученных в результате пожара.

Для определения области максимальных термических повреждений были применены методы определения коэрцитивной силы стальных изделий и магнитный метод исследования, т.к. кузов автомобиля является холоднодеформированным стальным изделием.

В основе метода определение зон различных термических поражений, которое проводится путем измерения тока размагничивания однотипных холоднодеформированных изделий, находившихся в различных зонах места пожара² [15, 17]. Суть методики заключается

² <https://www.gismeteo.ru/diary/4316/2021/6/> [Интернет источник: дата обращения 21.01.2022].

ся в оценке глубины развития дорекристаллизационных и рекристаллизационных процессов у холоднодеформированных стальных изделий при нагревании в ходе пожара. Коэрцитивная сила является функцией двух величин – температуры и длительности нагрева и используется как тестовая величина для выявления на месте пожара зон термических поражений конструкций. Для измерения коэрцитивной силы (тока размагничивания) использовался коэрцитиметр «Каскад-01».

Кузов автомобиля был размечен мелом на участки исследования, места контактов гу-

бок преобразователя коэрцитиметра с кузовом зачищены наждачной бумагой.

Внешний вид подготовленного к исследованию кузова сгоревшего автомобиля УАЗ 396255 отражен на рис. 5. Результаты измерений коэрцитивной силы и остаточной намагниченности деталей кузова автомобиля отражены в табл. 1. Полученный массив значений был обработан с применением программного комплекса Ахит, а полученное поле распределения коэрцитивной силы было наложено на развертку исследуемого автомобиля (рис. 6) с применением программы Adobe Photoshop.



Рис. 5. Фото сгоревшего автомобиля УАЗ 396255 подготовленного к проведению исследований методами вихретокового и магнитного зондирования

Таблица 1. Результаты измерений коэрцитивной силы и остаточной намагниченности деталей кузова автомобиля УАЗ 396255

Точка измерения	Коэрцитивная сила	Остаточная намагниченность	Координаты по оси X	Координаты по оси Y
1.	0,0427	0,0293	10,75	9,5
2.	0,0391	0,0266	10	9,5
3.	0,0363	0,0259	9,25	9,5
4.	0,0401	0,0303	9,25	8,75
5.	0,0420	0,0294	10	8,75
6.	0,0461	0,0324	10,85	8,75
7.	0,0442	0,0245	10,85	8,25

Точка измерения	Коэрцитивная сила	Остаточная намагниченность	Координаты по оси X	Координаты по оси Y
8.	0,0398	0,0284	10,05	8,5
9.	0,0409	0,0327	9,2	8,5
10.	0,0304	0,0229	8	10,75
11.	0,0473	0,0335	8,75	10,75
12.	0,0351	0,0228	8,5	10,3
13.	0,0316	0,0199	8,05	9,85
14.	0,0377	0,0270	8,75	9,85
15.	0,0296	0,0265	8	9,25
16.	0,0379	0,0287	8,75	9,25
17.	0,0295	0,0250	8,75	8,25
18.	0,0325	0,0276	8,5	8,75
19.	0,0359	0,0253	8	8,25
20.	0,0383	0,0316	7,65	9,35
21.	0,0392	0,0278	6,75	9,25
22.	0,0356	0,0292	6	9,35
23.	0,0406	0,0307	6	8,35
24.	0,0482	0,0318	6,75	8,35
25.	0,0464	0,0325	7,5	8,35
26.	0,0319	0,0263	3,75	9,5
27.	0,0398	0,0261	4,65	9,5
28.	0,0303	0,0254	5,45	9,5
29.	0,0427	0,0290	3,75	8,65
30.	0,0334	0,0226	4,5	8,5
31.	0,0398	0,0317	5,45	8,5
32.	0,0413	0,0319	2,75	10,6
33.	0,0386	0,0297	3,45	10,6
34.	0,0439	0,0341	2,75	10,75
35.	0,0421	0,0296	3,45	10,75
36.	0,0450	0,0342	2,5	8,75
37.	0,0377	0,0299	3,25	8,75
38.	0,0357	0,0274	17	5,25
39.	0,0316	0,0281	18	5,25
40.	0,0429	0,0314	18,6	4,8
41.	0,0438	0,0312	17,25	4,25
42.	0,0488	0,0339	18,25	4,25
43.	0,0496	0,0330	17,65	3,5
44.	0,0486	0,0364	17,25	3
45.	0,0401	0,0286	18,25	3
46.	0,0403	0,0293	15,25	5,25
47.	0,0374	0,0278	16,5	5,25
48.	0,0407	0,0283	15,5	4,25
49.	0,0505	0,0362	16,5	4,25
50.	0,0461	0,0359	16	3,75
51.	0,0359	0,0235	15,6	3
52.	0,0499	0,0349	16,5	3
53.	0,0524	0,0364	14,8	4,8
54.	0,0442	0,0309	10,6	5
55.	0,0520	0,0335	11,25	5
56.	0,0386	0,0295	10,75	4,5
57.	0,0345	0,0273	11,25	4,5
58.	0,0459	0,0337	10,75	3,25
59.	0,0455	0,0310	11,5	3,25
60.	0,0342	0,0261	10,25	5,25
61.	0,0350	0,0231	9,4	5,25

Точка измерения	Коэрцитивная сила	Остаточная намагниченность	Координаты по оси X	Координаты по оси Y
62.	0,0374	0,0265	8,75	5,25
63.	0,0435	0,0316	8,75	3,75
64.	0,0432	0,0267	9,5	3,75
65.	0,0559	0,0338	10,25	3,75
66.	0,0541	0,0312	10,25	3,1
67.	0,0407	0,0323	9,5	3,1
68.	0,0403	0,0280	8,75	3,1
69.	0,0277	0,0209	8	5,25
70.	0,0275	0,0203	7,25	5,25
71.	0,0316	0,0217	6,6	5,25
72.	0,0359	0,0234	6,6	3,75
73.	0,0287	0,0243	7,4	3,75
74.	0,0382	0,0302	8,15	3,75
75.	0,0286	0,0235	7,4	3,25
76.	0,0395	0,0235	8	3
77.	0,0386	0,0250	6,5	3,25
78.	0,0304	0,0273	5	5,3
79.	0,0295	0,0241	6	5
80.	0,0365	0,0247	5,3	4,25
81.	0,0363	0,0267	6	4,25
82.	0,0444	0,0330	5,25	3,25
83.	0,0441	0,0319	6	3,25
84.	0,0523	0,0370	3,3	3,75
85.	0,0442	0,0314	4,25	3,75
86.	0,0523	0,0370	3,25	3,3
87.	0,0480	0,0322	4,75	3,3
88.	0,0383	0,0220	4	3,1
89.	0,0461	0,0342	3,25	2,75
90.	0,0451	0,0314	18,5	9,5
91.	0,0359	0,0263	18,5	8,8
92.	0,0450	0,0297	17,75	9,5
93.	0,0442	0,0306	16,73	9,5
94.	0,0465	0,0293	16	9,5
95.	0,0310	0,0107	15	9,5
96.	0,0360	0,0262	15	8,8
97.	0,0451	0,0326	16,1	9,1
98.	0,0392	0,0274	17,5	9,1
99.	0,0394	0,0286	24	9,25
100.	0,0404	0,0280	22,5	9,4
101.	0,0444	0,0286	21,25	9,25
102.	0,0486	0,0296	21,25	8
103.	0,0499	0,0339	22,75	8
104.	0,0258	0,0284	24	8
105.	0,0360	0,0246	24	6,3
106.	0,0342	0,0254	22,75	6,3
107.	0,0386	0,0249	21,25	6,3
108.	0,0342	0,0289	21,25	5,25
109.	0,0301	0,0239	22,75	5,25
110.	0,0298	0,0211	24	5,25
111.	0,0319	0,0221	24	4,2
112.	0,0292	0,0237	22,75	4,2
113.	0,0289	0,0262	21,25	4,2
114.	0,0287	0,0252	21,25	3,25
115.	0,0275	0,0240	22,75	3,25

Точка измерения	Коэрцитивная сила	Остаточная намагниченность	Координаты по оси X	Координаты по оси Y
116.	0,0380	0,0241	24	3,25
117.	0,0368	0,0283	21,25	2,75
118.	0,0368	0,0274	22,75	2,75
119.	0,0393	0,0258	24	2,75

Распределение участков по степени теплового повреждения автомобиля УАЗ 396255 по результатам исследования коэрцитивной силы отражены на рис. 7. Распределение участков по степени теплового повреждения автомобиля УАЗ 396255 по результатам исследования остаточной намагниченности отражены на рис. 8.

Зона минимальных значений коэрцитивной силы выявлена на крыльях над каждым из колес, на крыше в задней её половине и в центральной части левого борта в районе расположения горловины бензобака, что характеризует наличие максимума термического воздействия на металл кузова автомобиля именно в указанных районах.

Анализ распределения, конфигурации и степени термических повреждений, полученных автомобилем в ходе пожара, и выявленных в ходе исследования, позволил определить очаг пожара в пределах очаговой зоны, включающей в себя среднюю левую часть автомобиля. Максимум термических повреждений в данном районе установлен показаниями прибора «Каскад-01» зав. № 057 по наименьшему значению коэрцитивной силы. При этом образование аналогичных термических повреждений на крыльях автомобиля над каждым из колес объясняется сгоранием автомобильных шин, обладающих высокой теплотворной способностью.

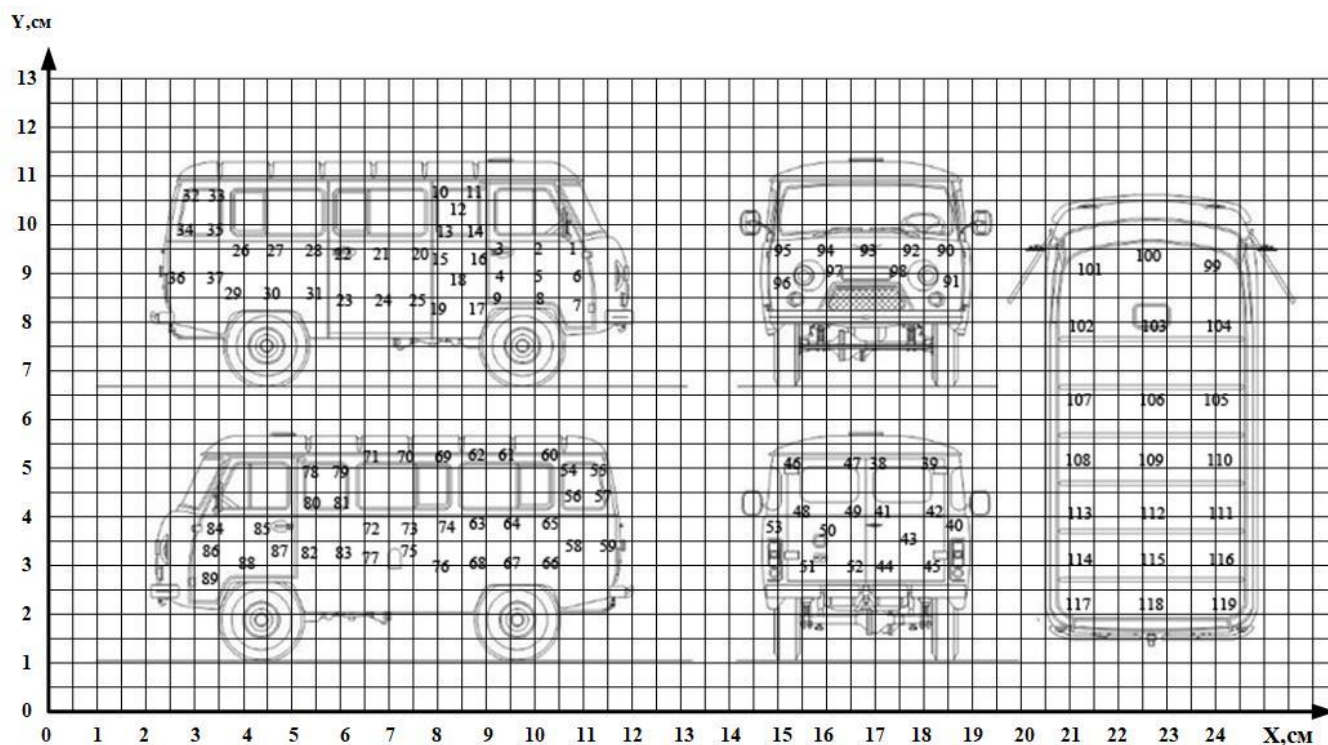


Рис. 6. Развертка автомобиля УАЗ 396255 в координатной сетке

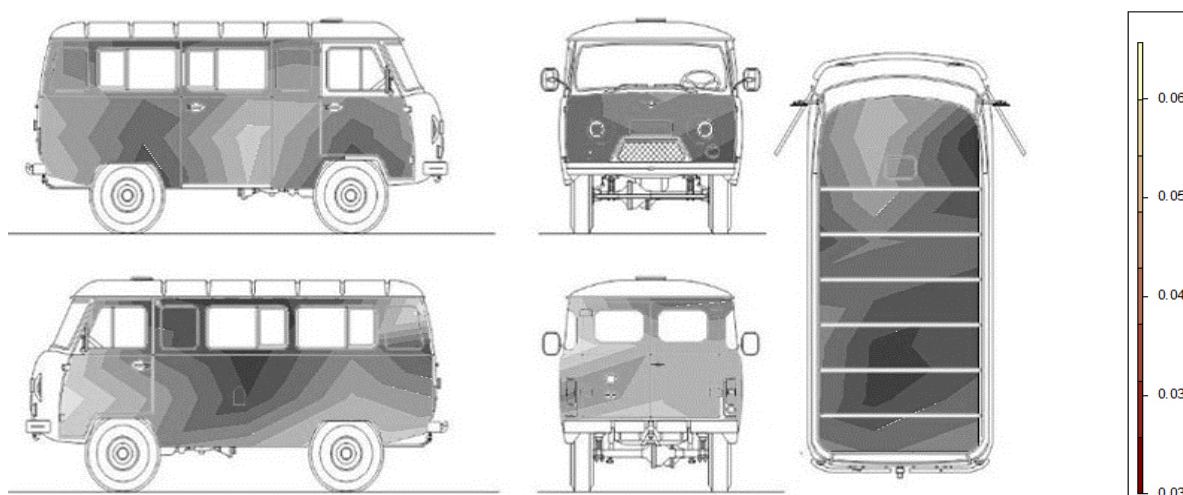


Рис. 7. Распределение степени теплового повреждения автомобиля УАЗ 396255 по результатам исследования коэрцитивной силы

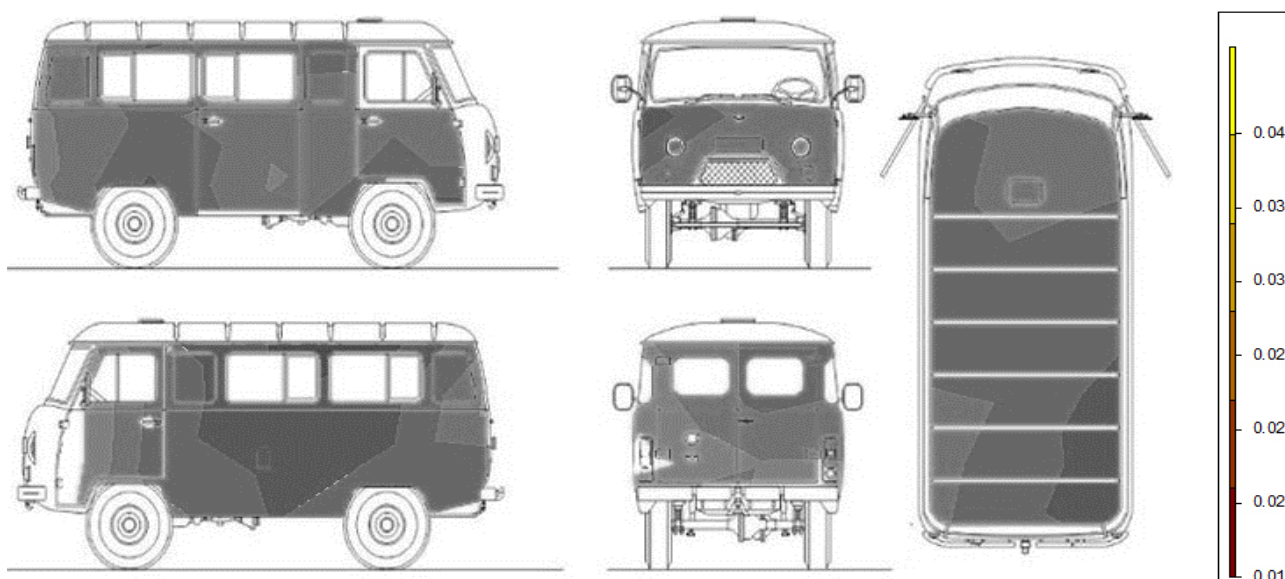


Рис. 8. Распределение степени теплового повреждения автомобиля УАЗ 396255 по результатам исследования остаточной намагниченности

При осмотре автомобиля УАЗ 396255 на днище левого бензобака был обнаружен локальный след наслоения копоти (рис. 9), что объясняется начальным моментом возникновения пожара именно под автомобилем, а не в его салоне.

Учитывая, что автомобиль через две минуты после возгорания съехал с горки и остановился в низине, во влажной почве (рис. 1, 2) можно предположить, что условий для интенсивного развития горения под днищем не имелось. Об этом свидетельствуют остатки покрышки, представленной на фото (рис. 9).

Если предположить, что очаг пожара расположен в задней части салона автомобиля, то характер оставшегося теплового следа на его крыше с учетом времени развития пожара, должен быть совершенно другим.

Кузов автомобиля УАЗ 396255 однообъемный, т.е. моторный отсек, салон и багажное отделение находятся под одной крышей и не отделены друг от друга перегородками. Таким образом, при возникновении пожара в салоне, например, там, где предполагает его водитель С., учитывая значительное время развития пожара до подачи огнетушащих средств, наибольшие следы теплового воздействия

должны были сосредоточиться примерно в центре крыши ближе к газовым баллонам. Такой характер слеодообразования диктуется естественными процессами теплопереноса на пожаре [5, 10, 12, 13] и фактически равномерном распределении пожарной нагрузки по автомобилю (отделка пола, крыши и бортов, сидений). Однако, следы термического повре-

ждения, как показало наше исследование, сосредоточены над заливной горловиной левого топливного бака, тогда как внутри салона сохранилось лакокрасочное покрытие зеленого цвета (рис. 10). Сохранившееся в салоне лакокрасочное покрытие зеленого цвета идентично по цвету лакокрасочному покрытию открытой левой водительской двери (рис. 1).

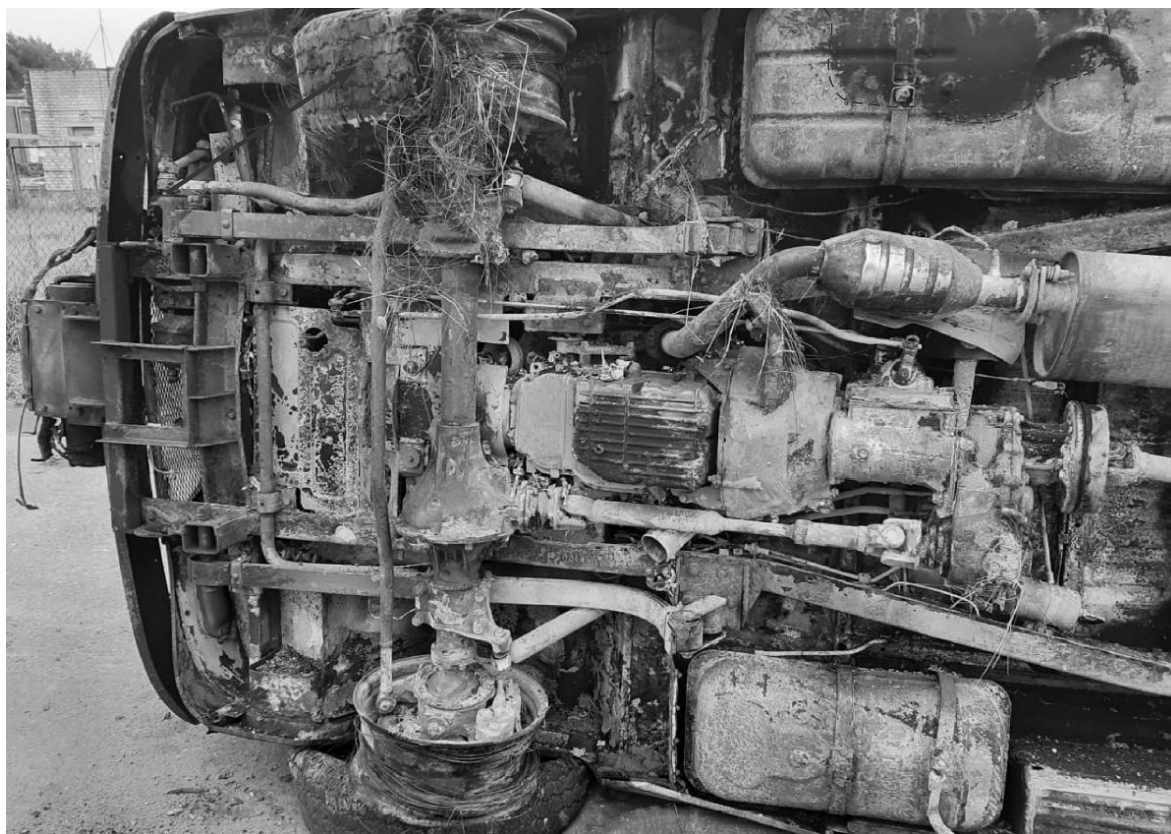


Рис. 9. Фото локального следа наслоения копоти на днище левого бензобака автомобиля УАЗ 396255 выделенного пунктирной линией и остатков покрышки левого переднего колеса (отмечено стрелкой)

Таким образом, на основании исследования представленных материалов, учитывая результаты личного осмотра сгоревшего автомобиля, а также результаты проеденных инструментальных исследований, утверждаем, что очаг пожара автомобиля УАЗ 396255 находился снаружи автомобиля в месте расположения левого топливного бака.

В соответствии с п. 3.1 [7] под непосредственной (или технической) причиной пожара понимается загорание вещества или материала в результате протекания какого-либо пожароопасного процесса или воздействия на него того или иного источника зажигания. Эксперт должен реконструировать «треугольник пожара» – определить источник зажигания (в случае вынужденного зажигания) или пожароопасный процесс (в случае самовозгорания),

горючее вещество, окислитель и условия их взаимодействия.

В пределах своей компетенции специалисты фактически определяют причину пожара с технической точки зрения: как механизм возникновения горения в очаге пожара. Возникновению пожара всегда предшествует какое-то событие, которое в определенных условиях способствует возгоранию и дальнейшему его развитию. Поэтому при исследовании учитывается и сопоставляется обстановка до пожара, а также анализируются все возможные взаимодействия горючих материалов с предполагаемым источником зажигания. Источник зажигания должен находиться в зоне установленного очага пожара, в противном случае версия исключается.



Рис. 10. Фото центральной части салона автомобиля УАЗ 396255 со стороны пассажирской двери (на бортах и перегородке за водительским местом различимо лакокрасочное покрытие зеленого цвета)

Пожар начинается с инициации горения горючей среды (твердых, жидких, газообразных веществ и материалов) под воздействием определенного источника зажигания. Источник зажигания является носителем высокого теплового потенциала и может появиться либо вследствие самопроизвольного возникновения некоторого явления или процесса (аварийного, или имеющего высокий тепловой потенциал в процессе нормальной эксплуатации приборов и систем), либо стать результатом целенаправленных или неумышленных действий людей.

Установление причины пожара проводится версионным методом [13, п. 3.4 14]. Обобщение опыта пожарно-технической экспертизы свидетельствует о том, что широкое применение этого метода составляет одну из особенностей установления причин пожаров. С версиями, не отвечающими определенным

обстоятельствам дела, нельзя связывать причину пожара.

Истинная причина пожара может быть установлена только в том случае, если наряду с обоснованным исключением всех версий, не соответствующих обстоятельствам дела, всесторонний анализ одного оставшегося не исключенным, наиболее вероятного предположения подтверждается комплексом фактических данных.

В работе [2] отмечается: «После того как будет установлен очаг пожара, определяют источник зажигания, вызвавший данный пожар, и первично загоревшийся материал. При этом также используется так называемый «версионный метод», который предусматривает выдвижение версий по возможным источникам зажигания, которые могли находиться в зоне установленного очага пожара, в сочетании с версиями об источниках образования в этой

же зоне горючей среды. Одновременность вы- движения и рассмотрения версий об источнике за- жигания и источнике образования горючей среды объясняется тем, что именно в резуль- тате взаимодействия источника за- жигания и горючей среды возникает горение, перераста- ющее в пожар. Для автомобиля это обстоя- тельство особенно важно учитывать потому, что в его конструкции и оборудовании сосре- доточено немало потенциальных источников за- жигания и источников образования горючей среды, и при проведении исследования важно правильно диагностировать механизм прояв- ления свойств этих источников, приведший к пожару. Версии выдвигаются исходя из общих представлений о причинах возникновения по- жаров в автомобилях, опыта проведения таких исследований, сведений об исходной компо- новке оборудования конкретной модели ав- томобилia и с учетом конкретных фактических данных, установленных по происшествию. Каждая версия подлежит исследованию, в ре- зультате которого она или подтверждается, или исключается. Версия по источнику за- жигания, нашедшая в процессе исследования свое подтверждение (при доказанном исключении всех других), принимается за истину».

Нами установлено, что очаг пожара ав- томобилia УАЗ 396255 находился снаружи ав- томобилia в месте расположения левого топ- ливного бака. В работающем автомобиле имеются две зоны максимальных температур:

- моторный отсек, где расположен двигатель;

- зона прохождения системы выпуска отработавших газов автомобилia.

Как видно на фото (рис. 9) в непосред- ственной близости от левого топливного бака находятся элементы системы выпуска отработавших газов (СВОГ), в частности каталитический конвертер.

СВОГ состоит из выпускного коллектора, приемной трубы, соединительных труб, одного или нескольких глушителей. Также к указанным источникам добавляется каталитический конвертер, входящий в систему выпуска отработанных газов. Каталитические дожигатели (конверторы) стоят на выхлопном тракте большинства современных автомобилей. Предназначаются они для дожигания продуктов неполного сгорания топлива угарного газа (СО), углеводородов до углекислого газа и воды. В результате этого снижается токсичность автомобильного выхлопа, что и требуется по европейским экологическим нормам.

Возгорание автомобилia произошло во время пуска двигателя после непродолжительной остановки. Автомобиль

долгое время находился в движении, следовательно, система выхлопного тракта была раскалена.

Рассматривая версию попадания нефтепродукта на разогретые поверхности выхлопного тракта (катализатора), необходимо отметить, что температура выпускного тракта автомобилia может быть выше 700°C, а температура самовоспламенения бензина – 573°C. Проведенные ранее исследования показали [9, 18], что бензин действительно воспламеняется при истечении на нагретую поверхность (в экс- периментах ее температура составляла 290–310°C), но только при струйном истечении, при скорости более 50–60 г/сек. При попадании на нагретую поверхность отдельных капель они просто интенсивно испаряются и топливо не воспламеняется. Установлено, что при частоте падения до 60 капель/мин. каждая следующая капля падает практически на сухую поверх- ность. Таким образом, весь выхлопной тракт имеет высокую температуру и способен ини- циировать горение попавших на него горючих жидкостей. Но конвертор – наиболее нагретая и потому самая опасная часть тракта. Темпера- тура его в штатном режиме составляет 400–800°C, по разным причинам может повышаться до 800–1000°C. Одна из таких причин плохо отрегулированный двигатель, когда в конвер- тор попадает слишком много продуктов непол- ного сгорания и несгоревшего топлива, кото- рое нужно дожечь. Другая причина - некаче- ственное исходное топливо (бензин). При не- которых неисправностях двигателя (например, при обратных вспышках), температура дожига- теля может возрасти до 1400°C.

Пожар с участием разогретого конвертора может возникнуть по трем разным причинам.

- контактный нагрев горючих веществ и материалов вне автомобилia: каталитический конвертер, выхлопная труба, глушитель могут зажечь мусор, листья или сухую траву под припаркованным автомобилем, особенно, если заблокирована циркуляция воздуха вокруг выхлопной системы;

- контактный нагрев сгораемых деталей автомобилia;

- за- жигание горючей жидкости при утечке [18].

На месте первоначального возгорания, как видно из фото (рис. 3) отсутствует высокая сухая трава, сухая листва или мусор, опорная площадка автомобилia ровная. Таким образом, версия возникновения пожара вследствие кон- такта разогретого конвертора с сухой травой или мусором не находит своего объективного подтверждения.

На фото (рис. 9) отчетливо видно, что каталитический конвертер хоть и имеет следы контакта с дорогой, однако расположен непосредственно под рамой, вблизи опоры кронштейна передней рессоры и защищен металлическим экраном. Вследствие чего версия нагрева и загорания сгораемых деталей автомобиля от контакта с каталитическим конвертером становится маловероятной.

Пассажиры в своих объяснениях неоднократно утверждали, что слышали хлопок «напоминавший выстрел из ружья».

Такой звуковой эффект (хлопок) характерен при воспламенении паров легковоспламеняемых жидкостей. Так как признаков разрушения элементов топливной системы до пожара не обнаружено, учитываемая установленное исправное состояние автомобиля перед рейсом единственной версией о причине пожара остается воспламенение паров топлива, попавших на каталитический конвертер при заправке автомобиля бензином (или сливе бензина), например, при опрокидывании канистры.

Учитывая вышеизложенное, путем исключения других версий и основываясь на установленном месте расположения очага пожара, можно сделать вывод, что причиной пожара явилось попадание бензина на разогретые части выхлопного тракта (каталитический конвертер).

Таким образом, очаг пожара, произошедшего в автомобиле УАЗ 396255, находился снаружи автомобиля в месте расположения левого топливного бака. Причиной явилось попадание бензина на разогретые части выхлопного тракта (каталитический конвертер).

Список литературы

1. Богатищев А. И. [и др.] Исследование причин возгорания автотранспортных средств: учебное пособие / Под ред. канд. техн. наук А.И. Колмакова. М.: ГУ ЭКЦ МВД России, 2003. 82 с.
2. Пожар в автомобиле: как установить причину? / Н. М. Булочников, С. И. Зернов, А. А. Становенко [и др.]. М.: ООО «НПО Флогистон», 2006. 224 с.
3. Елисеев Ю. Н. Проблемы пожарной безопасности газобаллонных легковых автомобилей // Пожарная безопасность: проблемы и перспективы. 2013. № 1 (4). С. 279–281
4. Драйздей Д. Введение в динамику пожаров. М.: Стройиздат, 1990. 420 с.
5. Зернов С. И. Структура и содержание заключения пожарно-технической экспертизы: методические рекомендации. М.: ВНКЦ МВД СССР, 1991. 44 с.

Развитие и популярность использования ГБО на автомобилях во многом позволяют сократить затраты на эксплуатацию транспорта, особенно при значительных пробегах. Современные установки ГБО имеют многоуровневую защиту от возможного взрыва и (или) пожара. В нее входят: клапан отсечки (ограничивают перелив топлива при заправке), клапан аварийного сброса давления, скоростной клапан (срабатывает при обрыве расходной магистрали), противопожарная плавкая вставка (срабатывает от открытого огня), механический вентиль для перекрытия подачи топлива вручную, электромагнитный клапан (предотвращает подачу топлива при выключенном зажигании), топливные емкости из композиционных материалов и т.д. Однако, количество пожаров на автотранспорте не имеет тенденции к снижению, в том числе на транспорте оборудованном ГБО. Потенциальная опасность систем ГБО позволяет выдвигать ее в качестве основной версии о причине пожара.

Тем не менее, проведенное исследование показало опасность увлечения «наиболее вероятной» версией о причине пожара, выраженная Б. В. Мегорским в работе [12] и ярко, на наш взгляд, отражающая суть подобного явления: «Возможность возникновения пожара по определенной причине еще не означает, что пожар неминуемо произойдет. Возможность возникновения пожара по определенной причине и даже факт возникновения пожара еще не означают, что пожар произошел именно по этой причине. Возможность нельзя смешивать с действительностью».

6. Зернов С. И. Задачи пожарно-технической экспертизы и методы их решения. М.: ГУ ЭКЦ МВД России, 2001. 200 с.
7. Зернов С. И., Павлов Е. Ю. Первоначальные действия по факту пожара: учебно-практическое пособие. М.: Академия ГПС МЧС России, 2005. 174 с.
8. Комплексная методика определения очага пожара / К. П. Смирнов, И. Д. Чешко, В. Г. Голяев [и др.]. Л.: ЛФ ВНИИПО МВД СССР, 1987. 114 с.
9. Корольченко А. Я., Корольченко Д. А. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения: справочник в 2-х частях / 2-е изд. перераб. и доп. Ч.1. М.: Пожнаука, 2004. 713 с.
10. Кошмаров Ю. А., Башкирцев М. П. Термодинамика и теплопередача в пожарном деле. М.: Внешторгиздат, 1987. 444 с.
11. Кошмаров Ю. А. Прогнозирование опасных факторов пожара в помещении: учеб-

ное пособие. М.: Академия ГПС МВД России, 2000. 118 с.

12. Клаус Дитер Поль Естественно-научная криминалистика: (опыт применения научно-технических средств при расследовании отдельных видов преступлений): [перевод с немецкого]. М.: Юридическая литература, 1985. 300 с.

13. Мегорский Б. В. Методика установления причин пожаров. М.: Стройиздат, 1966. 346 с.

14. Методология судебной пожарно-технической экспертизы: основные принципы. М.: ФГБУ ВНИИПО, 2013. 23 с.

15. Применение инструментальных методов и технических средств в экспертизе пожаров: сборник методических рекомендаций / под ред. И. Д. Чешко и А. Н. Соколовой. СПб, СПб филиал ФГУ ВНИИПО МЧС России, 2008.

16. Расследование и экспертиза пожаров: учебник / М. А. Галишев, Ю. Н. Бельшина, Ф. А. Дементьев [и др.]. СПб., 2019. 515 с.

17. Становенок А. А. Пожар в автомобиле. Установи причину. Практическое пособие из опыта по исследованию пожаров. Симферополь, ДИАИПИ, 2016. 62 с.

18. Таубкин С. И. Пожар и взрыв, особенности их экспертизы. М., 1999. 600 с.

19. Чешко И. Д., Плотников В. Г. Анализ экспертных версий возникновения пожара. В 2-х книгах. СПбФ ФГУ ВНИИПО МЧС России, Кн. 1. Санкт-Петербург: ООО «Типография «Береста», 2010. 708 с.

20. Чешко И. Д., Плотников В. Г. Анализ экспертных версий возникновения пожара. В 2-х книгах. СПбФ ФГБУ ВНИИПО МЧС России, Кн. 2. Санкт-Петербург: 2012. 364 с.

21. Чешко И. Д. Технические основы расследования пожаров. М.: ФГУ ВНИИПО МЧС России, 2002. 330 с.

22. Осмотр места пожара: методическое пособие / И. Д. Чешко, Н. В. Юн, В. Г. Плотников [и др.]. М.: ВНИИПО, 2004. 503 с.

References

1. Bogatishhev A. I. [et al.] *Issledovanie prichin vozgoraniya avtotransportny`x sredstv* [Investigation of the causes of ignition of motor vehicles]. *Uchebnoe posobie / Pod red. kand. techn. nauk A. I. Kolmakova*. М.: GU E`KCz MVD Rossii, 2003, 82 p.

2. *Pozhar v avtomobile: kak ustanovit` prichinu?* [Car fire: how to determine the cause?] / N. M. Bulochnikov, S. I. Zernov, A. A. Stanovenko [et al.] М., 2006, ООО «NPO Flogiston», 224 p.

3. Eliseev Yu. N. *Problemy` pozharnoj bezopasnosti gazoballonny`x legkovy`x avtomobilej* [Problems of fire safety of gas-cylinder passenger cars] // *Pozharnaya bezopasnost`: problema i perspektivy`*, 2013, vol. 1 (4), pp. 279–281

4. Drajzdej, D. *Vvedenie v dinamiku pozharov* [Introduction to the dynamics of fires] / Per. s angl. K. G. Bomshtejna; pod red. Yu. A. Koshmarova, V.E. Makarova. М.: Strojizdat, 1990, 420 p.

5. Zernov S. I. *Struktura i sodержanie zaklyucheniya pozharno-texnicheskoy e`kspertizy`*: *metodicheskie rekomendacii* [Structure and content of the conclusion of the fire technical expertise: methodological recommendations]. М.: VNKcz MVD SSSR, 1991, 44 p.

6. Zernov S. I. *Zadachi pozharno-texnicheskoy e`kspertizy` i metody` ix resheniya* [Tasks of fire-technical expertise and methods of their solution]. М.: GU E`KCz MVD Rossii, 2001, 200 p.

7. Zernov S. I., Pavlov E. Yu. *Pervonachal`ny`e dejstviya po faktu pozhara: Uchebno-prakticheskoe posobie* [Initial actions on the fact of a fire: An educational and practical guide]. М.: Akademiya GPS MChS Rossii, 2005, 174 p.

8. *Kompleksnaya metodika opredeleniya ochaga pozhara* [Complex methodology for determining the source of fire] / K. P. Smirnov, I. D. Cheshko, V. G. Golyaev [et al.] L.: LF VNIPO MVD SSSR, 1987, 114 p.

9. Korol`chenko A. Ya., Korol`chenko D. A. *Pozharovzry`voopasnost` veshhestv i materialov i sredstva ix tusheniya: spravochnik v 2-x chastyax* [Fire and explosion hazard of substances and materials and means of extinguishing them: a handbook in 2 parts] / 2-e izd. pererab. i dop. Ch.1. М.: Pozhnauka, 2004. 713 p.

10. Koshmarov Yu. A., Bashkircev M. P. *Termodinamika i teploperedacha v pozharnom dele* [Thermodynamics and heat transfer in fire fighting]. М.: Vneshtorgizdat, 1987, 444 p.

11. Koshmarov Yu. A. *Prognozirovaniye opasny`x faktorov pozhara v pomeshhenii: Uchebnoe posobie* [Forecasting of fire hazards in the room: A textbook]. М.: Akademiya GPS MVD Rossii, 2000, 118 p.

12. Klaus Diter Pol` *Estestvenno-nauchnaya kriminalistika: (opyt primeneniya nauchno-texnicheskix sredstv pri rassledovanii otidel`ny`x vidov prestuplenij)* [Natural science criminalistics: (experience in the use of scientific and technical means in the investigation of certain types of crimes)]: [perevod s nemeczkogo] / Klaus Diter Pol`; pod obshh. red. i so vstup. st. V.Ya. Koldina. М.: Yuridicheskaya literatura, 1985, 300 p.

13. Megorskiy B. V. *Metodika ustanovleniya prichin pozharov* [Methodology for determining the causes of fires]. М.: Strojizdat, 1966, 346 p.

14. *Metodologiya sudebnoj pozharno-texnicheskoy e`kspertizy`*: *osnovny`e principy`*

[Methodology of forensic fire-technical expertise: basic principles]. M.: FGBU VNIPO, 2013, 23 p.

15. *Primenenie instrumental'ny'x metodov i texnicheskix sredstv v e'kspertize pozharov: Sbornik metodicheskix rekomendacij* [Application of instrumental methods and technical means in the examination of fires: Collection of methodological recommendations] / pod red. I. D. Cheshko i A. N. Sokolovoj. SPb, SPb filial FGU VNIPO MChS Rossii, 2008.

16. *Rassledovanie i e'kspertiza pozharov: Uchebnyk* [Investigation and examination of fires: Textbook] / M. A. Galishev, Yu. N. Bel'shina, F. A. Dement'ev [et al]. SPb., 2019, 515 p.

17. Stanovenok A. A. *Pozhar v avtomobile. Ustanovi prichinu. Prakticheskoe posobie iz opy'ta po issledovaniyu pozharov* [A fire in the car. Establish the reason. A practical guide from experience in fire research]. Simferopol', DIAJPI, 2016. 62 p.

18. Taubkin S. I. *Pozhar i vzryv, osobennosti ix e'kspertizy* [Fire and explosion, features

of their expertise]. M., 1999. 600 p.

19. Cheshko I. D., Plotnikov V. G. *Analiz e'kspertny'x versij vozniknoveniya pozhara* [Analysis of expert versions of fire occurrence]. V 2-x knigax. SPbF FGU VNIPO MChS Rossii, Kn. 1 Sankt-Peterburg: OOO «Tipografiya «Beresta», 2010. 708 p.

20. Cheshko I. D., Plotnikov V. G. *Analiz e'kspertny'x versij vozniknoveniya pozhara* [Analysis of expert versions of fire occurrence]. V 2-x knigax. SPbF FGU VNIPO MChS Rossii, Kn. 2 Sankt-Peterburg: 2012. 364 p.

21. Cheshko I. D. *Texnicheskie osnovy rassledovaniya pozharov* [Technical basics of fire investigation] M.: FGU VNIPO MChS Rossii, 2002, 330 p.

22. *Osmotr mesta pozhara: metodicheskoe posobie* [Inspection of the fire site: a methodological guide] / I. D. Cheshko, N. V. Yun, V. G. Plotnikov [et al.]. M.: VNIPO, 2004, 503 p.

Карасев Евгений Викторович

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Иваново

заместитель начальника кафедры

E-mail: evkar75@mail.ru

Karasev Evgeny Viktorovich

Federal State Budget Educational Establishment of Higher Education «Ivanovo Fire Rescue Academy of State Firefighting Service of Ministry of Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters»,

Russian Federation, Ivanovo

deputy head of the department

E-mail: evkar75@mail.ru

Таратанов Николай Александрович

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Иваново

кандидат химических наук, доцент

E-mail: taratanov_n@mail.ru

Taratanov Nikolay Alekandrovich

Federal State Budget Educational Establishment of Higher Education «Ivanovo Fire Rescue Academy of State Firefighting Service of Ministry of Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters»,

Russian Federation, Ivanovo

candidate of chemical sciences, docent

E-mail: taratanov_n@mail.ru

УДК 614.842.847

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МОДЕЛИ ВНЕДРЕНИЯ РИСК-ОРИЕНТИРОВАННОГО ПОДХОДА К НАДЗОРНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В ОБЛАСТИ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ В КОСТРОМЕ

А. А. ЛАЗАРЕВ, И. С. АБАКУМОВ, В. Ю. ЕМЕЛИН

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Иваново
E-mail: kgn@edufire37.ru

В рамках проведенного и описанного в статье исследования авторами изучен и проанализирован опыт планирования надзорной деятельности и профилактической работы в Костроме. При этом была рассмотрена проблематика осуществления профилактических мероприятий на объектах надзора, относящихся к категориям среднего, умеренного и низкого риска на территории Костромы, а также выбора вида планового контрольного (надзорного) мероприятия на объектах, отнесенных к категориям среднего и умеренного риска.

Для проведения исследования использовался метод экспертных оценок. По результатам проведенного анкетирования экспертов было осуществлено составление сводной матрицы рангов, проведен анализ значимости исследуемых факторов, оценка средней степени согласованности мнений всех экспертов с применением коэффициента конкордации, дана оценка его значимости.

В статье также описана усовершенствованная модель внедрения риск-ориентированного подхода к надзорной деятельности в области пожарной безопасности в городе Кострома, которая предусматривает научно обоснованное и сбалансированное сочетание надзорной деятельности и профилактической работы. Данная модель предназначена для категорий среднего, умеренного и низкого рисков содержит в себе дополнительные элементы, включенные для организации проведения профилактических мероприятий в зависимости от функционала объектов с определенной интенсивностью проведения, а также для конкретизации выбора вида планового контрольного (надзорного) мероприятия. Целью реализации представленной схемы в долгосрочной перспективе является снижение риска возникновения пожаров и степени их негативных последствий, а также понижение уровня административного давления на объекты защиты в виду проведения профилактических мероприятий.

Ключевые слова: контрольное (надзорное) мероприятие, государственный пожарный надзор, пожарная безопасность, профилактическое мероприятие.

IMPROVING THE IMPLEMENTATION MODEL OF A RISK-BASED APPROACH TO SUPERVISORY ACTIVITIES IN THE FIELD OF FIRE SAFETY IN KOSTROMA

A. A. LAZAREV, I. S. ABAKUMOV, V. Yu. EMELIN

Federal State Budget Educational Establishment of Higher Education
«Ivanovo Fire Rescue Academy of State Firefighting Service of Ministry of Russian Federation
for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters»,
Russian Federation, Ivanovo
E-mail: kgn@edufire37.ru

Within the framework of the research conducted and described in the article, the authors studied and analyzed the experience of planning supervisory activities and preventive work in Kostroma. At the same time, the problems of implementing preventive measures at medium, moderate and low risk surveillance facilities in the territory of Kostroma, choosing the type of planned control (supervisory) measures at medium and moderate risk facilities were considered.

The method of expert assessments was used to conduct the study. Based on the results of the survey of experts, a summary matrix of ranks was compiled, the significance of the factors studied was analyzed, the average degree of consistency of the opinions of all experts was assessed using the concordance coefficient, and its significance was assessed.

The article also describes an improved model for implementing a risk-based approach to supervisory activities in the field of fire safety in the city of Kostroma. This model provides for a scientifically sound and balanced combination of supervisory activities and preventive work. This model is designed for the categories of medium, moderate and low risks and contains additional elements. These elements are included for the organization of preventive measures, depending on the functionality of facilities with a certain intensity of implementation, to specify the choice of the type of planned control (supervisory) event. The purpose of the implementation of the presented scheme in the long term is to reduce the risk of fires and the degree of their negative consequences, to reduce the level of administrative pressure on the objects of protection in view of preventive measures.

Key words: control (supervisory) event, state fire supervision, fire safety, preventive measure.

6 декабря 2021 года существенно изменился подход к проведению плановых контрольных (надзорных) мероприятий (далее – КНМ) в области пожарной безопасности (далее – в ОПБ) при определении их вида и периодичности с учетом присваиваемой категории риска¹.

Вместе с тем, ранее аспекты регулирования отношений в данной области неоднократно рассматривались в различных исследованиях. Принципы осуществления КНМ в области безопасности дорожного движения были рассмотрены Сорокиной К. А. [1]. Проблемы соотношения доказательств в производстве по делам об административных правонарушениях и КНМ изучались Карпухиным Д. В. и Куракиным А. В. [2,3]. О развитии контрольно-надзорной деятельности органов федерального казначейства с учетом реализации риск-ориентированного подхода (далее - РОП) подготовлена публикация Караниной Е. В. [4]. РОП в деятельности налоговых органов рассматривался Березиной А. П., Лисицыным А. А., Гуровой С. Ю. [5]. Пути развития РОП к КНМ изучены Матвеевой Е. Е. [6]. Киселева А. А., Савенко Н. Е. исследовали КНМ в отношении цифровых средств массовой информации [7]. Различные аспекты КНМ в ОПБ рассмотрены Вахмистровой С. И., Вахмистровым В. П., Хрыкиным Е. А., Зенковой И. Ф., Виноградовой И. О., Шароповым М. А. и другими [8–10].

С учетом анализа вышеописанных исследований рассматривалась проблематика осуществления профилактических мероприятий (далее – ПМ) на объектах надзора, относящихся к категориям среднего, умеренного и низкого риска на территории Костромы, а также выбора вида планового КНМ на объектах, отнесенных к категориям среднего и умеренного риска.

Актуальность проведенного исследования обусловлена противоречием между со-

циальным заказом на совершенствование модели внедрения РОП к надзорной деятельности в ОПБ в Костроме и отсутствием соответствующих рекомендаций.

Отмечается также, что существующая модель РОП в области пожарной безопасности на территории Российской Федерации входит в действующую динамическую систему оценки степени риска при РОП и рассматриваемые ПМ законодательством¹ строго не ограничены по виду и периодичности их проведения для объектов, отнесенных к категории среднего, умеренного и низких рисков. При этом выбор вида КНМ на объектах, отнесенных к категориям среднего и умеренного риска осуществляется контрольным (надзорным) органом самостоятельно. Указанное обстоятельство создает предпосылки к усовершенствованию вышеуказанной модели. В усовершенствованную модель предлагается включить проведение ПМ с определенной периодичностью до этапа планирования. Проведение ПМ позволит динамической системе оценки степени риска при РОП быть более гибкой и усиленно ориентированной на объект.

Применение действующей модели вызывает ряд проблем. Объекты защиты, которым присвоены категории чрезвычайно-высокого, высокого и значительного рисков охвачены плановыми КНМ и обеспечение ПБ находится на необходимом уровне, закрепленный инспекторский состав имеет полное понимание о существующих нарушениях и «слабых» местах. Однако, объекты, отнесенные к категориям среднего и умеренного риска могут выходить из «поля зрения» надзорных органов на период времени от 5 до 6 лет, а объекты, отнесенные к категории низкого риска, не подлежат плановым КНМ вовсе, уровень информированности о состоянии в ОПБ на объектах защиты отнесенных к «наиболее низкой» категории риска существенно ниже, чем об объектах, отнесенных к «наиболее высокой» категории риска. В данном случае и действующее законодательство² строго регламентирует порядок взаимодействия с контролируемыми лицами.

¹ Постановление Правительства РФ от 12 апреля 2012 г. № 290 «О федеральном государственном пожарном надзоре».

При повторении цикла при реализации существующей модели до момента включения объекта защиты «наиболее низкой» категории риска проходит значительное время. В указанный период возможно проведение ПМ. Необходимость указанных мер обусловлена тем, что основными причинами пожаров на объектах защиты служит «человеческий фактор», то есть к пожарам приводят допущенные в ходе работы на объектах защиты нарушения в ОПБ режимного характера. Данные нарушения в большинстве своем не требуют вложений значительных финансовых средств и регламентируются правилами поведения человека, порядком организации производства.

Проведение в данном случае ПМ позволит свести к минимуму риск возникновения пожаров, травматизм и гибель на них, а в зависимости от полноты их проведения, типа объекта и присвоенной категории риска осуществлять выбор планового КНМ в зависимости, что в свою очередь позволит снизить трудовые затраты на их проведение, как со стороны контрольного (надзорного) органа, так и контролируемого лица.

На рисунке представлена схема усовершенствованной модели РОП в ОПБ для категорий среднего, умеренного и низкого рисков. Заштрихованные блоки на схеме являются дополнительными элементами, предлагаемыми для усовершенствования существующей модели. Совершенствование заключается в реализации предложений по проведению ПМ на определенных объектах, на которых не часто проводятся КНМ, а также осуществление выбора вида планового КНМ на объекте исходя из его особенностей и результатов проведенных ПМ.

Принципиальным отличием в предлагаемой модели является то, что проведение ПМ организуется на регулярной основе в зависимости от типа объектов с учетом разработанных предложений по их виду и интенсивности проведения, а также далее на этапе планирования предусматривается конкретизация выбора вида планового КНМ. Реализация представленной схемы в долгосрочной перспективе позволит снизить риск возникновения пожаров и степень их последствий, а также снизить административное давление на объекты защиты в виду проведения ПМ.



Рисунок. Схема усовершенствованной модели РОП в ОПБ для категорий среднего, умеренного и низкого рисков²

² Федеральный закон от 31 июля 2020 г. № 248-ФЗ «О государственном контроле (надзоре) и муниципальном контроле в Российской Федерации».

В рамках исследования использовался метод экспертных оценок. По результатам проведенного анкетирования экспертов было осуществлено составление сводной матрицы рангов, проведен анализ значимости исследуемых факторов, оценка средней степени согласованности мнений всех экспертов с применением коэффициента конкордации, дана оценка его значимости. Расчет данных показателей осуществлялся отдельно для информирования, профилактического визита и определению вида планового КНМ. По итогам полученных расчетов коэффициент конкордации для информирования составил 0,54, для профилактического визита 0,68, виду планового

КНМ 0,62, что во всех случаях говорит о наличии средней степени согласованности мнений экспертов. При оценке значимости полученных коэффициентов установлено, что их величина не случайная, полученные результаты имеют смысл и могут использоваться в дальнейших исследованиях.

На основании данных, полученных в ходе исследования, распределение интенсивности проведения информирования и профилактических визитов на объектах защиты, отнесенных к категориям среднего, умеренного и низкого риска на территории города Костромы по разному типу представлено в табл. 1.

Таблица 1. Периодичность проведения профилактических мероприятий

№ п.п.	Вид ПМ		Количество объектов
	Информирование	Профилактический визит	
Периодичность			
Средняя категория риска			252
1	Объекты образования и объекты, на которых осуществляется деятельность детских лагерей		10
	Раз в год	Раз в год	
2	Объекты здравоохранения		10
	Раз в год	Раз в год	
3	Объекты культурно-досугового назначения		24
	Раз в год	Раз в 2 года	
4	Объекты торговли		48
	Раз в год	Раз в 3 года	
5	Объекты общественного питания		56
	Раз в год	Раз в 3 года	
6	Объектов бытового обслуживания и предоставления услуг населению		2
	Раз в 3 года	Раз в 3 года	
7	Объекты транспортной инфраструктуры		56
	Раз в 3 года	Раз в 3 года	
8	Объекты административного назначения		44
	Раз в 3 года	Раз в 3 года	
9	Объектов складского назначения		2
	Раз в 3 года	Раз в 3 года	
Умеренная категория риска			83
10	Объекты образования и объектов, на которых осуществляется деятельность детских лагерей		0
	Раз в год	Раз в год	

№ п.п.	Вид ПМ		Количество объектов
	Информирование	Профилактический визит	
	Периодичность		
11	Объекты культурно-досугового назначения		4
	Раз в 3 года	Раз в 3 года	
12	Объекты торговли		54
	Раз в 3 года	Раз в 3 года	
13	Объекты бытового обслуживания и предоставления услуг населению		3
	Раз в 3 года	Раз в 3 года	
14	Объекты транспортной инфраструктуры		4
	Раз в 3 года	Раз в 3 года	
15	Объектов административного назначения		18
	Раз в 3 года	Раз в 3 года	
16	Многоквартирные дома высотой до 28 метров		968
	Раз в 3 года	Раз в 3 года	
Низкая категория риска			Свыше 1000
17	Объекты культурно-досугового назначения		
	Раз в 3 года	Раз в 3 года	
18	Объекты торговли		
	Раз в 3 года	Раз в 3 года	
19	Объектов бытового обслуживания и предоставления услуг населению		
	Раз в 3 года	Раз в 3 года	
20	Прочие объекты, которым не присвоена категория риска		
	Раз в 3 года	Раз в 3 года	

Учитывая количественное распределение объектов по функционалу внутри каждой категории риска, а также одинаковую периодичность для разных типов объектов была проведена их классификация в сводных группах объектов, в отношении которых информирование и профилактические визиты предлагается проводить с одинаковой периодичностью. Путем объединения данных типов получается 5 групп, представленных в табл. 2.

При этом ПМ на объектах образования, здравоохранения, культурно-досугового назначения информирование целесообразно осуществлять путем взаимодействия с профильными ведомствами, департаментами и управлениями путем направления в их адрес сведений об изменениях в нормативных документах, действующих в ОПБ, порядке отнесения объектов защиты к категориям риска, перечень

индикаторов риска нарушений обязательных требований, сведения о возможности получения консультаций в контрольном (надзорном) органе. Информирование для многоквартирных дома высотой до 28 метров предпочтительно осуществлять путем направления информационных писем на официальную электронную почту управляющих организаций. Перечень организаций, осуществляющих управление многоквартирными домами, необходимо поддерживать актуальным за счет межведомственного взаимодействия с государственной жилищной инспекцией Костромской области. При незначительном количестве объектов одного типа информирование необходимо осуществлять точечно для каждого объекта с учетом закрепленных по территориальному признаку инспекторов.

Таблица 2. Группы объектов по периодичности проведения ПМ

Информирование	Группа объектов, периодичность
1) Объекты образования и объекты, на которых осуществляется деятельность детских лагерей, средней и умеренной категорий риска; 2) Объекты здравоохранения средней категории риска; 3) Объекты культурно-досугового назначения средней категории риска; 4) Объекты торговли средней категории риска; 5) Объекты общественного питания средней категории риска.	$A_{инф}$, один раз в год
1) Объекты бытового обслуживания и предоставления услуг населению средней, умеренной и низкой категорий риска; 2) Объекты транспортной инфраструктуры средней и умеренной категорий риска; 3) Объекты административного назначения средней и умеренной категорий риска; 4) Объекты складского назначения средней категории риска; 5) Объекты культурно-досугового назначения умеренной и низкой категорий риска; 6) Объекты торговли умеренной и низкой категорий риска; 7) Прочие объекты, которым не присвоена категория риска.	$B_{инф}$, один раз в 3 года
Профилактический визит	
1) Объекты образования и объекты, на которых осуществляется деятельность детских лагерей средней и умеренной категорий риска; 2) Объекты здравоохранения средней категории риска.	$B_{пр}$, один раз в год
1) Объекты культурно-досугового назначения средней категории риска.	$\Gamma_{пр}$, один раз в 2 года
1) Объекты торговли средней, умеренной и низкой категорий риска; 2) Объекты общественного питания средней категории риска; 3) Объекты бытового обслуживания и предоставления услуг населению средней, умеренной и низкой категории риска; 4) Объекты транспортной инфраструктуры средней и умеренной категорий риска; 5) Объекты административного назначения средней и умеренной категорий риска; 6) Объекты складского назначения средней категории риска; 7) Объекты культурно-досугового назначения умеренной и низкой категорий рисков; 8) Многоквартирные дома высотой до 28 метров; 9) Прочие объекты, которым не присвоена категория риска.	$D_{пр}$, один раз в 3 года

В рамках профилактических визитов проводятся профилактические беседы. При этом, их возможно реализовать путем использования видеоконференцсвязи на базе профильных ведомств, департаментов и управлений. В ходе профилактических визитов представляются разъяснения по вопросам в ОПБ, которые для контролируемого лица будут носить рекомендательный характер. Перед проведением профилактических визитов необходимо сформировать перечень вопросов для уточнения сведений при отнесении объектов защиты к категориям риска. Проведение данной работы позволит более гибко и своевременно актуализировать информацию о при-

сваиваемой категории риска объектам защиты и внесению изменений в соответствующие документы. Если при проведении профилактического визита установлено, что на объекте защиты допускаются нарушения в ОПБ, представляющие непосредственную угрозу причинения вреда (ущерба) охраняемым законом ценностям, либо такой вред (ущерб) причинен, необходимо незамедлительно принимать меры для организации в установленном порядке проведения внепланового КНМ. При этом охраняемые законом ценности следует рассматривать в с пунктом 59 Положения¹, в редакции, вступающей в силу с 1 марта 2022 года.

Для проведения планового КНМ, в рамках действующего законодательства¹, могут быть реализованы такие мероприятия как инспекционный визит, рейдовый осмотр или выездная проверка. В случае своевременного предварительного проведения ПМ при активном участии контролируемых лиц, с соблюдением предлагаемой периодичности, и при наличии сведений о необходимом уровне пожарной безопасности на объекте контролируемого лица, представляется необходимым замена проведения выездных проверок на инспекционный визит. Такой выбор позволяет обеспечить индивидуальный подход к каждому объекту защиты и может быть рассмотрен при должном законодательном оформлении в качестве меры стимулирования добросовестности контролируемых лиц. Это также позволяет рационально распределить трудовые ресурсы,

как должностных лиц контрольного (надзорного) органа, так и контролируемых лиц.

Точкой отсчета для определения даты начала проведения ПМ предлагается считать момент вынесения решений о присвоении объектам защиты категорий риска, осуществляемого перед планированием КНМ на следующий год. Таким образом, к следующей корректировке перечня объектов по категориям риска и закрепления их решением руководителя территориального отдела надзорной деятельности и профилактической работы города Костромы, будет собрана и получена актуальная информация об объектах защиты.

На основании данных, полученных в ходе исследования, предлагается осуществлять выбор вида планового КНМ на объектах защиты, отнесенных к категориям среднего и умеренного рисков на территории города Костромы, исходя из их функционала (табл. 3).

Таблица 3. Выбор вида планового КНМ

Тип (функционал) объекта	Вид планового КНМ	Количество объектов
Объекты, отнесенные к средней категории риска		252
Объекты образования и объекты, на которых осуществляется деятельность детских лагерей	Выездная проверка	10
Объекты здравоохранения	Выездная проверка	10
Объекты культурно-досугового назначения	Выездная проверка	24
Объекты торговли	Выездная проверка	48
Объекты общественного питания	Выездная проверка	56
Объекты бытового обслуживания и предоставления услуг населению	Инспекционный визит	2
Объекты транспортной инфраструктуры	Выездная проверка	56
Объекты административного назначения	Инспекционный визит	44
Объекты складского назначения	Выездная проверка	2
Объекты, отнесенные к умеренной категории риска		83
Объекты образования и объекты, на которых осуществляется деятельность детских лагерей	Выездная проверка	0
Объекты культурно-досугового назначения	Инспекционный визит	4
Объекты торговли	Выездная проверка	54
Объекты бытового обслуживания и предоставления услуг населению	Инспекционный визит	3
Объекты транспортной инфраструктуры	Инспекционный визит	4
Объекты административного назначения	Инспекционный визит	18
Многоквартирные дома высотой до 28 метров	Инспекционный визит	968

Учитывая количественное распределение объектов по типу (функционалу) внутри каждой категории риска, а также одинаковый

вид КНМ для разных объектов с различным функционалом была проведена перегруппировка объектов (табл. 4).

Таблица 4. Группы объектов по виду планового КНМ

Инспекционный визит	Группа объектов
1) Объекты бытового обслуживания и предоставления услуг населению средней и умеренной категории риска; 2) Объекты административного назначения средней и умеренной категории риска; 3) Объекты культурно-досугового назначения умеренной категории риска; 4) Объекты транспортной инфраструктуры умеренной категории риска; 5) Многоквартирные дома высотой до 28 метров.	ИБ
Выездная проверка	
1) Объекты образования и объекты, на которых осуществляется деятельность детских лагерей средней и умеренной категории риска; 2) Объекты здравоохранения средней категории риска; 3) Объекты культурно-досугового назначения средней категории риска; 4) Объекты торговли средней и умеренной категории риска; 5) Объекты общественного питания средней категории риска; 6) Объекты транспортной инфраструктуры средней категории риска; 7) Объекты складского назначения средней категории риска.	ВП

Следует отметить, что возможность осуществления выбора вида КНМ при помощи табл. 4 обусловлена тем, что ПМ на объектах защиты были проведены в полном объеме с рекомендуемой в табл. 2 периодичностью.

Таким образом, совершенствование модели внедрения РОП к надзорной деятельности в ОПБ в Костроме предусматривает научно обоснованное сочетание КНМ и ПМ с периодичностью, определяемой не только на основании требований законодательства, но и рекомендаций, сформулированных по итогам проведенной экспертной оценки. Усовершенствованная модель РОП в ОПБ для

категорий среднего, умеренного и низкого рисков содержит в себе дополнительные элементы, включенные для организации проведения ПМ в зависимости от функционала объектов с определенной интенсивностью проведения, а также для конкретизации выбора вида планового КНМ. Реализация представленной схемы в долгосрочной перспективе позволит снизить риск возникновения пожаров и степень их последствий, а также снизить административное давление на объекты защиты в виду проведения ПМ.

Список литературы

1. Сорокина К. А. Принципы осуществления контрольно-надзорной деятельности в области безопасности дорожного движения // Российская юстиция. 2020. № 2. С. 52–56.

2. Карпухин Д. В., Куракин А. В. Доказательства в производстве по делам об административных правонарушениях и контрольно-надзорных мероприятиях: проблемы соотношения // Современное право. 2020. № 2. С. 28–35.

3. Куракин А. В., Карпухин Д. В. Проблемы правового закрепления доказательств контрольного мероприятия реализуемого в бюджетной сфере // Полицейская и следственная деятельность. 2020. № 1. С. 26–34.

4. Каранина Е. В. Развитие контрольно-надзорной деятельности органов федерального казначейства на основе риск-ориентированного подхода // Актуальные вопросы современной науки и образования: сборник научных статей по материалам XVIII международной научно-практической конференции. Киров, 2020. С. 418–433.

5. Березина А. П., Лисицын А. А., Гурова С. Ю. Риск-ориентированный подход в деятельности налоговых органов // Россия — 2035: наука и практика в фокусе инновационного развития: сборник материалов Международной научно-практической конференции. Чебоксары: ЧКИ РУК, 2020. С. 103–106.

6. Матвеева Е. Е. Развитие риск-ориентированного подхода контрольно-

надзорных мероприятий // Наука Красноярья. 2020. Т. 9. № 2–4. С. 90–96.

7. Вахмистрова С. И., Вахмистров В. П. «Регуляторная гильотина» в нормативно-правовой практике МЧС России // Право. Безопасность. Чрезвычайные ситуации. 2020. № 4 (49). С. 49–54.

8. Формы проверочных листов и порядок обязательного применения при осуществлении федерального государственного пожарного надзора / Е. А. Хрыкин, И. Ф. Зенкова, И. О. Виноградова [и др.] // Актуальные вопросы пожарной безопасности. 2021. № 4 (10). С. 28–31.

9. Киселева А. А., Савенко Н. Е. Контроль и надзор за деятельностью цифровых средств массовой информации // Интернаука. 2021. № 44-4 (220). С. 76–77.

10. Лазарев А. А., Абакумов И. С. О видоизменении подхода к определению категории риска объектов защиты в 2021 году в сравнении с 2020 годом // Актуальные вопросы совершенствования инженерных систем обеспечения пожарной безопасности объектов: сборник материалов VIII Всероссийской научно-практической конференции. Иваново: Ивановская пожарно-спасательная академия, 2021. С. 203–207.

References

1. Sorokina K. A. Printsipy osushchestvleniya kontrol'no-nadzornoj deyatel'nosti v oblasti bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya [Principles for the implementation of control and supervision activities in the field of road safety]. *Rossiyskaya yustitsiya*, 2020, issue 2, pp. 52–56.

2. Karpuhin D. V., Kurakin A. V. Dokazatel'stva v proizvodstve po delam ob administrativnykh pravonarusheniyakh i kontrol'no-nadzornyykh meropriyatiyakh: problemy sootnosheniya [Evidence in Proceedings on Cases of Administrative Offenses and Control and Supervisory Measures: Correlation Problems]. *Sovremennoe pravo*, 2020, issue 2, pp. 28–35.

3. Kurakin A. V., Karpuhin D. V. Problemy pravovogo zakrepleniya dokazatel'stv kontrol'nogo meropriyatiya realizuyemogo v byudzhetnoy sfere [Problems of legal consolidation of evidence of control measures implemented in the public sector]. *Politseyskaya i sledstvennaya deyatel'nost*, 2020, issue 1, pp. 26–34.

4. Karanina E. V. Razvitie kontrol'no-nadzornoj deyatel'nosti organov federal'nogo

kaznacheystva na osnove risk-orientirovannogo podhoda [Development of control and supervisory activities of Federal Treasury bodies based on a risk-based approach]. *Aktualnyye voprosy sovremennoy nauki i obrazovaniya: sbornik nauchnykh statey po materialam XVIII mejdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii*, Kirov, 2020, pp. 418–433.

5. Berezina A. P., Lisitsyn A. A., Gurova S. Yu. Risk-orientirovannyiy podhod v deyatel'nosti nalogovykh organov [Risk-based approach in the activities of tax authorities]. *Rossiya – 2035: nauka i praktika v fokuse innovatsionnogo razvitiya: sbornik materialov Mejdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii*, Cheboksary: CHKI RUK, 2020, pp. 103-106.

6. Matveeva E. E. Razvitiye risk-oriyentirovannogo podhoda kontrol'no-nadzornyykh meropriyatiy [Development of a risk-based approach to control and supervisory activities]. *Nauka Krasnoyarya*, 2020, vol. 9, issue 2–4, pp. 90–96.

7. Vahmistrova S. I., Vahmistrov V. P. «Regulyatornaya gil'otina» v normativno-pravovoy praktike MCHS Rossii [«Regulatory guillotine» in the legal practice of the EMERCOM of Russia]. *Pravo. Bezopasnost. Chrezvyichaynyie situatsii*. 2020, vol. 4 (49), pp. 49–54.

8. Formy proverochnykh listov i poryadok obyazatel'nogo primeneniya pri osushchestvlenii federal'nogo gosudarstvennogo pozhar'nogo nadzora [Forms of checklists and the procedure for mandatory use in the implementation of federal state fire supervision] / E. A. Hryikin, I. F. Zenkova, I. O. Vinogradova [et al.] *Aktualnyye voprosy pozharnoy bezopasnosti*, 2021, issue 4 (10), pp. 28–31.

9. Kiseleva A. A., Savenko N. E. Kontrol' i nadzor za deyatel'nost'yu tsifrovyykh sredstv massovoy informatsii [Control and supervision of digital media activities]. *Internauka*, 2021, issue 44-4(220), pp. 76–77.

10. Lazarev A. A., Abakumov I. S. O vidoizmenenii podhoda k opredeleniyu kategorii riska obyektov zaschity v 2021 godu v sravnenii s 2020 godom [On the modification of the approach to determining the risk category of objects of protection in 2021 in comparison with 2020]. *Aktual'nyye voprosy sovershenstvovaniya inzhenernykh sistem obespecheniya pozharnoy bezopasnosti ob"yektov: sbornik materialov VIII Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii*. Ivanovo: Ivanovskaya pozharno-spasatel'naya akademiya, 2021, pp. 203–207.

Лазарев Александр Александрович

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Иваново
кандидат педагогических наук, доцент
E-mail: kgn@edufire37.ru

Lazarev Alexander Alexandrovich

Federal State Budget Educational Establishment of Higher Education «Ivanovo Fire Rescue Academy of State Firefighting Service of Ministry of Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters»,
Russian Federation, Ivanovo
candidate of pedagogical sciences, associate professor
E-mail: kgn@edufire37.ru

Абакумов Игорь Сергеевич

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Иваново
магистрант
E-mail: gambik_87@mail.ru

Abakumov Igor Sergeevich

Federal State Budget Educational Establishment of Higher Education «Ivanovo Fire Rescue Academy of State Firefighting Service of Ministry of Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters»,
Russian Federation, Ivanovo
undergraduate
E-mail: gambik_87@mail.ru

Емелин Владимир Юрьевич

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Иваново
старший преподаватель
E-mail: emelin78@mail.ru

Emelin Vladimir Yuryevich

Federal State Budget Educational Establishment of Higher Education «Ivanovo Fire Rescue Academy of State Firefighting Service of Ministry of Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters»,
Russian Federation, Ivanovo
senior lecturer
E-mail: emelin78@mail.ru

УДК 614.841.084

ОБ ОПРЕДЕЛЕНИИ ЗОНЫ ДЕЙСТВИЯ ЛОКАЛЬНЫХ СИСТЕМ ОПОВЕЩЕНИЯ НА ВЗРЫВООПАСНЫХ И ПОЖАРООПАСНЫХ ОБЪЕКТАХ I И II КЛАССА ОПАСНОСТИ

А. Н. ЛЕОНОВА, Е. М. ЛЕОНОВА

Федеральное государственное бюджетное учреждение
Всероссийский Научно-Исследовательский Институт
по проблемам гражданской обороны и чрезвычайных ситуаций МЧС России
Федеральный центр науки и высоких технологий,
Российская Федерация, г. Москва
E-mail: all_leo@mail.ru, elenaleon@mail.ru

В представленной работе проанализирован опыт создания локальных систем оповещения на взрывоопасных и пожароопасных объектах, а также объектах I и II класса, рассмотрены актуальные наиболее проблемные вопросы при создании локальных систем оповещения, дано определение зон действия локальной системы оповещения и их сопряжение с территориальными системами.

Ключевые слова: система оповещения населения, локальная система оповещения, техническое средство оповещения, потенциально опасный объект, зона действия локальной системы оповещения.

ON DETERMINATION OF THE AREA OF OPERATION OF SALW AT EXPLOSIVE AND FIRE HAZARDOUS FACILITIES OF HAZARD CLASS I AND II

A. N. LEONOVA, E. M. LEONOVA

Federal State Budget Institution
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,
Russian Federation, Moscow
E-mail: all_leo@mail.ru, elenaleon@mail.ru

The present work analyzes the experience of creating local warning systems at explosive and fire hazardous objects of hazard class I and II, as well as the most pressing issues in the creation of local warning systems at explosive and fire hazardous objects of hazard class I and II, determining the area of operation of a local warning system and their connection with territorial systems.

Key words: public warning system, local warning system, technical means of warning, potentially dangerous object, coverage area of the local warning system.

Трагические события апреля 1986 года, когда в результате аварии на Чернобыльской АЭС радиоактивное облако переместилось на большие расстояния и заразило обширные площади, значительная часть населения ряда городов и поселков была эвакуирована. Анализируя хронологию тех печальных событий, изучая материалы тех лет, можно констатировать, что население не было своевременно оповещено, как в районе размещения атомной станции, так и на европейской части Советского Союза в зоне распростране-

ния радиоактивного заражения, хотя технические средства оповещения имелись и были готовы к задействованию. Начиная с 1987 года начался поворот гражданской обороны к решению задач мирного времени, который означал новый качественный этап в развитии систем оповещения населения. Постановление Совета Министров СССР от 23 октября 1989 года № 882 «О мерах по обеспечению защиты персонала атомных станций и населения в случае радиационно опасных аварий на этих

станциях»¹ определило начало создания локальных систем оповещения в районах размещения потенциально опасных объектов (далее – ЛСО).

В СССР помимо районов размещения атомных станций ЛСО создавались на химически опасных объектах, а также на гидротехнических сооружениях. В Российской Федерации Постановлением от 1 марта 1993 года № 178 «О создании локальных систем оповещения в районах размещения потенциально опасных объектов»² были установлены конкретные зоны действия ЛСО для перечисленных выше потенциально опасных объектов (далее – ПОО).

В 2003 году было выпущено распоряжение Правительства Российской Федерации от 25 октября 2003 года № 1544-р «Об обеспечении своевременного оповещения населения об угрозе возникновения или о возникновении чрезвычайных ситуаций в мирное и в военное время»³, в котором федеральным органам исполнительной власти и организациям, в ведении которых находятся ПОО, предписывалось завершить до 2010 года работы по созданию ЛСО. Несмотря на принятые Правительством Российской Федерации меры, определенные распоряжением № 1544-р, темпы создания ЛСО оставались довольно низкими, вследствие этого население в районах размещения ПОО продолжало оповещаться посылными и средствами громкоговорящей связи на подвижных объектах, что не гарантировало своевременности доведения сигнала и информации оповещения.

¹ Постановление Совета Министров СССР от 23 октября 1989 года № 882 «О мерах по обеспечению защиты персонала атомных станций и населения в случае радиационно опасных аварий на этих станциях» [Электронный ресурс] Режим доступа: Технорма.RU (tehnorma.ru), дата обращения: 31.01.2022.

² Постановление Совета Министров – Правительства Российской Федерации от 1 марта 1993 года № 178 «О создании локальных систем оповещения в районах размещения потенциально опасных объектов» [Электронный ресурс]. [https:// docs.cntd.ru/document/58856769](https://docs.cntd.ru/document/58856769) (дата обращения 31.01.2022).

³ Распоряжение Правительства Российской Федерации от 25 октября 2003 года № 1544-р «Об обеспечении своевременного оповещения населения об угрозе возникновения или о возникновении чрезвычайных ситуаций в мирное и в военное время» [Электронный ресурс]. <https:// docs.cntd.ru> (дата обращения 01.02.2022).

Так, в 2005 году в Приволжском федеральном округе было создано только 28,4 %, Уральском – 21,4 %, Сибирском – 12,6 % от общей потребности в ЛСО⁴. Данные по количеству созданных ЛСО на территории Российской Федерации по состоянию на 1 января 2006 года⁴ проиллюстрированы на рис. 1.

Для устранения сложившейся ситуации и повышения темпов ввода в эксплуатацию ЛСО в 2007 году был ужесточен контроль за созданием ЛСО, который осуществлялся:

центральным аппаратом МЧС России в ходе плановых комплексных проверок территориальных подсистем РСЧС и территориальных органов МЧС России;

территориальными органами МЧС России в ходе плановых и внеплановых проверок ПОО.

Динамика созданных ЛСО в Российской Федерации в 2008–2013 годах приведена на рис. 2.

Долгая двадцатипятилетняя практика создания ЛСО по установленным правилам и нормам^{2,3,5} была изменена в 2014 году Федеральным законом от 28 декабря 2013 г. № 404-ФЗ «О внесении изменений в статью 14 Федерального закона «О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера» и в Федеральный закон «О гражданской обороне»⁶, согласно которому ЛСО создают и поддерживают в постоянной готовности объекты, эксплуатирующие опасные производственные объекты (далее – ОПО) I и II классов опасности, особо радиационно опасные и ядерно опасные производства и объекты, последствия аварий на которых могут причинять вред жизни и здоровью

⁴ Государственный доклад о состоянии защиты населения и территорий Российской Федерации от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера за 2005 год, МЧС России, 2006 г. [Электронный ресурс]. [https:// docs.cntd.ru document/ 901913235](https://docs.cntd.ru/document/901913235) (дата обращения 10.02.2022).

⁵ Методические рекомендации по созданию в районах размещения потенциально опасных объектов локальных систем оповещения, МЧС России, 2002 г. [Электронный ресурс]. [https:// docs.cntd.ru](https://docs.cntd.ru) (дата обращения 01.02.2022).

⁶ Федеральный закон от 28 декабря 2013 г. № 404-ФЗ «О внесении изменений в статью 14 Федерального закона «О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера» и Федеральный закон «О гражданской обороне» [Электронный ресурс] [https:// base.garant.ru/ 70552578/](https://base.garant.ru/70552578/) (дата обращения 01.02.2022).

населения, проживающего или осуществляющего хозяйственную деятельность в зонах воздействия поражающих факторов за пределами их территорий, гидротехнические сооружения чрезвычайно высокой опасности и гидротехнические сооружения высокой опасности⁷. Поэтому помимо «традиционных» потенциально опасных объектов², ЛСО, начиная с

2014 года, должны создаваться на ОПО I и II классов опасности, классификация которых определена в⁸. В объекты, на которых необходимо создавать ЛСО, вошли взрывоопасные и пожароопасные объекты I и II классов опасности. Это хочется особо подчеркнуть, поскольку именно данные объекты вызывают трудности при проектировании ЛСО.

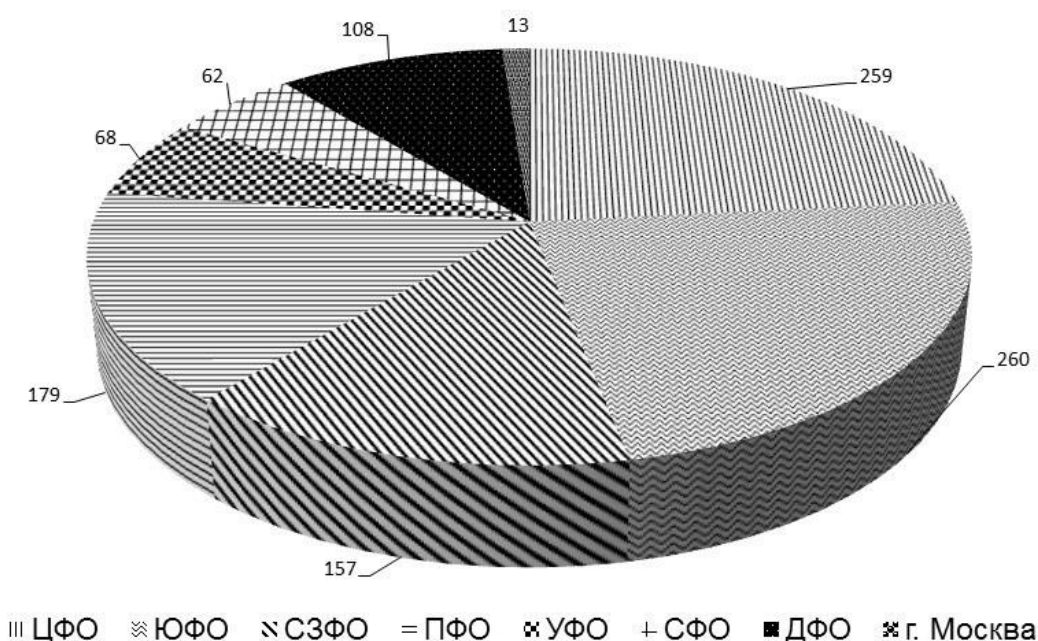


Рис. 1. Данные по количеству созданных ЛСО на территории Российской Федерации по состоянию на 1 января 2006 года

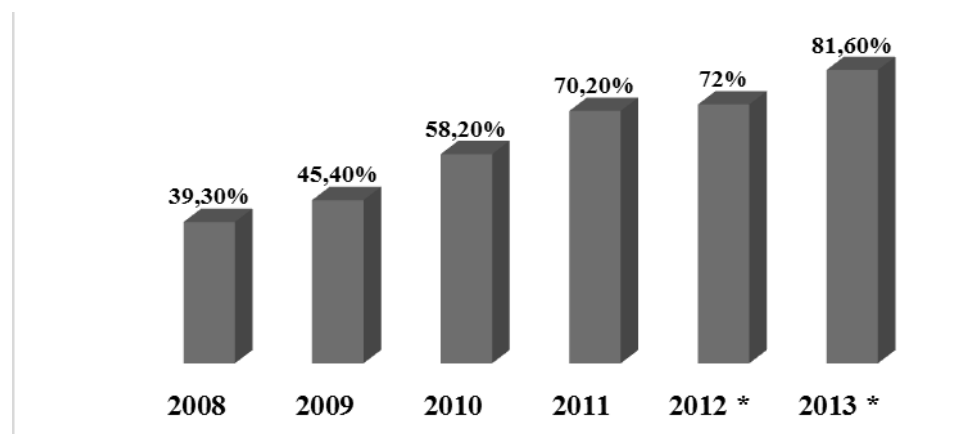


Рис. 2. Динамика создания ЛСО в Российской Федерации в 2008–2013 годах

⁷ Федеральный закон от 12.02.1998 № 28-ФЗ «О гражданской обороне» – ИБ «Консультант Плюс»: Законодательство / Российское законодательство (ВерсияПроф) [Электронный ресурс]. http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_94225/ (дата обращения 01.02.2022).

⁸ Федеральный закон от 21 июля 1997 г. №116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» [Электронный ресурс]. http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_15234/ (дата обращения 01.02.2022).

Основные вопросы создания локальных систем оповещения отражены в «Положении о системах оповещения населения», утвержденном совместным приказом МЧС России и Минцифры России от 31.07.2020 № 578/365, зарегистрированном в Министерстве юстиции Российской Федерации 26 октября 2020 года (регистрационный № 60567)⁹. Вместе с тем, вышедшие в 2021 году и утвержденные протоколом заседания рабочей группы Правительственной комиссии по предупреждению и ликвидации чрезвычайных ситуаций и обеспечению пожарной безопасности от 19.02.2021 № 1 Методические рекомендации по созданию и реконструкции систем оповещения населения¹⁰ не внесли ясности в главный вопрос – определение зоны действия ЛСО на взрывоопасных и пожароопасных объектах.

Что такое зоны действия ЛСО? Это территория, на которой должна действовать ЛСО, «...границами зоны действия ЛСО являются границы территории (зон) воздействия поражающих факторов от аварий на ОПО I и II классов опасности, особо радиационно опасных и ядерно опасных производствах и объектах, на гидротехнических сооружениях чрезвычайно высокой опасности и гидротехнических сооружениях высокой опасности, которые могут причинять вред жизни и здоровью населения, проживающего или осуществляющего хозяйственную деятельность за пределами территорий (для гидротехнических сооружений чрезвычайно высокой опасности и гидротехнических сооружений высокой опасности – в нижнем бьефе, в зонах затопления на расстоянии до 6 км от объектов)» (пункт 7⁷).

Казалось бы, все ясно в данном определении, за исключением понятия «хозяйственная деятельность»? В соответствии с пунктом 5.33 ГОСТ Р 52104–2003¹¹, хозяйственная деятельность – это деятельность,

осуществляемая в ходе производственной деятельности индивидуальным предпринимателем или юридическим лицом, независимо от формы собственности и от того, носит она коммерческий или некоммерческий характер. Данное определение, на наш взгляд, еще более запутывает проблему и не позволяет на этапе проектирования определить конкретную необходимую для оповещения территорию. Требуются более четкие критерии определения территории (зоны озвучивания), например, наличие жилых и общественных построек. Но в таком случае как быть с зонами отдыха, которые одновременно могут привлекать большие массы населения?

С другой стороны, например, расположенная в Арктической зоне, на значительном удалении от населенных пунктов линейная часть магистрального нефтепровода «Заполярье – Пурпе» составляет более пятисот километров и включает технологические площадки и узлы, не требующие постоянного или вахтового технического обслуживания и присутствия персонала.

В схожих условиях малонаселенной местности располагаются и магистральные нефтепроводы «Куюмба-Тайшет», участки магистральных нефтепроводов трубопроводной системы «Восточная Сибирь - Тихий Океан».

Как говорится, «сколько людей – столько мнений». Отсутствие четкого определения приводит к различному пониманию и толкованию определения зоны действия ЛСО. Единственный ответ можно найти в пункте 3.2 Методических рекомендаций по созданию и реконструкции систем оповещения населения¹¹ «...перед разработкой технического задания на создание локальной системы оповещения определяется зона действия локальной системы оповещения на основании данных декларации промышленной безопасности (паспорта безопасности) объекта».

В соответствии с законодательством Российской Федерации устанавливаются охранные зоны трубопроводов, в границах которых запрещается производить действия, которые могут нарушить нормальную их эксплуатацию, а также размещать здания, строения и сооружения. Однако линейная часть магистрального трубопроводного транспорта может пересекать железнодорожные пути и автомобильные дороги, проходить вблизи от населенных пунктов, промышленных и сельскохозяйственных объектов, на которых может находиться население. Поэтому при проектировании и строительстве необходимо конкретизировать участки линейной части магистральных трубопроводов, на которых требуется создавать локальные системы оповеще-

⁹ Приказ МЧС России и Минцифры России от 31 июля 2020 года № 578/365 «Об утверждении Положения о системах оповещения населения» [Электронный ресурс]. <https://docs.cntd.ru/document/565649076> (дата обращения 31.01.2022).

¹⁰ Методические рекомендации по созданию и реконструкции систем оповещения населения, МЧС России, 2021 г. МЧС России, 2021 год, 110 стр., [Электронный ресурс]. <https://www.mchs.gov.ru/dokumenty/5174> (дата обращения 31.01.2022).

¹¹ ГОСТ Р 52104–2003 Ресурсосбережение. Термины и определения [Электронный ресурс]. <https://internet-law.ru/gosts/gost/5943/> (дата обращения 02.02.2022).

ния, но исключать полностью создание локальных систем оповещения на объектах трубопроводного транспорта нецелесообразно.

В настоящее время в районах размещения ОПО проживает более 13 миллионов человек и только 76 % из них оповещаются средствами ЛСО¹², работа по созданию ЛСО не закончена. В кратчайшее время необходима разработка нормативного акта, в котором будут

установлены конкретные требования к зонам локальной системы оповещения для каждой категории опасных производственных объектов I и II классов опасности, особо радиационно опасных и ядерно опасных производствах и объектах, на гидротехнических сооружениях чрезвычайно высокой опасности и гидротехнических сооружениях высокой опасности.

Леонова Елена Михайловна
ВНИИ ГОЧС (ФЦ),
Российская Федерация, г. Москва
старший научный сотрудник
E-mail: elenaleon@mail.ru
Leonova Elena Mihailovna
VNIIGOCHS (FC)
Russian Federation, Moscow
senior lecturer
E-mail elenaleon@mail.ru

Леонова Алла Николаевна
ВНИИ ГОЧС (ФЦ),
Российская Федерация, г. Москва
младший научный сотрудник
E-mail: all_leo@mail.ru
Leonova Alla Nikolaevna
VNIIGOCHS (FC)
Russian Federation, Moscow
senior lecturer
E-mail: all_leo@mail.ru

¹² Государственный доклад о состоянии защиты населения и территорий Российской Федерации от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера за 2020 год, МЧС России, 2020 г. [Электронный ресурс]. <https://www.mchs.gov.ru/dokumenty/5304> (дата обращения 10.02.2022).

УДК 614.84

ЗАВИСИМОСТЬ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПОСЛЕДСТВИЙ ПОЖАРОВ ОТ РАССТОЯНИЯ ДО МЕСТА ПОЖАРА

**В. А. МАШТАКОВ, Т. А. ШАВЫРИНА, Е. В. БОБРИНЕВ,
Е. Ю. УДАВЦОВА, А. А. КОНДАШОВ**

Федеральное государственное бюджетное учреждение «Всероссийский ордена «Знак Почета» научно-исследовательский институт противопожарной обороны» МЧС России
Российская Федерация, Московская область, г. Балашиха
E-mail: otdel_1_3@mail.ru, shavyrina@list.ru

В представленной работе проведено изучение некоторых показателей последствий пожаров и показателей оперативного реагирования на пожары подразделениями пожарной охраны в различных климатических и ландшафтных условиях по 10 субъектам Российской Федерации за период 2019-2021 гг. Показано, что меньше всего погибает людей в расчете на 1 пожар при пожарах, и больше всего спасено людей при пожарах на объектах защиты, расположенных в менее чем 1 км от места дислокации подразделений пожарной охраны. Для оценки вероятности выживания людей, оказавшихся в зоне воздействия опасных факторов пожара, использовано соотношение «доля травмированных при пожарах людей от общего количества травмированных и погибших при пожарах людей».

Ключевые слова: пожар, город, время прибытия, погибшие, травмированные, спасенные.

DEPENDENCE OF INDICATORS OF THE CONSEQUENCES OF FIRES ON THE DISTANCE TO THE PLACE OF FIRE

**V. A. MASHTAKOV, T. A. SHAVYRINA, E. V. BOBRINEV,
E. Yu. UDAVTSOVA, A. A. KONDASHOV**

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»
Russian Federation, Moscow region, Balashikha
E-mail: otdel_1_3@mail.ru, shavyrina@list.ru

In the presented work we study of some indicators of rapid response to fires by fire protection units in various climatic and landscape conditions in 10 subjects of the Russian Federation for the period 2019-2021 was carried out. It is shown that the least people die per 1 fire during fires, and the most people are saved during fires at protection facilities located less than 1 km from the location of fire protection units. To assess the probability of survival of people caught in the zone of exposure to fire hazards, the ratio «the proportion of people injured in fires from the total number of people injured and killed in fires» was used

Keywords: fire, city, arrival time, dead, injured, rescued.

Технический регламент о требованиях пожарной безопасности¹ устанавливает, что дислокация подразделений пожарной охраны на территориях городских поселений и округов определяется исходя из условия, что время прибытия первого подразделения

к месту вызова не должно превышать 10 минут (далее – нормативное значение). Наибольшее количество пожаров в Российской Федерации происходят в городах. Изучению показателей реагирования подразделений пожарной охраны и последствий пожаров посвящено ряд научно-исследовательских работ [1–4]. Однако, не все факторы, влияющие на показатели последствий пожаров, полностью изучены.

В настоящей работе проведено изучение параметров оперативного реагирования пожарно-спасательных подразделений

© Маштаков В. А., Шавырина Т. А., Бобринев Е. В., Удавцова Е. Ю., Кондашов А. А., 2022

¹ Федеральный закон от 22.07.2008 № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности».

(среднее время следования к месту вызова; доля выездов, для которых время прибытия первого пожарно-спасательного подразделения превышает нормативное значение), а также последствий пожаров. Для анализа использована статистическая информация федеральной государственной информационной системы «Федеральный банк данных «Пожары», который ежегодно формируется, согласно приказу МЧС России от 24.12.2018 № 625 «О формировании электронных баз данных учета пожаров и их последствий»². Рассматривались данные по пожарам в городах Российской Федерации. В выборке - города 10 субъектов Российской Федерации,

находящиеся в различных ландшафтных и климатических условиях за период 2019–2021 гг.: Ямало-Ненецкий автономный округ, Краснодарский край, Красноярский край, Приморский край, Нижегородская область, Московская область, Мурманская область, Свердловская область, Республика Бурятия и Республика Дагестан. Для сравнения рассматриваемых параметров все объекты защиты, на которых возникали пожары, сгруппированы в зависимости от расстояния до места дислокации подразделений пожарной охраны: до 1 км; от 1 до 2 км, от 2 до 3 км, от 3 до 5 км, от 5 до 10 км и свыше 10 км.

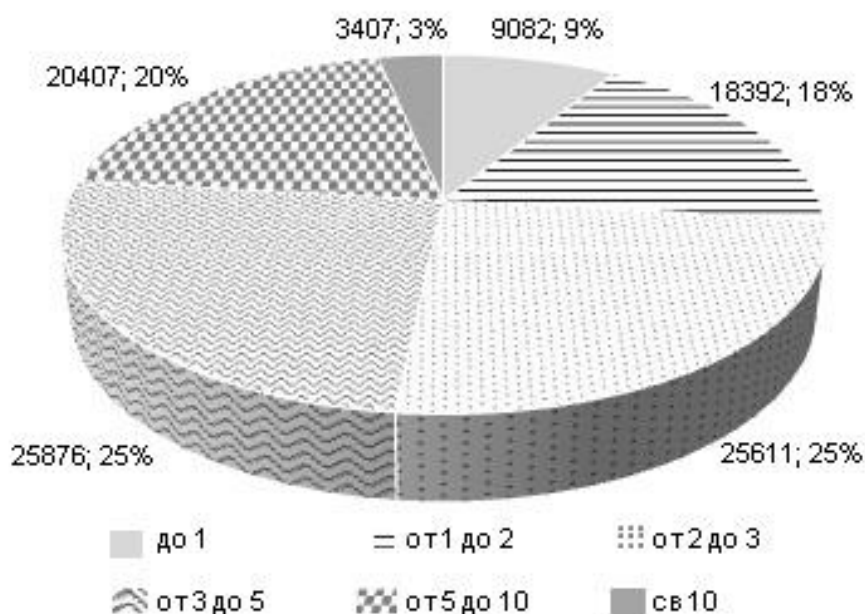


Рис. 1. Распределение количества пожаров по объектам защиты, находящимся на различном расстоянии (км) от мест дислокации подразделений пожарной охраны

На рис. 1 представлено соотношение количества пожаров на объектах защиты, находящихся на различном расстоянии от мест дислокации подразделений пожарной охраны.

Как видно из рис. 1, при тушении 77 % пожаров на объектах защиты, подразделениям пожарной охраны приходилось преодолевать расстояние менее 5 км до места пожара.

На рис. 2 представлены значения среднего времени следования от места дислокации подразделений пожарной охраны до места пожара для разных групп объектов защиты.

Как видно из рис. 2, среднее время следования от места дислокации подразделений пожарной охраны до места пожара не превышает нормативное значение только для объектов защиты, расположенных не далее 10 км от места дислокации подразделений пожарной охраны.

²Приказ МЧС России от 24.12.2018 № 625 «О формировании электронных баз данных учета пожаров и их последствий». [Электронный ресурс]. <http://docs.cntd.ru/document/552366056> (дата обращения: 23.08.2021).

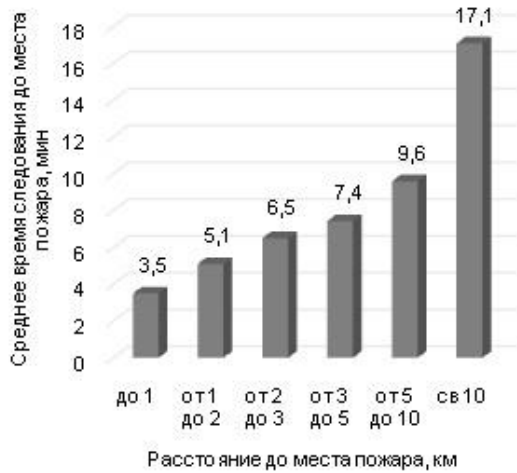


Рис. 2. Соотношения среднего времени следования от места дислокации подразделений пожарной охраны до места пожара для разных групп объектов защиты

На рис. 3 представлены значения доли выездов на пожары, время следования которых превышало нормативное значение, для разных групп объектов защиты.

Для объектов защиты, расположенных далее 10 км от места дислокации подразделений пожарной охраны, зафиксировано в случае пожара 47,4 % выездов подразделений пожарной охраны, время следования которых не превышало нормативное значение.

На рис. 4 представлены средние значения количества погибших людей в расчете на 1 пожар для разных групп объектов защиты.

Как видно из рис. 4, наблюдается рост количества погибших людей в расчете на 1 пожар в случае увеличения расстояния до места дислокации подразделений пожарной охраны до 3 км, с последующим снижением этого показателя при расстоянии от 3 до 10 км, и увеличение практически в 2 раза риска гибели людей при пожарах в случае возникновения пожара для группы объектов защиты, находящихся более чем в 10 км от места дислокации подразделений пожарной охраны. Чтобы объяснить причины такой динамики, следует рассмотреть другой показатель – среднее количество пострадавших людей при пожарах (погибших и травмированных), который в некоторой степени характеризует количество людей, оказавшихся в зоне воздействия опасных факторов пожара. Эти данные представлены на рис. 5.

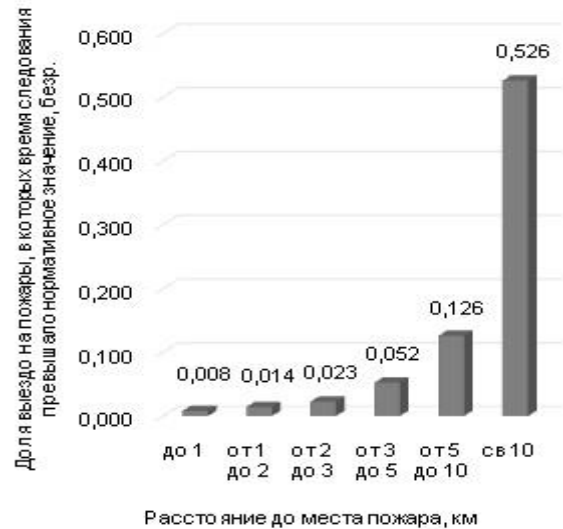


Рис. 3. Соотношения долей выездов на пожары, время следования которых превышало нормативное значение для разных групп объектов защиты

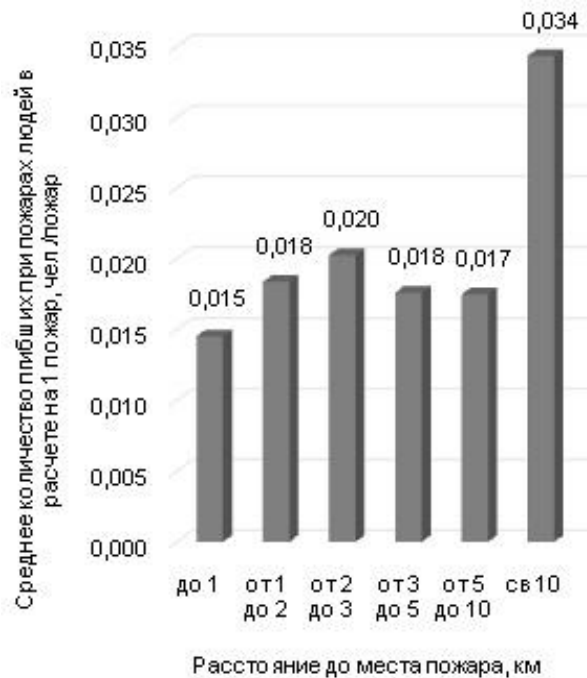


Рис. 4. Соотношения средних значений количества погибших людей при пожарах в расчете на 1 пожар для разных групп объектов защиты

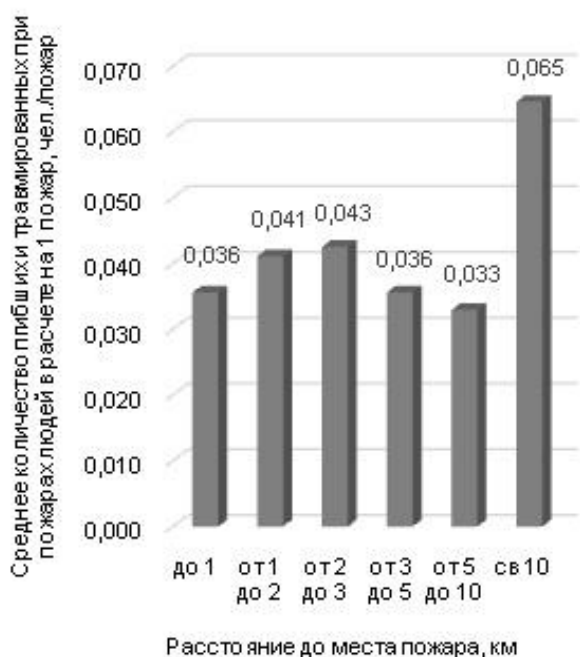


Рис. 5. Соотношения средних значений количества погибших и травмированных людей при пожарах в расчете на 1 пожар для разных групп объектов защиты

По-видимому, на расстоянии свыше 3 км от места дислокации подразделений пожарной охраны в ряде городов рассматриваемой выборки начинают проявляться с меньшей плотностью населения, поэтому наблюдается снижение количества людей, оказавшихся в зоне воздействия опасных факторов пожара, а на расстоянии свыше 10 км пожар успевает до приезда подразделения пожарной охраны охватить большую площадь, что приводит к увеличению количества людей, оказавшихся в зоне воздействия опасных факторов пожара, и, соответственно, количества погибших людей в расчете на 1 пожар.

На рис. 6 представлены соотношения доли травмированных при пожарах людей от общего количества травмированных и погибших людей при пожарах для разных групп объектов защиты. Данный показатель оценивает вероятность выживания людей, оказавшихся в зоне воздействия опасных факторов пожара, и характеризует величину факторов пожарной опасности. Большие значения этого показателя могут свидетельствовать либо о снижении пожарной опасности — нанесенный вред здоровью не приводит к гибели по-

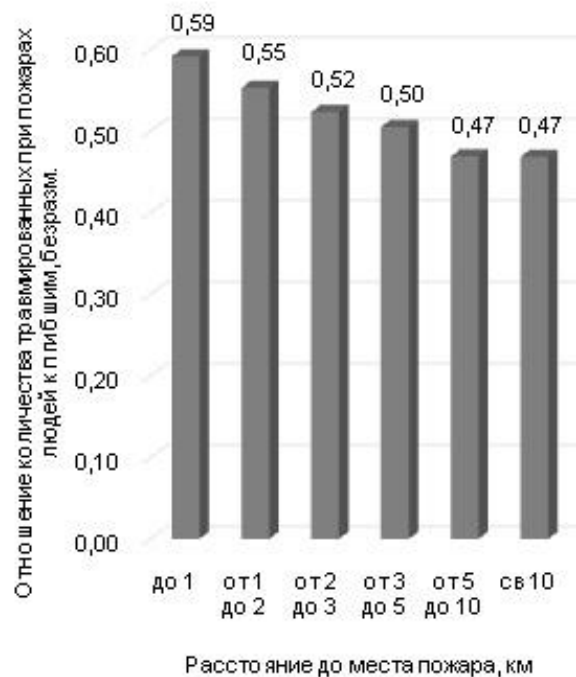


Рис. 6. Соотношения доли травмированных при пожарах людей от общего количества травмированных и погибших людей при пожарах для разных групп объектов защиты

страдавших, либо об увеличении эффективности деятельности сил и средств пожарной охраны, нейтрализующих опасные факторы [5].

Как видно из рис. 6, наибольшей величины факторы пожарной опасности достигают при пожарах на объектах защиты, находящихся более чем в 5 км от места дислокации подразделений пожарной охраны — только 47 % людей, оказавшихся в зоне воздействия опасных факторов пожара, выживают. Тогда как на объектах защиты, находящихся менее чем в 1 км от места дислокации подразделений пожарной охраны, выживают 59 % людей, оказавшихся в зоне воздействия опасных факторов пожара.

На рис. 7 представлены значения доли спасенных людей при пожарах от общего количества спасенных и погибших людей при пожарах для разных групп объектов защиты. Данный показатель оценивает эффективность деятельности подразделений пожарной охраны по спасению людей [6].

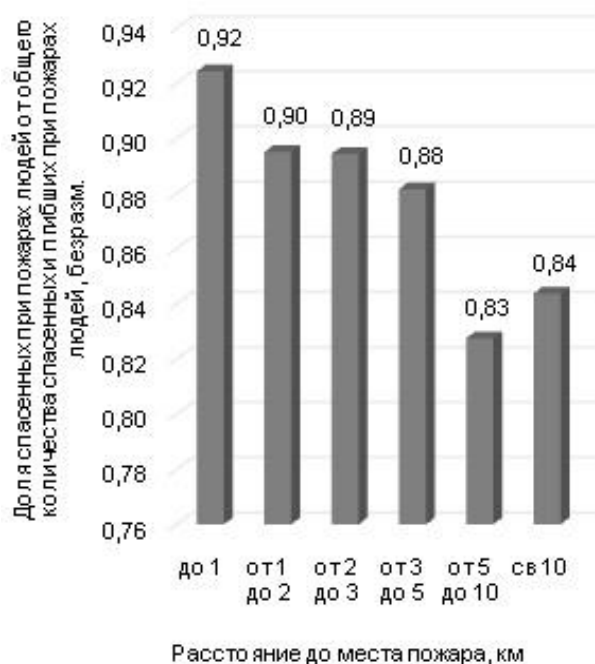


Рис. 7. Соотношения доли спасенных людей при пожарах от общего количества спасенных и погибших людей при пожарах для разных групп объектов защиты

Список литературы

1. Прошина О. М. Анализ статистических данных о пожарах и чрезвычайных ситуациях в образовательных комплексах крупных городов Российской Федерации // Пожарная безопасность: проблемы и перспективы. 2018. Т. 1. № 9. С. 761–764.

2. Влияние факторов, способствующих гибели и травмированию людей при пожарах, на последствия пожаров в городах и сельской местности / В. В. Харин, Е. В. Бобринев, Е. Ю. Удавцова [и др.] // Сибирский пожарно-спасательный вестник. 2019. № 2 (13). С. 23–27.

3. Анализ обстановки с пожарами в городах и сельской местности субъектов Российской Федерации / Н. Н. Брушлинский, Е. А. Клепко, С. Ю. Попков [и др.] // Пожары и чрезвычайные ситуации: предотвращение, ликвидация. 2009. № 1. С. 92–99.

4. Сравнительный анализ показателей оперативного реагирования подразделений различных видов пожарной охраны / В. В. Харин, Е. В. Бобринев, Е. Ю. Удавцова [и др.] // Сибирский пожарно-спасательный вестник. 2019. № 2 (13). С. 54–58.

Как видно из рис. 7, на объектах защиты, расположенных в менее чем 1 км от места дислокации подразделений пожарной охраны, подразделения пожарной охраны успевают спасти 92 % людей, оказавшихся в области воздействия опасных факторов пожара, тогда как на объектах защиты, расположенных далее чем 5 км от места дислокации подразделений пожарной охраны, подразделения пожарной охраны спасают только 83 % людей.

Таким образом, анализ статистических данных позволил выявить различия в показателях оперативного реагирования подразделений пожарной охраны для групп объектов защиты, находящихся на разном расстоянии от места дислокации подразделений пожарной охраны, и необходимости строительства новых пожарных депо и коррекции в определении районов выезда подразделений пожарной охраны на территории городов с целью снижения доли выездов на пожары, время следования в которых превышает нормативное значение, а также снижения количества погибших при пожарах людей.

5. Соотношение числа травмированных и погибших как показатель опасности последствий пожара / В. В. Харин, А. А. Порошин, Е. Ю. Удавцова [и др.] // Актуальные проблемы пожарной безопасности: сборник материалов XXXI Международной научно-практической конференции. М. 2019. С. 568–571.

6. Научно-методические подходы к оценке эффективности спасения людей на пожарах пожарно-спасательными подразделениями / А. А. Порошин, В. В. Харин, Е. В. Бобринев [и др.] // Современные проблемы гражданской защиты. 2019. № 2. С. 18–24.

References

1. Proshina O. M. Analiz statisticheskikh dannyh o pozharah i chrezvychajnyh situacijah v obrazovatel'nyh kompleksah krupnyh gorodov Rossijskoj Federacii [The analysis of statistical data on fires and emergency situations in the educational complexes in major cities of the Russian Federation]. *Pozharnaja bezopasnost': problemy i perspektivy*, 2018, vol. 1, issue 9, pp. 761–764 (in Russ.).

2. Vlijanie faktorov, sposobstvujushhikh gibeli i travmirovaniyu ljudej pri pozharah, na posledstvija pozharov v gorodah i sel'skoj mestnosti [Impact of factors contributing to the death and injury of people in fires on the effects of fires in cities and rural areas] / V. V. Harin, E. V. Bobrinev, E. Ju. Udavcova [et al]. *Sibirskij pozharo-spasatel'nyj vestnik*, 2019, vol. 2(13), pp. 23–27 (in Russ.).

3. Analiz obstanovki s pozharami v gorodah i sel'skoj mestnosti sub»ektov Rossijskoj Federacii [Fire situation analysis in urban and rural areas of Russia] / N. N. Brushlinskij, E. A. Klepko, S. Ju. Popkov [et al]. *Pozhary i chrezvychajnye situacii: predotvrashhenie, likvidacija*, 2009, issue 1, pp. 92–99 (in Russ.).

4. Sravnitel'nyj analiz pokazatelej operativnogo reagirovanija podrazdelenij razlichnyh vidov pozharnoj ohrany [Comparative analysis of indicators of rapid response units of different types of fire protection] / V. V. Harin,

E. V. Bobrinev, E. Ju. Udavcova [et al]. *Sibirskij pozharo-spasatel'nyj vestnik*, 2019, vol. 2(13), pp. 54–58 (in Russ.).

5. Sootnoshenie chisla travmirovannyh i pogibshih kak pokazatel' opasnosti posledstvij pozhara [The ratio of the number of injured and dead as an indicator of the danger of fire consequences] / V. V. Harin, A. A. Poroshin, E. Ju. Udavcova [et al]. *Aktual'nye problemy pozharnoj bezopasnosti: sbornik materialov XXXI Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii*, M., 2019, pp. 568–571 (in Russ.).

6. Nauchno-metodicheskie podhody k ocenke jeffektivnosti spasenija ljudej na pozharah pozharo-spasatel'nymi podrazdelenijami [Scientific-methodical approaches to the evaluation of the effectiveness of salvation of people in fires fire and rescue departments] / A. A. Poroshin, V. V. Harin, E. V. Bobrinev [et al]. *Sovremennye problemy grazhdanskoj zashhity*, 2019, issue 2, pp. 18–24 (in Russ.).

Маштакoв Владислав Александрoвич

ФГБУ ВНИИПО МЧС России,

Российская Федерация, Московская область, г. Балашиха

Заместитель начальника отдела 1.3 - начальник сектора 1.3.1 НИЦ ОУП ПБ

E-mail: otdel_1_3@mail.ru

Mashtakov Vladislav Aleksandrovich

The Badge of Honour Federal State Budgetary Establishment All-Russian Research Institute for Fire Protection of the Ministry of the Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters» (FGBU VNIIPPO EMERCOM of Russia)

Russian Federation, Moscow region, Balashikha

Deputy head of Department

E-mail: otdel_1_3@mail.ru

Шавырина Татьяна Александрoвна

Отдел 1.3 НИЦ ОУП ПБ ФГБУ ВНИИПО МЧС России,

Российская Федерация, Московская область, г. Балашиха

кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник отдела 1.3

E-mail: shavyrina@list.ru

Shavyrina Tatyana Aleksandrovna

The Badge of Honour Federal State Budgetary Establishment All-Russian Research Institute for Fire Protection of the Ministry of the Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters» (FGBU VNIIPPO EMERCOM of Russia)

Russian Federation, Moscow region, Balashikha

candidate of Engineering sciences, Leading Researcher

E-mail: shavyrina@list.ru

Бобринев Евгений Васильевич

ФГБУ ВНИИПО МЧС России,

Российская Федерация, Московская область, г. Балашиха

кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник отдела 1.3 НИЦ ОУП ПБ

E-mail: otdel_1_3@mail.ru

Bobrinev Evgeny Vasil'yevich

The Badge of Honour Federal State Budgetary Establishment All-Russian Research Institute for Fire Protection of the Ministry of the Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters» (FGBU VNIPO EMERCOM of Russia)

Russian Federation, Moscow region, Balashikha

candidate of Biological sciences, Leading Researcher

E-mail: otdel_1_3@mail.ru

Удавцова Елена Юрьевна

ФГБУ ВНИИПО МЧС России,

Российская Федерация, Московская область, г. Балашиха

кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник отдела 1.3 НИЦ ОУП ПБ

E-mail: otdel_1_3@mail.ru

Udavtsova Elena Yurievna

The Badge of Honour Federal State Budgetary Establishment All-Russian Research Institute for Fire Protection of the Ministry of the Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters» (FGBU VNIPO EMERCOM of Russia)

Russian Federation, Moscow region, Balashikha

candidate of Engineering sciences, Leading Researcher

E-mail: otdel_1_3@mail.ru

Кондашов Андрей Александрович

ФГБУ ВНИИПО МЧС России,

Российская Федерация, Московская область, г. Балашиха

кандидат физико-математических наук, ведущий научный сотрудник отдела 1.3 НИЦ ОУП ПБ

E-mail: otdel_1_3@mail.ru

Kondashov Andrey Alexandrovich

The Badge of Honour Federal State Budgetary Establishment All-Russian Research Institute for Fire Protection of the Ministry of the Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters» (FGBU VNIPO EMERCOM of Russia)

Russian Federation, Moscow region, Balashikha

candidate of Physical and Mathematical sciences, Leading Researcher

E-mail: otdel_1_3@mail.ru

УДК 614.841

ЭКОНОМИЧЕСКИ ОБОСНОВАННЫЙ СПОСОБ СНИЖЕНИЯ ПОЖАРНОЙ И ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ОПАСНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ПРОИЗВОДСТВА МУКИ

**А. П. ПАРШИНА, И. А. ИВАНОВА, Д. В. КАРГАШИЛОВ,
Т. С. КУЛЬКОВА, К. А. ОЛЕЙНИКОВА**

Воронежский государственный технический университет,
Российская Федерация, г. Воронеж

E-mail: parshina@vgasu.vrn.ru, ivanova-eco@mail.ru, kargashil@mail.ru,
tanya.tishkina2017@yandex.ru, karina.oleinickowa@yandex.ru

В статье представлено экономическое обоснование способа снижения пожарной и экологической опасности технологического процесса производства муки, которым является уборка производственных помещений. Для обоснования проведены расчеты и построены зависимости показывающие снижение избыточного давления взрыва, при равных условиях производства, зависящие от вида и периодичности уборки помещения. Проанализированы затраты связанные с ликвидацией последствий взрыва, восстановление работоспособности производства и экологическим ущербом, а также затраты на уборку помещений. Данные представленные в статье могут быть полезны для руководителей предприятий с технологическими процессами, в которых обращаются или выделяются горючие пыли.

Ключевые слова: взрывопожароопасные свойства, пыль, авария, пожарная опасность, экологическая опасность, загрязнение, ущерб, технологический процесс.

ECONOMICALLY JUSTIFIED WAY TO REDUCE THE FIRE AND ENVIRONMENTAL HAZARD OF THE TECHNOLOGICAL PROCESS OF PRODUCTION OF FLOUR

**A. P. PARSHINA, I. A. IVANOVA, D. V. KARGASHILOV,
T. S. KULKOVA, K. A. OLEINIKOVA**

Voronezh State Technical University,
Russian Federation, Voronezh

E-mail: E-mail: parshina@vgasu.vrn.ru, ivanova-eco@mail.ru, kargashil@mail.ru,
tanya.tishkina2017@yandex.ru, karina.oleinickowa@yandex.ru

The article presents the economic substantiation of a method for reducing the fire and environmental hazard of the technological process of flour production, which is the cleaning of industrial premises. To substantiate, calculations were carried out and dependencies were built showing a decrease in the overpressure of the explosion, under equal production conditions, depending on the type and frequency of cleaning the premises. The costs associated with the elimination of the consequences of the explosion, the restoration of production efficiency and environmental damage, as well as the costs of cleaning the premises are analyzed. The data presented in the article can be useful for managers of enterprises with technological processes in which flammable dust is handled or emitted.

Key words: explosion and fire hazard properties, dust, accident, fire hazard, environmental hazard, pollution, damage, technological process.

Пожарная опасность производственных объектов характеризуется возможностью взаимодействия трех материальных объектов, без которых возникновение горения невозмож-

но (источник зажигания, горючая среда, окислитель).

Многие технологические процессы сопровождаются выделением тепла, которое может стать источником зажигания. Исключение таких источников противоречит сущности

методики производства и без них течение технологического процесса не возможно¹.

Исключение возможности воздействия окислителя тоже не представляется возможным, так как большинство реальных пожаров протекает при воздействии кислорода атмосферного воздуха.

Из вышесказанного следует, что для большинства производственных объектов единственным способом снижения пожарной опасности является исключением возможности образования горючей среды. Технологические процессы, обладающие наибольшей степенью пожарной опасности, как правило, связаны с обращением горючих жидкостей и горючих пылей.

Твердые вещества могут иметь различный уровень горючести, в том числе относиться к группе негорючих. Но в измельченном виде даже некоторые негорючие вещества способны не только гореть, но и взрываться. При определении взрывопожароопасности производств оценивается значение расчетного избыточного давления взрыва. При этом используется следующая формула:

$$\Delta P = \frac{m \cdot Z \cdot H_T \cdot P_o}{V_{св} \cdot g_B \cdot C_p \cdot T_o} \cdot \frac{1}{K_n}, \quad (1)$$

где m – масса горючего, кг; Z – коэффициент, характеризующий степень участия горючего вещества во взрыве, который определяется расчетом или в соответствии с характеристикой вещества из таблицы; H_T – теплота, выделяемая или поглощаемая при сгорании заданного вещества, Дж/кг; P_o – значение давления до возникновения горения, кПа; $V_{св}$ – объем внутри ограждающих конструкций, не занятый оборудованием, м³; g_B – значение плотности газа в объеме помещения при начальной температуре, кг/м³; C_p – значение теплоемкости газа в объеме помещения, Дж/(кгК); T_o – температура воздуха в помещении до возникновения горения, К; K_n – коэффициент, характеризующий негерметичность помещения.

Из данной формулы видно, что значение избыточного давления взрыва зависит от массы горючих веществ, способных участвовать во взрыве. Для пыли данное значение определяется следующим образом:

$$m = \min \left\{ \begin{array}{l} m_{B3} + m_{AB} \\ \rho_{CT} V_{AB} \end{array} \right., \quad (2)$$

m_{B3} – расчетное значение массы взвихревшейся пыли в объеме помещения, кг; m_{AB} – расчетное значение массы пыли, которая поступит в объем помещения в результате аварии, кг; ρ_{CT} – стехиометрическая концентрация горючей пыли в аэровзвеси, кг/м³.

Принято принимать, что при определении степени пожарной опасности производств, происходит реализация наихудшего случая развития событий. Но при горении пылевоздушного облака, способного сгореть в том количестве кислорода, которое присутствует в его объеме, масса сгораемой пыли будет ограничена содержанием кислорода в облаке и значением $\rho_{CT} \cdot V_{AB}$ [1]. Для решения вопросов обеспечения пожарной безопасности такой прием может быть применен, но так как в данной работе целью является оценка ущерба как от взрыва, так и экологического, следовательно, целесообразнее принимать массу пыли по выражению $m_{B3} + m_{AB}$.

Масса пыли, которая отложена на поверхностях и может перейти во взвихрившееся состояние в результате аварии определяется как произведение коэффициента, который характеризует долю отложенной пыли, которая обладает способностью переходить во взвешенное состояние и массы этой пыли на момент аварии. Для определения массы пыли, отложенной вблизи аппарата, используют формулу:

$$m_n = \frac{K_n}{K_y} (m_1 + m_2), \quad (3)$$

K_n – коэффициент, характеризующий негерметичность помещения; K_y – коэффициент эффективности пылеуборки; m_1 – масса пыли, оседающей на труднодоступных для уборки поверхностях в помещении за период времени между генеральными уборками, кг; m_2 – масса пыли, оседающей на доступных для уборки поверхностях в помещении за период времени между текущими уборками, кг.

Данная формула описывает зависимость количества пыли от значений характеризующих: соотношение пыли, обладающей горючими свойствами к общей массе отложившейся пыли, в составе которой может присутствовать пыль разных групп горючести, в том числе и негорючая; эффективность удаления пыли в рамках уборки; количество пыли кото-

¹ ГОСТ Р 12.3.047-2012 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Пожарная безопасность технологических процессов. Общие требования. Методы контроля.

рое будет накапливаться на различных поверхностях за период времени, который прошел между уборками помещений (текущими и генеральными).

Следовательно, значительное влияние на взрывопожарноопасность производств оказывает периодичность и эффективность уборки помещений. Целью данного исследования является определение периода времени уборок производственных помещений, отвечающего требованиям экономической целесообразности внедрения, а также снижению загрязнения окружающей среды и пожарной опасности производств.

Согласно статистике в Воронежской области на первом месте находится выращивание и переработка подсолнечника, второе место занимает сахарная свекла, а на третьей позиции находятся зерновые культуры. При этом располагаются производственные объекты мукомольного назначения практически в каждом районном центре.

Мукомольное производство и хлебопродуктовая промышленность имеют особую стратегическую значимость. Количество взрывов при этом на 100 предприятий за период времени 10 лет на мукомольных заводах составила 17 %. В то же время по тяжести негативных последствий взрыва мукомольные заводы находятся на 2 месте и их количество составляет 40 % от всех взрывов на различных производствах переработки зерновых культур. В качестве примера рассмотрено здание мельницы, которое имеет геометрические размеры 45x120x7м. Количество персонала занятого на производстве муки в одной смене составляет 15 человек. В некоторых случаях, в непосредственной близости от объектов хранения и переработке зерна, расположены жилые и общественные здания. Взрывопожароопасные свойства пшеничной муки представлены на рис. 1 [2].

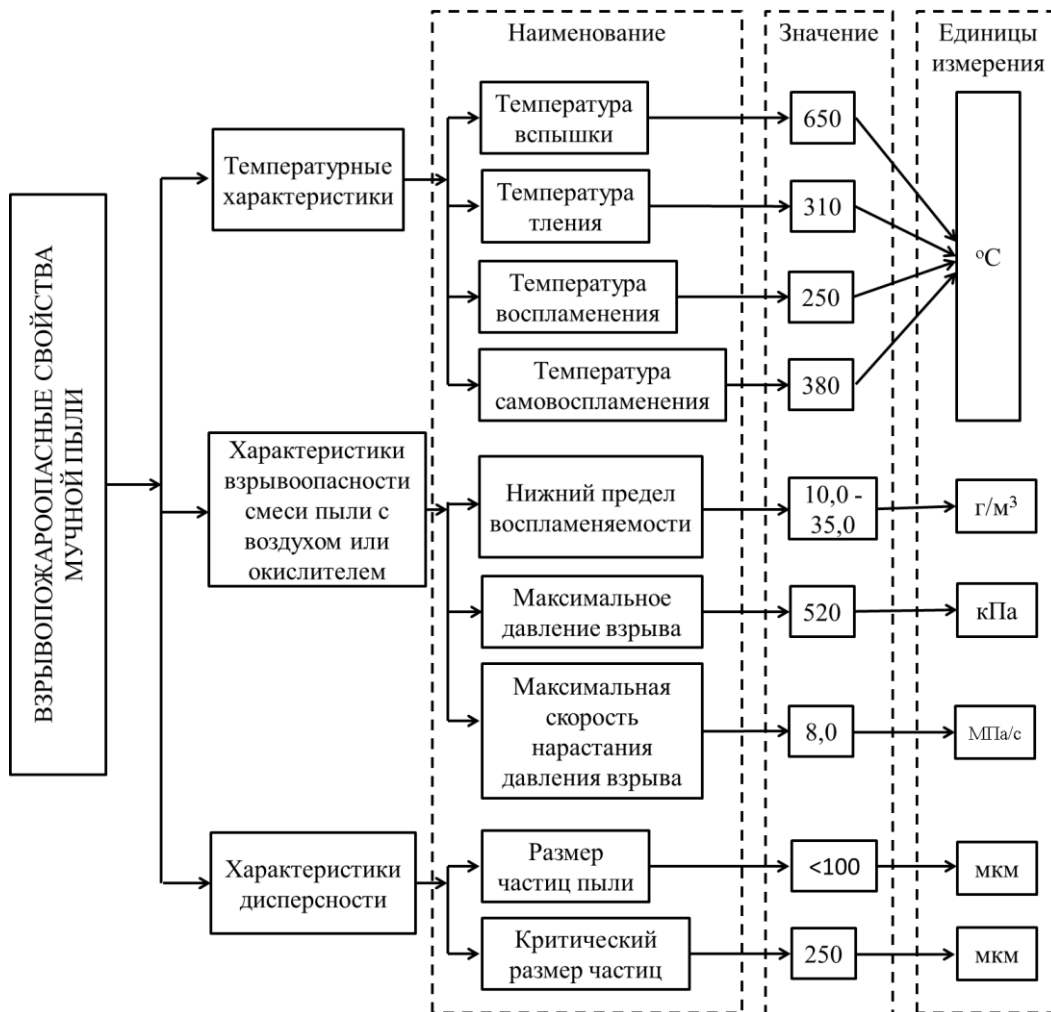


Рис. 1. Взрывопожароопасные свойства мучной пыли

Мельница представляет собой комплекс изолированных от объема производственных помещений аппаратов и транспортных трубопроводов. При этом в системе одновременно может находиться 170 тонн муки. Наиболее пы-

лящим участком мукомольного производства является отделение фасовки муки.

Исходя из данных, было определено влияние периодичности и видов пылеуборки муки на величину расчетного избыточного давления взрыва, которые показаны на рис. 2 и 3.

Динамика расчетных значений избыточного давления взрыва в зависимости от периодичности пылеуборок

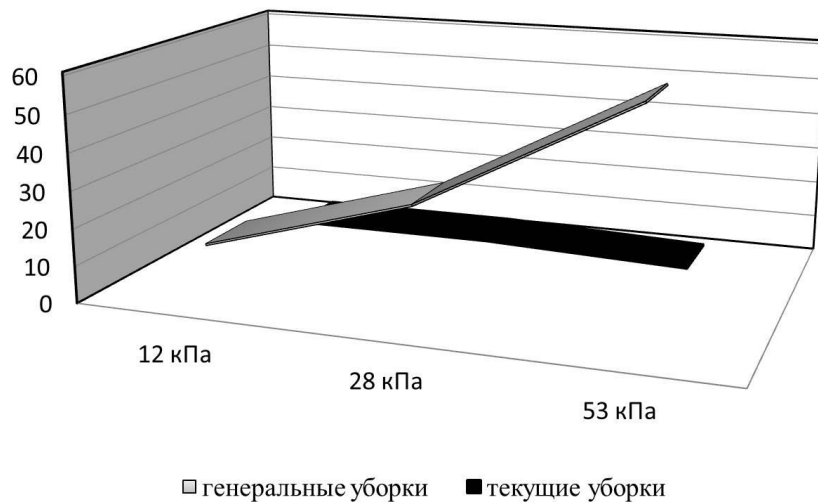


Рис. 2. График, описывающий динамику расчетных значений избыточного давления взрыва в зависимости от периодичности пылеуборок

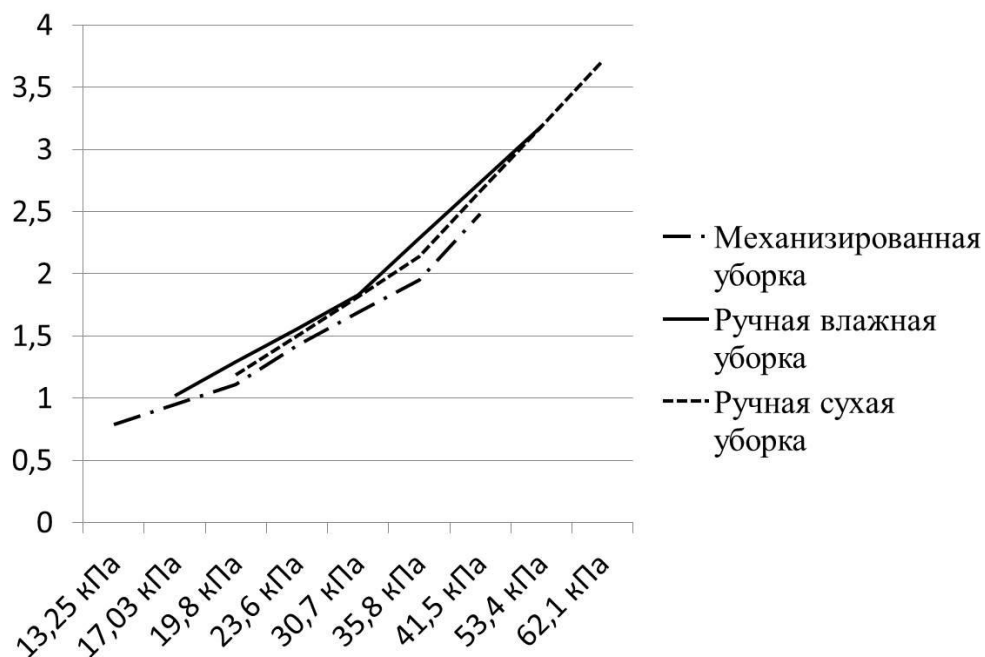


Рис. 3. График, описывающий динамику пылеотложений при использовании различных методов уборки пыли

Исходя из расчетных данных, можно сделать вывод, что периодичность текущих уборок значительного влияния на величину избыточного давления взрыва не оказывает. Но при этом значение расчетного избыточного давления взрыва значительно нарастает в результате увеличения количества пылеотложений, что в свою очередь, обусловлено снижением периодичности генеральных уборок за расчетный период времени. В итоге это может привести к частичному или полному разрушению здания и повреждению оборудования, а также выбросу большого количества пыли в окружающую среду в результате взрыва².

Кроме участия во взрыве, мучная пыль представляет опасность загрязнения окружающей среды. При нормальном течении технологического процесса уровень загрязнения окружающей среды сводится к минимуму ввиду использования различных пылеулавливающих технических средств, но в результате взрыва пыль, которая не сгорит, будет выброшена в атмосферу окружающего воздуха.

Так как мука представляет собой органическую мелкодисперсную пыль, то ее попадание в атмосферный воздух приводит к распространению бактериальных и грибковых заболеваний у людей и животных. Это обусловлено составом муки, которая служит питательной средой для бактерий и грибов. В пшеничной муке содержится значительное количество крахмала, который сам по себе является полисахаридом и служит источником энергии для микроорганизмов [3].

Водные ресурсы тоже загрязняются мучной пылью. В результате этого гибнут живые организмы, обитающие в водоемах, снижается качество питьевой воды.

Следовательно, можно сделать вывод, что разработка для каждого мукомольного производства оптимальных видов уборки и их периодов, позволит снизить избыточное давление взрыва, которое в свою очередь непосредственно влияет на экономический ущерб представляющий собой сумму различных видов ущерба, в том числе и экологического (рис. 4).

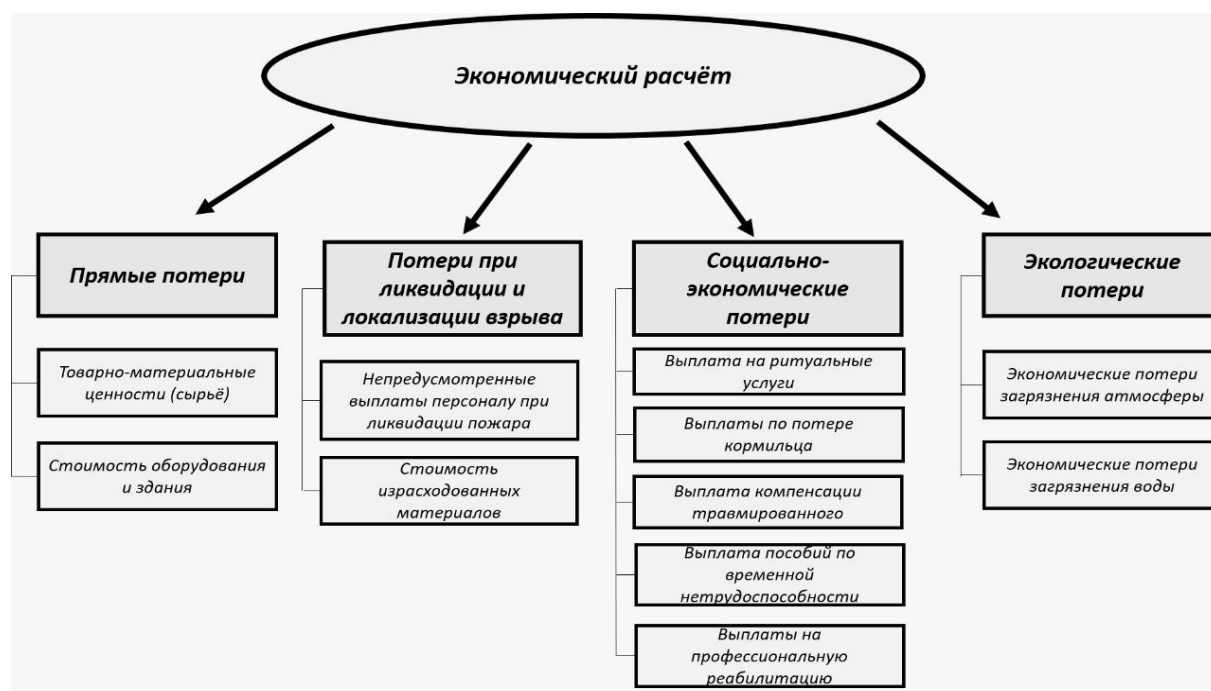


Рис. 4. Схема определения общего значения ущерба при взрыве

Результаты расчета ущерба при взрыве на производственном объекте, технологический процесс которого связан с обращением пшеничной муки, расположенного на террито-

рии Воронежской области представлены в таблице.

² СП 12.13130.2009 Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной опасности. М.: Типография ФГУ ВНИИПО МЧС России, 2009. 29 с.

Таблица. Результаты расчета экономического ущерба от взрыва³

Вид ущерба	Величина ущерба, руб
Прямые потери	202 500 00
Потери на ликвидацию последствий взрыва	525 000
Социально-экономические потери	19 047,619
Экологические потери	1427 639,7
Итого	14 371 287,3

Для оценки экономической эффективности генеральных пылеуборок в производственных помещениях 1 раз в 2 недели произведен анализ стоимости указанных услуг на территории Воронежской области. Были выделены 7 предложений организаций, предлагающих различные цены. В результате анализа определено, что средняя стоимость услуг составляет от 52,4 руб за квадратный метр. Исходя из этого стоимость одной уборки здания, которое имеет геометрические размеры 45x120 м, составляет от 282960 руб, соответственно в месяц затраты на уборку составят от 565920 руб. Следовательно, потери при взрыве на производстве значительно превышают

расходы на увеличение периодичности уборок. Значительно снизить затраты на уборку помещений возможно организацией генеральных уборок силами персонала предприятия.

Таким образом, разработка и унифицирование экологически и экономически рациональных организационно-технических мероприятий, направленных на обеспечение пожарной безопасности, на уровне предприятия, а также регионов, позволит значительно сократить количество аварийных ситуаций, которые приводят к гибели и травмированию персонала, занятого на производстве, экологическому и экономическому ущербу [4].

Список литературы

1. Пособие по применению СП 12.13130.2009 «Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности» / И. М. Смолин [и др.]. М.: ВНИИПО, 2014. 147 с.
2. Корольченко А. Я., Корольченко Д. А. Пожаровзрывопасность веществ и материалов и средства их тушения. Справочник: в 2-х ч. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Асс. «Пожнаука», 2004. Часть II. 774 с.
3. Донкова Н. В., Донков С. А. Зависимость степени осахаривания крахмала от стадии жизненного цикла амилолитических бактерий // Вестник КрасГАУ, 2015. № 6. С. 209–214
4. Головина Е. И., Иванова И. А., Манохин В. Я. Экологическая безопасность рабочей зоны литейных цехов машиностроительного производства / Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Физико-химические про-

блемы и высокие технологии строительного материаловедения. 2017. №1(14). С. 106–109.

References

1. *Posobiye po primeneniyu SP 12.13130.2009 «Opredeleniye kategoriy pomeshcheniy, zdaniy i naruzhnykh ustanovok po vzryvopozharnoy i pozharnoy opasnosti»* [Manual for the use of SP 12.13130.2009 «Determination of categories of premises, buildings and outdoor installations for explosion and fire hazard»] / I. M. Smolin [et al.]. M.: VNIIPPO, 2014, 147 p.
2. Korolchenko A. Ya., Korolchenko D. A. *Pozharovzryvopasnost' veshchestv i materialov i sredstva ikh tusheniya. Spravochnik: v 2-kh ch. 2-ye izd., pererab. i dop.* [Fire and explosion hazard of substances and materials and means of their extinguishing. Handbook: in 2 parts 2nd ed., Revised. and add.]. M.: Ass. Pozhnauka, 2004. Part II. P. 774
3. Donkova N. V., Donkov S. A. *Zavisimost' stepeni osakharivaniya krakhmala ot stadii zhiznennogo tsikla amiololiticheskikh bakteriy* [Dependence of the degree of saccharification of starch on the stage of the life cycle of amyololytic bacteria]. *Vestnik KrasGAU*, 2015, issue 6.

³ РД 03-496-02 Методические рекомендации по оценке ущерба от аварий на опасных производственных объектах. М., 2002.

4. Golovina E. I., Ivanova I. A., Manokhin V. Ya. Ekologicheskaya bezopasnost' rabochey zony liteynykh tsekhov mashinostroitel'nogo proizvodstva [Environmental safety of the working area of the foundries of machine-building production]. *Nauchnyy vestnik Voronezh-*

skogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Fiziko-khimicheskiye problemy i vysokiye tekhnologii stroitel'nogo materialovedeniya, 2017, vol. 1(14), pp. 106-109.

Паршина Анастасия Петровна

Воронежский государственный технический университет
Российская Федерация, г. Воронеж
Старший преподаватель
кафедры техносферной и пожарной безопасности
E-mail: parshina@vgasu.vrn.ru
Parshina Anastasia Petrovna
Voronezh State Technical University
Russian Federation, Voronezh
Senior Lecturer
Department of Technosphere and Fire Safety
E-mail: parshina@vgasu.vrn.ru

Иванова Ирина Александровна

Воронежский государственный технический университет
Российская Федерация, г. Воронеж
кандидат технических наук, доцент
кафедры техносферной и пожарной безопасности
E-mail: ivanova-eco@mail.ru
Ivanova Irina Alexandrovna
Voronezh State Technical University
Russian Federation, Voronezh
candidate of technical sciences, associate professor
Department of Technosphere and Fire Safety
E-mail: ivanova-eco@mail.ru

Каргашилов Дмитрий Валентинович

Воронежский государственный технический университет
Российская Федерация, г. Воронеж
кандидат технических наук, доцент
кафедры техносферной и пожарной безопасности
E-mail: kargashil@mail.ru
Kargashilov Dmitry Valentinovich
Voronezh State Technical University
Russian Federation, Voronezh
candidate of technical sciences, associate professor
Department of Technosphere and Fire Safety
E-mail: kargashil@mail.ru

Кулькова Татьяна Сергеевна

Воронежский государственный технический университет
Российская Федерация, г. Воронеж
магистрант кафедры техносферной и пожарной безопасности
E-mail: tanya.tishkina2017@yandex.ru
Kulkova Tatyana Sergeevna
Voronezh State Technical University
Russian Federation, Voronezh
undergraduate department of Technosphere and Fire Safety
E-mail: tanya.tishkina2017@yandex.ru

Олейникова Карина Андреевна

Воронежский государственный технический университет
Российская Федерация, г. Воронеж
магистрант кафедры техносферной и пожарной безопасности
E-mail: karina.oleinickowa@yandex.ru

Oleinikova Karina Andreevna

Voronezh State Technical University
Russian Federation, Voronezh
undergraduate department of Technosphere and Fire Safety
E-mail: karina.oleinickowa@yandex.ru

УДК 621.321

МОДЕЛИРОВАНИЕ АВАРИЙНЫХ РЕЖИМОВ ТРАНСФОРМАТОРНЫХ ПОДСТАНЦИЙ НА ОСНОВЕ ТЕХНОЛОГИИ ЦИФРОВЫХ ДВОЙНИКОВ ДЛЯ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ ТЕХНОГЕННЫХ АВАРИЙ

**К. В. СЕМЕНОВА¹, А. И. ТИХОНОВ², И. С. СНИТЬКО²,
А. В. ПОДОБНЫЙ², А. А. КАРЖЕВИН², Л. В. ШАРНИНА¹**

¹Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,

²ФГБОУ ВО «Ивановский государственный энергетический университет имени В. И. Ленина»,
Российская Федерация, г. Иваново

E-mail: skv1_70@mail.ru, aitispu@mail.ru, irant-kin@yandex.ru, pav@talan.tel, drusja95@gmail.com

Актуальность работы связана необходимостью повышения надежности эксплуатации силовых трансформаторов в составе энергосистем. В работе были использованы методы теории нелинейных электрических и магнитных цепей, а также конечно-элементные модели магнитного поля. Для создания и исследования имитационных моделей трансформаторов была использована библиотека SimPowerSystem, являющаяся приложением пакета MatLab Simulink, а также библиотека конечно-элементного моделирования магнитного поля EMLib (авторская разработка). Приведены результаты разработки имитационной модели силового трансформатора, в которой учитываются особенности конструкции магнитной системы, в частности, ее несимметрия. Впервые представлена модель динамических режимов, в которой учитывается взаимное влияние полей рассеяния на динамику устройства. Это позволило добиться высокой степени адекватности модели при анализе переходных, несимметричных и аварийных режимов работы трехфазных двухобмоточных и трехобмоточных трансформаторов. Результаты работы могут быть использованы при проектировании силовых трансформаторов и при их эксплуатации для имитации их работы в различных режимах, в том числе несимметричных и аварийных. Предлагаемая технология позволит существенно облегчить процесс принятия решений при проектировании и эксплуатации трансформаторов, а также существенно понизить аварийность трансформаторов за счет превентивного анализа рисков при принятии решений по управлению режимами работы оборудования.

Ключевые слова: моделирование аварийных режимов трансформатора, цифровой двойник, силовой трансформатор, имитационное моделирование.

SIMULATION OF EMERGENCY MODES OF TRANSFORMER SUBSTATIONS BASED ON DIGITAL TWINS TECHNOLOGY FOR PREVENTION OF TECHNOGENIC ACCIDENTS

**K. V. SEMENOVA¹, A. I. TIKHONOV², I. S. SNITKO²,
A. V. PODOBNYJ², A. A. KARZHEVIN², L. V. SHARNINA¹**

¹Federal State Budget Educational Establishment of Higher Education

«Ivanovo Fire Rescue Academy of State Firefighting Service of Ministry of Russian Federation
for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters»,

²FGBOU VO Ivanovo State Power Engineering University named after V.I. Lenin «,
Russian Federation, Ivanovo

E-mail: skv1_70@mail.ru, aitispu@mail.ru, irant-kin@yandex.ru, pav@talan.tel, drusja95@gmail.com

The relevance of the work is associated with the need to improve the reliability of operation of power transformers as part of power systems. The work used the methods of the theory of nonlinear electric and magnetic circuits, as well as finite element models of the magnetic field. To create and study simulation models of transformers, the SimPowerSystem library was used, which is an application of the MatLab Simulink package, as well as the library of finite element modeling of the magnetic field EMLib (author's development). The results of the development of a simulation model of a power transformer are given, which takes into account the design features of the magnetic system, in particular, its asymmetry. For the first time, a model of dynamic modes is presented, which takes into account the mutual influence of stray fields on the

dynamics of the device. This made it possible to achieve a high degree of model adequacy in the analysis of transient, asymmetric and emergency modes of operation of three-phase two-winding and three-winding transformers. The results of the work can be used in the design of power transformers and during their operation to simulate their operation in various modes, including asymmetric and emergency. The proposed technology will significantly facilitate the decision-making process in the design and operation of transformers, as well as significantly reduce the accident rate of transformers due to preventive risk analysis when making decisions on the management of equipment operation modes.

Key words: simulation of transformer emergency modes, digital twin, power transformer, simulation.

ВВЕДЕНИЕ

Одно из передовых направлений развития промышленности в настоящее время связано с понятием цифровизации экономики¹. Данное направление опирается на использование современных компьютерных технологий на всех этапах жизненного цикла технической продукции, начиная со стадии научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ и заканчивая стадией утилизации отработавших технических устройств. Наиболее интересным в этом плане представляется направление, связанное с созданием и исследованием цифровых двойников (ЦД) технических устройств и систем². Данное направление напрямую связано с проблемой предотвращения техногенных аварий, так как предполагает использование компьютерных моделей реальных устройств, позволяющих имитировать работу этих устройств в различных режимах, в том числе и аварийных, с высокой степенью совпадения результатов численных расчетов с результатами натурных испытаний. В результате удастся спрогнозировать, как поведет себя данное устройство в тех или иных условиях, а также уровень риска при принятии решений по управлению режимами работы данных устройств.

Особенно актуально это для превентивного анализа последствий принятия решений по управлению энергосетями, так как аварии в энергосетях чреваты тяжелыми экономическими и социальными последствиями. Так как наиболее распространенным объектом электрической сети является силовой трансформатор (СТ), то задача создания ЦД СТ, позволяющего прогнозировать вероятность

аварийного выхода его из строя, является актуальной задачей электроэнергетики.

В настоящее время проблема повышения надежности силовых трансформаторов решается, главным образом путем создания систем мониторинга и диагностики трансформаторного оборудования. Систематизация данных систем, а также тенденции их развития приведены в [1, 2]. В частности, ИГЭУ аналогичный подход реализуется научной школой Попова Г. В. [3, 4]. Интересны также в этом плане работы [5, 6], выполненные в рамках данной школы. В подобных работах главный акцент делается на вопросах прогнозирования остаточного ресурса трансформаторов путем поиска закономерностей, позволяющих строить диагностические модели на основе данных мониторинга его текущего состояния.

В то же время особый интерес представляет проблема моделирования поведения СТ в различных режимах работы на имитационных моделях, настройка (калибровка) которых осуществляется на основе экспериментальных осциллограмм токов и напряжений, снятых на конкретном устройстве, после чего модель становится виртуальной копией реального устройства. Именно это является отличительной особенностью ЦД. Именно данной проблеме посвящена данная статья. Можно также отметить, что она является продолжением цикла работ, проводимых в ИГЭУ, связанных с созданием ЦД СТ на основе уточненных имитационных моделей, калиброванных по результатам испытаний на реальных устройствах [7, 8, 9, 10].

ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ

Цель настоящего исследования состоит в разработке и апробации ЦД СТ, способного с высокой степенью адекватности имитировать работу реального трансформатора и позволяющего своевременно выявлять внутренние неисправности его магнитной системы и обмоток без демонтажа и разборки по результатам мониторинга реального устройства.

¹ Национальная технологическая инициатива [Электронный ресурс] // Агентство стратегических инициатив. <https://asi.ru/nti>.

² ГОСТ Р 57700.37 – 2021 Компьютерные модели и моделирование. Цифровые двойники изделий. Общие положения: национальный стандарт РФ. М.: Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии, 2021. Дата утверждения 16.09.2021.

Задачи исследования:

1. Разработка имитационной модели трансформатора, способной учитывать особенности его конструкции при работе в произвольных режимах, в том числе, в аварийных.

2. Разработка инструментальных средств и методики калибровки имитационной модели СТ, после которой данная модель приобретает статус ЦД.

3. Анализ возможности использования разработанного ЦД СТ для предотвращения аварий и для выявления неисправностей СТ, возникающих после аварий на реальном трансформаторном оборудовании.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Для моделирования произвольных режимов работы СТ была использована библиотека моделирования силовых электрических цепей SimPowerSystem приложения MatLab Simulink. Данная библиотека предоставляет богатый набор элементов для построения имитационных моделей электротехнических систем, в том числе целый набор моделей силовых трансформаторов. Однако эти модели не подходят для решения поставленных задач, так как они закрыты от исследователя. Поэтому модель трансформатора нами создавалась заново из базовых элементов системы.

Математическая модель, описывающая работу трансформатора в произвольных режимах работы, строится на основе модели идеального трансформатора. В ее основе лежит система уравнений мгновенных токов и ЭДС обмоток

$$i_1 = i_2 \cdot k, \quad (1)$$

$$e_2 = e_1 \cdot k, \quad (2)$$

где k – коэффициент трансформации трансформатора; i_1, i_2 – мгновенное значение токов в первичной и вторичной обмотках; e_1, e_2 – мгновенное значение ЭДС в первичной и вторичной обмотках.

Данная система уравнений имитируется с использованием управляемых источников тока и ЭДС. Имитационная модель реального трансформатора отличается от модели идеального трансформатора наличием активных сопротивлений и индуктивностей рассеяния первичной и вторичной обмоток, а также наличием активного сопротивления параллельной ветви намагничивания R_{m0} и управляемого источника тока I_{0r} , имитирующего индуктивное сопротивление ветви намагничивания.

Аналогична модель трехфазного двухобмоточного трансформатора, в которой учтена несимметрия магнитной системы приведена на рис. 1. Здесь $R_A, R_B, R_C, R_a, R_b, R_c$ – активные сопротивления первичных и вторич-

ных фазных обмоток; $L_A, L_B, L_C, L_a, L_b, L_c$ – индуктивности рассеяния первичной и вторичной обмоток. Потокосцепления обмоток рассчитываются с использованием звена интегрирования по формуле

$$\Psi_k = -\int_0^t e_k dt, \quad (3)$$

где e_k – ЭДС k -й обмотки.

Намагничивающие токи рассчитываются на основе цепной модели магнитной системы, которая описывается системой уравнений

$$\begin{Bmatrix} i_{0r1} \\ i_{0r2} \\ i_{0r3} \end{Bmatrix} = \frac{1}{w_1} \begin{bmatrix} R_{m1} + R_{m0} & R_{m0} & R_{m0} \\ R_{m0} & R_{m2} + R_{m0} & R_{m0} \\ R_{m0} & R_{m0} & R_{m3} + R_{m0} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \Phi_1 \\ \Phi_2 \\ \Phi_3 \end{Bmatrix}. \quad (4)$$

где w_1 – число витков в первичной обмотке; R_{mk} – магнитное сопротивление k -й ветви; R_{m0} – магнитное сопротивление поля нулевой последовательности; Φ_k – магнитные потоки стержней.

Магнитные сопротивления ветвей цепи рассчитываются по формуле

$$R_{mk} = v(B_k) \frac{1}{S} \begin{cases} l_s + 2l_a & \text{при } k = 1, 2 \\ l_s & \text{при } k = 3 \end{cases} + \frac{\delta}{2\sqrt{2} \cdot \mu_0 S}, \quad (5)$$

где $v(B_k)$ – зависимость удельного магнитного сопротивления стали от магнитной индукции в k -й ветви B_k ; S – активное сечение магнитопровода; δ – расчетное значение технологического зазора; l_s, l_a – длина средней линии магнитного поля в стержне и ярме.

Следует отметить, что приведенная на рис. 1 имитационная модель с большой точностью имитирует процессы в трехфазном двухобмоточном трансформаторе, работающем в режимах, близких к установившемуся холостому ходу (ХХ). При несимметрии токов в переходных режимах, особенно при больших токах в обмотках в режимах, близких к КЗ, данная схема дает большие погрешности, так как в ней не корректно учитывается взаимная индуктивность потоков рассеяния. Более точно данные процессы имитируются в модели, в которой для учета потоков рассеяния формируются матрицы индуктивностей рассеяния, имитируемые с использованием управляемых источников тока. В частности, на рис. 2 приведена имитационная модель реального трехфазного трехобмоточного трансформатора с учетом взаимного влияния потоков рассеяния. Расчет элементов этих матриц осуществляется с использованием осесимметричной модели магнитного поля рассеяния обмоток трансформатора с использованием библиотеки EMLib.

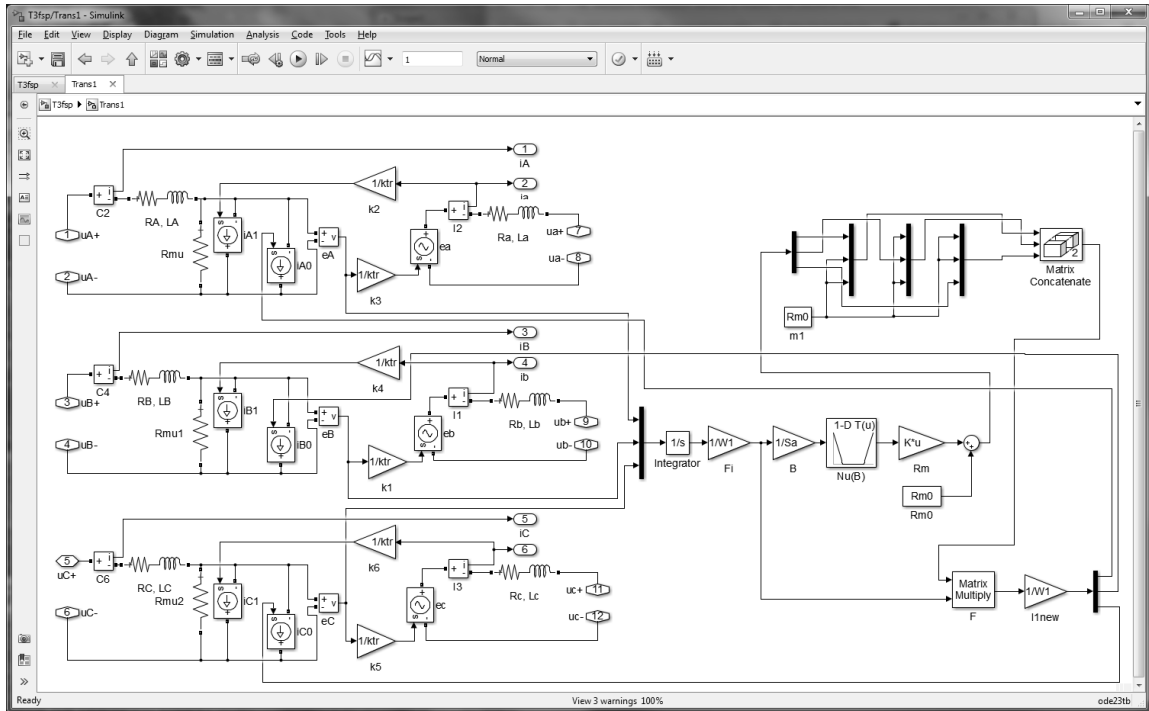


Рис. 1. Имитационная модель реального трехфазного трансформатора стержневой конструкции

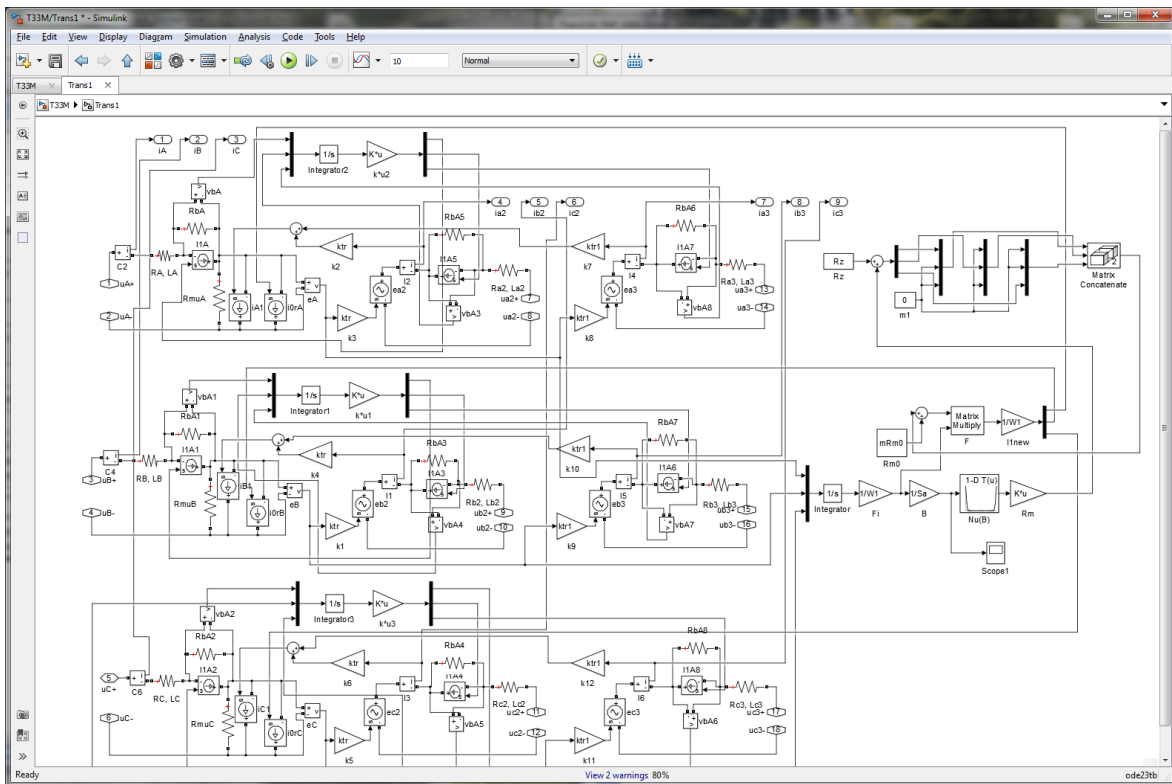
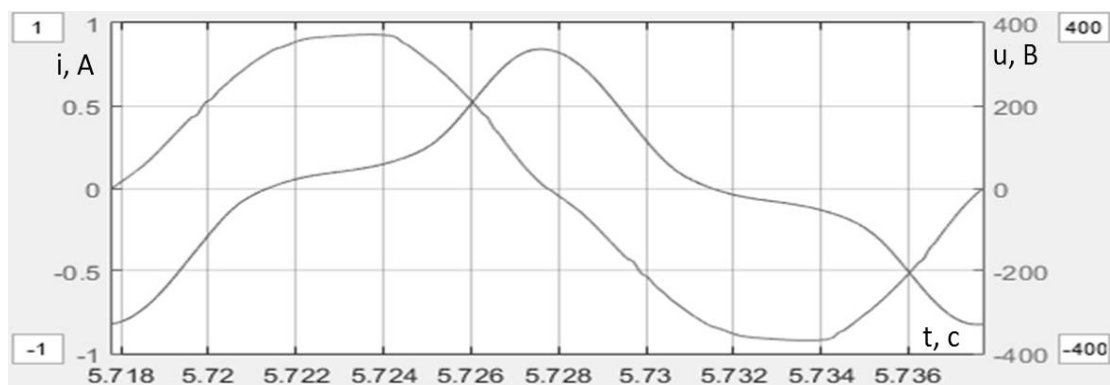


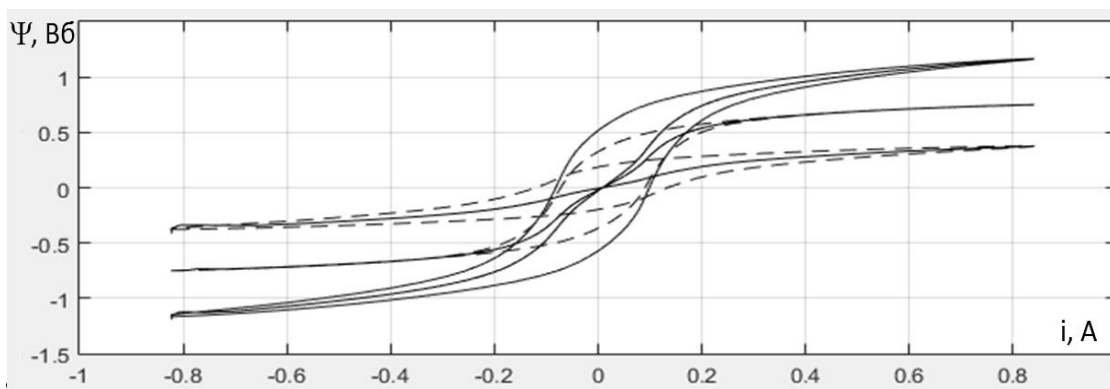
Рис. 2. Имитационная модель реального трехфазного трехобмоточного трансформатора с учетом взаимного влияния потоков рассеяния

Калибровка моделей осуществляется по осциллограммам, снятым на реальном трансформаторе с использованием разработанного для этих целей 12-ти канального регистратора с частотой выборок до 100 кГц. Примеры осциллограмм тока $i(t)$ и напряжения $u(t)$,

снятых на реальном трехфазном трансформаторе в режиме ХХ, и результаты их численной обработки в форме зависимостей $\Psi(i)$, где Ψ – потокосцепление обмотки, i – ток в первичной обмотке, приведены на рис. 3.



а)



б)

Рис. 4. Осциллограммы тока и напряжения фазы А (а) и результаты численно обработки осциллограмм (кривые намагничивания) при подаче напряжения на фазу А в режиме ХХ (б)

Методика калибровки имитационной модели трансформатора строится на основе осциллограмм токов и напряжений, снятых на реальном трансформаторе в следующих опытах:

- 1) ХХ на повышенном напряжении при подаче напряжения поочередно на каждую первичную обмотку фаз А, В и С;
- 2) КЗ поочередно в каждой из фаз А, В и С при разомкнутых обмотках остальных фаз;
- 3) Регистрация магнитного потока нулевой последовательности при последова-

тельном соединении всех первичных обмоток и разомкнутых вторичных обмотках.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

На рис. 5 представлены результаты расчета в функции времени первичных токов $i(t)$ в трех фазах трансформатора в различных режимах работы, полученные на имитационной модели без учета взаимных индуктивностей рассеяния (рис. 1; цифра 1 на рис. 5) и с учетом взаимных индуктивностей рассеяния (рис. 2; цифра 2 на рис. 5).

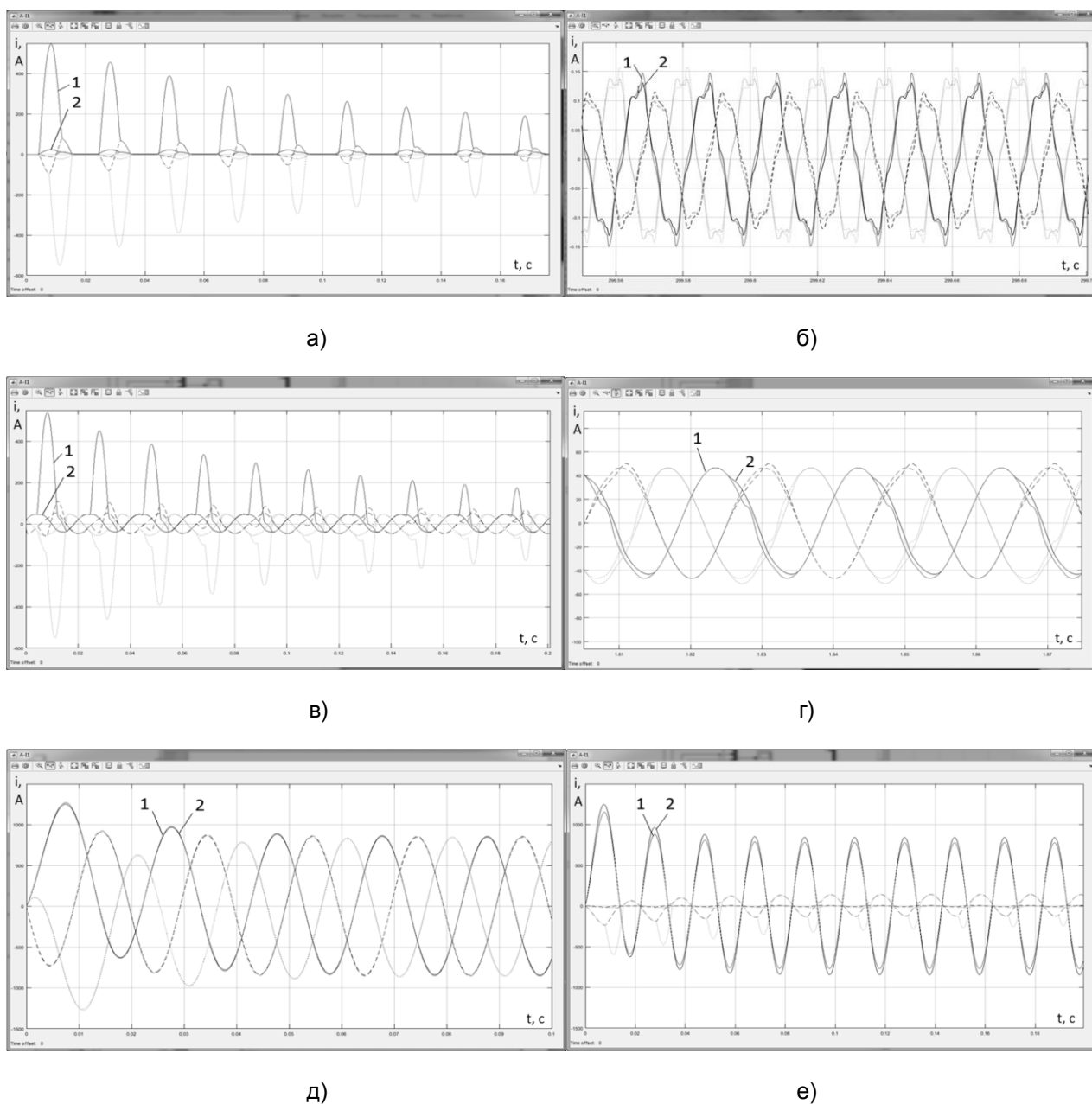


Рис. 4. Токи в первичной обмотке в различных режимах работы трансформатора: а – включение на XX; б – установившийся XX; в – включение на нагрузку; г – режим номинальной нагрузки через 300 с после включения; д – внезапное трехфазное КЗ; е – внезапное однофазное КЗ

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ

Анализ результатов, приведенных на рис. 5, позволяет сделать ряд выводов. Так, в частности, на рис. 5а приведены кривые изменения во времени токов первичных обмоток в режиме включения на XX. Из рисунка видно, что бросок тока, фиксируемый в модели без учета взаимных индуктивностей полей рассеяния существенно больше, чем при их учете с использованием модели, приведенной на рис. 2. Это вызвано тем, что используемое в

традиционных моделях трансформатора упрощение, связанное с использованием индуктивностей рассеяния, регистрируемых в опыте КЗ, неприемлемо при моделировании переходных режимов. Дело в том, что в опыте КЗ токи первичной и вторичной обмоток сдвинуты относительно друг друга по фазе практически на 180° . При этом потоки рассеяния гасят друг друга, обеспечивая тем самым малые индуктивности рассеяния обмоток. В режиме XX ток вторичной обмотки отсутствует и трансформатор работает в режиме реактора.

Индуктивность рассеяния первичной обмотки при этом оказывается на порядки больше соответствующей индуктивности в режимах, когда по вторичной обмотке протекает ток. Особенно значительное расхождение фиксируется при расчете броска тока, который оказывается существенно меньше, чем то значение, которой фиксируется на традиционной модели. Данный бросок тока учитывается при расчете значения тока отсечки в защитной аппаратуре трансформатора. То есть внесенные уточнения позволяют более адекватно рассчитывать параметры защиты, не загромяя их искусственно, как это иногда происходит. В режиме установившегося ХХ значения токов первичных обмоток, полученные на обеих моделях, отличаются мало (кривые 1 и 2 на рис. 5б очень близки друг к другу).

При включении трансформатора на номинальную нагрузку (рис. 5в) также отсутствует бросок тока, присутствующий в традиционных моделях, что говорит о том, что процесс включения трансформатора на нагрузку оказывается более «щадящим», чем это следует из моделей, используемых до сих пор.

Наименьшие отклонения в работе обеих моделей фиксируются при моделировании режима трехфазного КЗ (кривые 1 и 2 на рис. 5д практически совпадают), а также в установившихся режимах работы трансформатора. Это косвенно свидетельствует об адекватности приведенных моделей, так как любые модели должны выдавать одинаковые результаты в тех режимах, которые соответствуют принятым допущениям (в установившихся симметричных режимах мы как раз входим в зону справедливости тех традиционных допущений).

ВЫВОДЫ

В приведенном исследовании решены следующие задачи:

1. Разработана имитационная модель трансформатора, в которой учтено взаимное влияние полей рассеяния на его работу в переходных и аварийных режимах. В частности, данные модели позволяют более точно оценить бросок тока при включении на холостой ход и нагрузку и тем самым более точно рассчитать защиту трансформатора, в частности,

параметры токовой отсечки, которая обычно искусственно загромяется. Кроме того, более точно рассчитываются несимметричные короткие замыкания трансформатора, в частности двухфазное и однофазное.

2. Разработаны инструментальные средства, в частности, контроллер, позволяющий калибровать имитационную модель трансформатора, после чего она способна выступать в качестве цифрового двойника конкретного устройства. Это позволяет осуществить превентивный анализ способности конкретного трансформатора выдержать те или иные критические режимы (в частности, короткие замыкания) и осуществить анализ состояния трансформатора после КЗ путем сравнения новых осциллограмм с теми, которые были получены до КЗ. Разработана методика, позволяющая оценить возможные повреждения активной части трансформатора после КЗ и возможность его дальнейшей эксплуатации без демонтажа и разбора.

3. Из проведенного обсуждения результатов следует, что разработанные имитационные модели позволяют учесть те физические явления в трансформаторе, которые невозможно было учесть до сих пор. Это позволяет более адекватно оценить возможность эксплуатации работающего оборудования в рискованных ситуациях, например, оценить способность трансформатора выдержать планируемую перегрузку, или оценить его состояние после аварии путем соотнесения результатов моделирования с результатами измерений на реальном оборудовании.

Модель легко настраивается под особенности конструкции конкретного трансформатора. Особенность модели состоит в том, что она не зависит от набора элементов во вторичной ветви и схемы их соединения, что позволяет использовать данную модель в качестве автономного блока при создании моделей установок, в которую включен моделируемый трансформатор.

Работа была выполнена при финансовой поддержке РФФИ, региональный конкурс Ивановской области, проект № 20-48-370001 от 19.01.2021.

Список литературы

1. Сахаров И. Е., Попов Г. В., Тихонов А. И. Некоторые аспекты создания «интеллектуальной» системы мониторинга трансформаторного оборудования / Министерство образования и науки Российской Федерации,

ФГБОУВПО «Ивановский государственный энергетический университет им. В. И. Ленина». Иваново, 2013. 134 с.

2. Тенденции развития диагностики состояния электрооборудования в электроэнергетике России / Л. А. Дарьян,

А. Г. Мордкович, В. В. Смекалов [и др.] // Электрические станции. 2007. № 5. С. 13–20

3. Диагностика маслонеполненного электрооборудования на основе экспертных систем / Л. В. Виноградова, Е. Б. Игнатъев, Д. А. Климов [и др.] // Интеграция науки и производства: материалы конференции ТРАВЭК ВЭИ. М., 2004.

4. Игнатъев Е. Б., Комков Е. Ю., Попов Г. В. Оценка состояния электрооборудования на основе программного комплекса «Диагностика+» в режиме online // VIII Симпозиум «Электротехника». 2010. Режим доступа: <https://transform.ru/articles/pdf/d+/a000066.pdf>

5. Рогожников Ю. Ю. Исследование методов и разработка алгоритмов для поддержки жизненного цикла силовых трансформаторов: дис. ... канд. техн. наук: 05.13.12. Иваново, 2003. 134 с.

6. Комков Е. Ю. Разработка проектно-диагностического комплекса для оптимизации жизненного цикла силовых трансформаторов с принудительным охлаждением: дис. ... канд. техн. наук: 05.13.12. Иваново, 2008. 168 с.

7. Разработка и исследование динамической модели однофазного трансформатора с сердечником из аморфной стали / А. И. Тихонов, А. А. Каржевин, А. В. Подобный [и др.] // Вестник ИГЭУ. 2019. Вып. 2. С. 59–70.

8. Разработка технологии создания цифровых двойников силовых трансформаторов на основе цепных моделей и 2D-моделей магнитного поля / А. И. Тихонов, А. В. Стулов, И. В. Еремин [и др.] // Южно-Сибирский научный вестник. 2020. № 1 (29). С. 76–82.

9. Разработка 2D-моделей магнитного поля для реализации технологии цифровых двойников и порождающего проектирования силовых трансформаторов / А. И. Тихонов, А. В. Стулов, И. С. Снитко [и др.] // Вестник ИГЭУ, 2020. Вып. 3. С. 32–41.

10. Разработка нелинейной модели трехфазного трансформатора для исследования влияния несимметрии магнитной системы на работу устройства в произвольных режимах / А. И. Тихонов, А. В. Стулов, А. А. Каржевин [и др.] // Вестник ИГЭУ, 2020. Вып. 1, С. 22–31.

References

1. Sakharov I. E., Popov G. V., Tikhonov A. I. *Nekotoryye aspekty sozdaniya «intellektual'noy» sistemy monitoringa transformatornogo oborudovaniya* [Some aspects of creating an «intelligent» monitoring system for transformer equipment]. Ministerstvo obrazovaniya i nauki Rossiyskoy Federatsii, FGBOUVPO «Ivanovskiy gosudarstvennyy energeticheskiy universitet im. V. I. Lenina». Ivanovo: [b.i.], 2013, 136 p.

2. Tendentsii razvitiya diagnostiki sostoyaniya elektrooborudovaniya v elektroenergetike Rossii [Trends in the development of diagnostics of the state of electrical equipment in the electric power industry of Russia] / L. A. Dar'yan, A. G. Mordkovich, V. V. Smekalov [et al.]. *Elektricheskiye stantsii*, 2007, issue 5, pp. 13–20

3. Diagnostika maslonapolnennogo elektrooborudovaniya na osnove ekspertnykh sistem [Diagnostics of oil-filled electrical equipment based on expert systems] / L. V. Vinogradova, Ye. B. Ignat'yev, D. A. Klimov [et al.]. *Integratsiya nauki i proizvodstva: materialy konferentsii TRAVEK VEI*, M., 2004.

4. Ignatiev E. B., Komkov E. Yu., Popov G. V. *Otsenka sostoyaniya elektrooborudovaniya na osnove programmnoy kompleksa «Diagnostika+» v rezhime online* [Assessment of the state of electrical equipment on the basis of the software complex «Diagnostics +» in the online mode]. *VIII Symposium «Electrotechnics» 2010*, Access mode: <https://transform.ru/articles/pdf/d+/a000066.pdf>

5. Rogozhnikov Yu. Yu. *Issledovaniye metodov i razrabotka algoritmov dlya podderzhki zhiznennogo tsikla silovykh transformatorov* Diss. kand. tekhn. nauk [Research of methods and development of algorithms to support the life cycle of power transformers: Cand. tech. sci. diss]. Ivanovo, 2003, 134 p.

6. Komkov E. Yu. *Razrabotka proyektno-diagnosticheskogo kompleksa dlya optimizatsii zhiznennogo tsikla silovykh transformatorov s prinuditel'nym okhlazhdeniyem: dis. ... kand. tekhn. nauk* [Development of a design and diagnostic complex to optimize the life cycle of power transformers with forced cooling: Cand. tech. sci. diss]. Ivanovo, 2008, 168 p.

7. *Razrabotka i issledovaniye dinamicheskoy modeli odnofaznogo transformatora s serdechnikom iz amorfnoy stali* [Development and research of a dynamic model of a single-phase transformer with an amorphous steel core] / A. I. Tikhonov, A. A. Karzhevin, A. V. Podobnyy [et al.]. *Vestnik IGEU*, 2019. issue 2, pp. 59–70.

8. *Razrabotka tekhnologii sozdaniya tsifrovyykh dvoynikov silovykh transformatorov na osnove tsepnykh modeley i 2D-modeley magnitnogo polya* [Development of technology for creating digital twins of power transformers based on chain models and 2D-models of the magnetic field] / A. I. Tikhonov, A. V. Stulov, I. V. Yeremin [et al.]. *Yuzhno-Sibirskiy nauchnyy vestnik*, 2020, vol. 1 (29), pp. 76–82.

9. *Razrabotka 2D-modeley magnitnogo polya dlya realizatsii tekhnologii tsifrovyykh dvoynikov i porozhdayushchego proyektirovaniya silovykh transformatorov* [Development of 2D models

of the magnetic field for the implementation of digital twin technology and generative design of power transformers] / A. I. Tikhonov, A. V. Stulov, I. S. Snit'ko [et al.]. Vestnik IGEU, 2020. issue 3, pp. 32–41.

10. Razrabotka nelineynoy modeli trekhfaznogo transformatora dlya issledovaniya vliyaniya nesimmetrii magnitnoy sistemy na rabotu

ustroystva v proizvol'nykh rezhimakh [Development of a nonlinear model of a three-phase transformer to study the influence of the asymmetry of the magnetic system on the operation of the device in arbitrary modes] / A. I. Tikhonov, A. V. Stulov, A. A. Karzhevin [et al.]. Vestnik IGEU, 2020, issue 1, pp. 22–31.

Семенова Ксения Васильевна

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Иваново
кандидат технических наук, доцент
E-mail: skv1_70@mail.ru

Semenova Ksenia Vasilievna

Federal State Budget Educational Establishment of Higher Education «Ivanovo Fire Rescue Academy of State Firefighting Service of Ministry of Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters»,
Russian Federation, Ivanovo
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
E-mail: skv1_70@mail.ru

Тихонов Андрей Ильич

ФГБОУ ВПО «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина»,
Российская Федерация, г. Иваново
доктор технических наук, заведующий кафедрой физики
E-mail: aitispu@mail.ru

Tikhonov Andrey Iljich

FGBOE HPE «Ivanovo State Power Engineering University named after V.I. Lenin»
Russian Federation, Ivanovo
Doctor of Technical Sciences, Head of the Department of Physics
E-mail: aitispu@mail.ru

Снитко Ирина Сергеевна

ФГБОУ ВПО «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина»,
Российская Федерация, г. Иваново
старший преподаватель
E-mail: irant-kin@yandex.ru

Snitko Irina Sergeevna

FGBOE HPE «Ivanovo State Power Engineering University named after V. I. Lenin»
Russian Federation, Ivanovo
senior lecturer
E-mail: irant-kin@yandex.ru

Подобный Александр Викторович

ФГБОУ ВО «Ивановский государственный энергетический университет имени В. И. Ленина»
Российская Федерация, г. Иваново
аспирант
E-mail: aleksandr.rash@mail.ru

Podobnyy Aleksandr Viktorovich

FGBOE HPE «Ivanovo State Power Engineering University named after V. I. Lenin»
Russian Federation, Ivanovo
graduate student
E-mail: aleksandr.rash@mail.ru

Каржевин Андрей Александрович

ФГБОУВО «Ивановский государственный энергетический университет имени В. И. Ленина»

Российская Федерация, г. Иваново

аспирант

E-mail: drusja95@gmail.com

Karzhevin Andrey Aleksandrovich

FGBOE HPE «Ivanovo State Power Engineering University named after V.I. Lenin»

Russian Federation, Ivanovo

graduate student

E-mail: drusja95@gmail.com

Шарнина Любовь Викторовна

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,

Российская Федерация, г. Иваново

профессор, доктор технических наук, профессор

E-mail: sharnina51@mail.ru

Sharnina Liubov Victorovna

Federal State Budget Educational Establishment of Higher Education «Ivanovo Fire Rescue Academy of State Firefighting Service of Ministry of Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters»,

Russian Federation, Ivanovo

professor, doctor of technical sciences , Professor

E-mail: sharnina51@mail.ru

УДК 614.841.41

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ОПРЕДЕЛЕНИЯ КИСЛОРОДНОГО ИНДЕКСА ПРИ ОЦЕНКЕ ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ ЦЕЛЛЮЛОЗОСОДЕРЖАЩИХ МАТЕРИАЛОВ

**В. Г. СПИРИДОНОВА, Н. М. ПАНЕВ, О. Г. ЦИРКИНА,
С. Н. УЛЬЕВА, Л. В. ШАРНИНА**

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Иваново

E-mail: nika.spiridonowa@yandex.ru, panm7@mail.ru, ogtsirkina@mail.ru, jivotjagina@mail.ru

Целлюлоза представляет собой полимер природного происхождения, который составляет основу древесины и растительных волокон, в частности, хлопка и льна. Древесина широко применяется в строительстве, хлопок и лен - в производстве текстильных материалов различного назначения. Целлюлозосодержащие материалы обладают рядом ценных свойств. Они экологичны, доступны, нетоксичны, а сами ресурсы – возобновляемы.

С точки зрения обеспечения пожарной безопасности и древесины, и текстильные материалы из хлопковых и льняных волокон являются горючими. С целью снижения пожарной опасности древесины и целлюлозосодержащих тканей применяются различные огнезащитные составы, эффективность которых подтверждается испытаниями. Такие испытания могут быть проведены как для выбора наиболее подходящего антипирена, так и для оценки пожароопасных свойств материалов с нанесенными на них огнезащитными составами. Перечень методов испытаний для древесины и текстильных материалов из натуральных волокон может быть расширен за счет применения метода экспериментального определения кислородного индекса, результаты которого для древесины и хлопко-льняной ткани представлены в данной статье.

Ключевые слова: целлюлозосодержащие материалы, текстильные материалы, древесина, кислородный индекс, пожароопасные свойства.

APPLICATION OF THE METHOD FOR DETERMINING THE OXYGEN INDEX IN ASSESSING THE FIRE HAZARD OF CELLULOSE-CONTAINING MATERIALS

**V. G. SPIRIDONOVA, N. M. PANEV, O. G. TSIRKINA,
S. N. ULIEVA, L. V. SHARNINA**

Federal State Budget Educational Establishment of Higher Education
«Ivanovo Fire Rescue Academy of State Firefighting Service of Ministry of Russian Federation
for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters»,
Russian Federation, Ivanovo

E-mail: nika.spiridonowa@yandex.ru, panm7@mail.ru, ogtsirkina@mail.ru, jivotjagina@mail.ru

Cellulose is a polymer of natural origin, which forms the basis of wood and plant fibers, in particular, cotton and flax. Wood is widely used in construction, cotton and linen – in the production of textile materials for various purposes. Cellulose-containing materials have a number of valuable properties. They are eco-friendly, affordable, non-toxic, and the resources themselves are renewable.

From the point of view of fire safety, both wood and textile materials made from cotton and linen fibers are combustible. In order to reduce the fire hazard of wood and cellulose-containing fabrics, various flame retardants are used, the effectiveness of which is confirmed by tests. Such tests can be carried out both to select the most suitable flame retardant and to assess the fire hazardous properties of materials with flame retardants applied to them. The list of test methods for wood and textile materials made of natural fibers can be expanded by applying the method of experimental determination of the oxygen index, the results of which for wood and cotton-linen fabric are presented in this article.

Key words: cellulose-containing materials, textile materials, wood, oxygen index, fire hazard properties.

Современное строительство и работы по отделке, в том числе и декоративной, зданий и сооружений зачастую предполагает применение древесины и других строительных и отделочных материалов, основой которых с точки зрения химического состава является целлюлоза. Оценка пожарной опасности строительных материалов и изделий является актуальной задачей, возложенной в том числе на специалистов Федеральной противопожарной службы. Вместе с тем, применяемые показатели пожароопасных свойств целлюлозосодержащих материалов не всегда позволяют провести сравнительную оценку образцов, например, двух необработанных образцов; необработанного образца и образца с тем или иным видом обработки; двух обработанных различными химическими составами образцов. Закрепленные в нормативных правовых актах классификационные показатели пожарной опасности строительных и текстильных материалов определяются на основании нескольких величин, измеряемых, в том числе, вручную с применением приборов измерения, что усложняет и замедляет процесс проведения испытаний. Так для отнесения ткани к одной из категории по воспламеняемости требуется определение следующих показателей: времени пламенного горения образца; прогорания до кромки; загорания хлопчатобумажной ваты; распространения поверхностной вспышки от точки зажигания; средней длины обугливающегося участка¹. Следовательно, для сокращения времени проведения испытаний необходим численный показатель, позволяющий сразу сделать вывод о пожароопасных свойствах материала.

Одним из показателей пожарной опасности материала является кислородный индекс (далее – КИ) - комплексный показатель, определяющий минимальную концентрацию кислорода в струе смеси с азотом, при которой будет поддерживаться пламенное горение образца [1]. В справочной литературе отражены величины кислородного индекса для многих материалов, в числе которых находятся и целлюлозосодержащие. В нормативных документах кислородный индекс фигурирует как показатель пожарной опасности пластмасс². Од-

нако, применение метода экспериментального определения кислородного индекса может быть направлено не только на решение вопросов нормирования, но и для выполнения научных задач. Величина кислородного индекса является численным показателем пожарной опасности, вследствие чего может использоваться в целях сравнения пожароопасных свойств материалов, что актуально при подборе огнезащитного состава и оценке эффективности его действия.

Цель данной работы заключалась в наглядной демонстрации возможности применения показателей кислородного индекса для сравнительной оценки пожарной опасности целлюлозосодержащих материалов – древесины и тканей из природных целлюлозных волокон (хлопка и льна).

В рамках метода определения величины кислородного индекса регистрировалась концентрация кислорода, при которой зажигаемый сверху вертикально расположенный образец поддерживает самостоятельное горение после удаления источника зажигания. Методика проведения испытаний представлена в ГОСТ 12.1.044-89³. Внешний вид и схема установки для определения кислородного индекса представлена на рис. 1. Измерение концентрации кислорода и азота в ходе проведения испытаний осуществляется при помощи ротаметров – приборов для определения показаний расхода потока жидкости, газа или пара. Ротаметры с классом точности 1 и максимальным расходом до 15 л/мин устанавливаются на линиях подачи кислорода и азота².

В качестве испытываемого целлюлозосодержащего текстильного материала был выбран брезент с поверхностной плотностью 380 г/м², состоящий из хлопковых и льняных волокон (55 % хлопка + 45 % льна). Для проведения испытаний было подготовлено 15 образцов размерами 17×5 см, на каждый из которых нанесены метки на расстоянии 20 и 100 мм от верхнего края. Для фиксации гибких образцов текстильных материалов применялась металлическая рамка (рис. 2).

¹ Технический регламент о требованиях пожарной безопасности: Федер. закон от 22.07.2008 № 123-ФЗ; принят Гос. Думой 04.07.2008 г.; одобр. Сов. Федерации 11.07.2008 // Собр. законодательства РФ. 2008. № 30 (ч. I), ст. 3579.

² ГОСТ 21793-76 Пластмассы. Метод определения кислородного индекса (утв. и введен в действие Постановлением Государственного

комитета стандартов Совета Министров СССР от 05.05.1976 № 1055).

³ ГОСТ 12.1.044-89. Система стандартов безопасности труда. Пожаровзрывобезопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения. М.: Стандартинформ, 2006. 99 с.

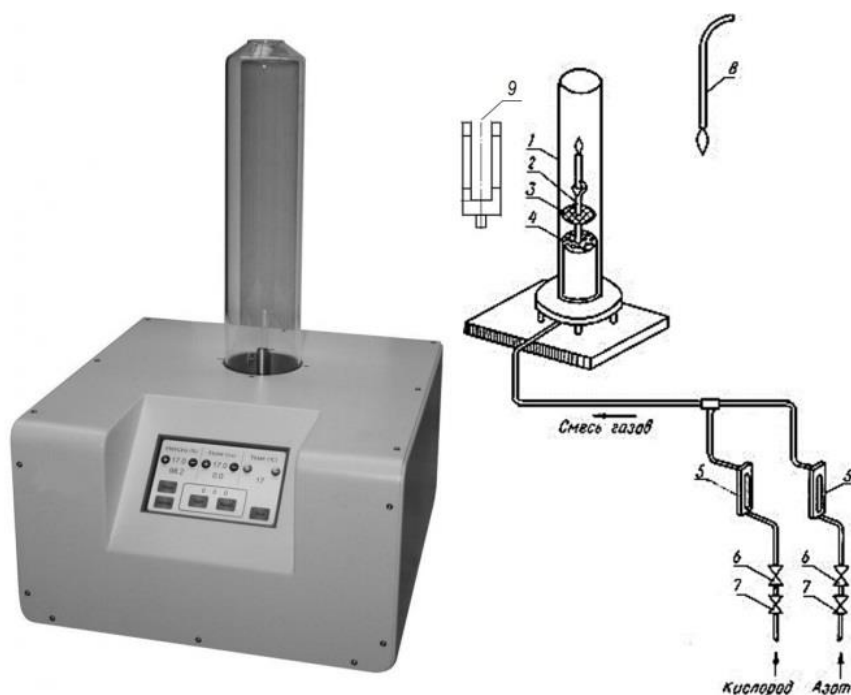


Рис. 1. Установка для определения кислородного индекса: внешний вид и принципиальная схема, где 1 – прозрачная кварцевая труба; 2 – держатель для жестких образцов; 3 – проволочная сетка; 4 – стеклянные шарики; 5 – средства измерения (ротаметры); 6, 7 – вентили запорные игольчатые; 8 – горелка с наконечником для подачи пламени; 9 – рамка для фиксации гибких образцов



Рис. 2. Закрепленный в держателе образец текстильного материала «брезент»

Зажигание образцов проводилось по варианту Б (для образцов типа 5 – гибкие листы и пленки). Длительность огневого воздействия составляла 30 секунд с короткими перерывами каждые 5 секунд или до достижения горением первой метки. В качестве начальной концентрации кислорода было выбрано значение 18 %, так как справочная величина кислородного индекса для хлопка составляет 18,4 % [1].

Для расчета КИ были определены концентрации, при которых образец не поддерживает горение (0) – 22 % и самостоятельно горит после зажигания 180 секунд или длина сгоревшей части образца 100 мм (X) – 23 %. Изменение концентрации кислорода d принимается равным 0,2 %. Испытания проводятся от начальной концентрации (22 %) при поддержании $d=0,2$ % до первого отличного результата (X). Данный этап повторяется дважды. Результаты представлены в табл. 1.

Таблица 1. Результаты испытаний образцов брезента при изменении концентрации кислорода с шагом в 0,2%

Концентрация кислорода, %		22	22,2	22,4	22,6
Результат испытаний (0 – не поддерживает горение; X – поддерживает горение)	1 этап	0	0	0	X
	2 этап	0	0	0	X

КИ вычисляется по формуле:

$$КИ = C_k + Kd, \quad (1)$$

где C_k – конечное значение концентрации кислорода, первый отличный результат (X), %;

K – коэффициент, определяемый в соответствии с ГОСТ 12.1.044-89. Для указанных результатов испытаний величина коэффициента K составляет (-1,25).

$$КИ = 22,6 + (-1,25) \times 0,2 = 22,35 \approx 22,3\%$$

(КИ округляют до десятичного знака в сторону уменьшения).

$$\sigma = \left[\frac{(22,4 - 22,3)^2}{6-1} + \frac{(22,6 - 22,3)^2}{6-1} + \frac{(22,0 - 22,3)^2}{6-1} + \frac{(22,2 - 22,3)^2}{6-1} + \frac{(22,4 - 22,3)^2}{6-1} + \frac{(22,6 - 22,3)^2}{6-1} \right]^{0,5} = 0,24495$$

Тогда:

$$\frac{2}{3} 0,24495 < 0,2 < \frac{3}{2} 0,24495$$

$$0,1633 < 0,2 < 0,3674$$

Неравенство является верным, следовательно, величина кислородного индекса для ткани «брезент» (состав – 45 % льна и 55 % хлопка) с поверхностной плотностью 380 г/м² составляет 22,3 % об. Для образцов брезента, пропитанного раствором антипирена «Нортекс», КИ=31,6 %. Таким образом, значение КИ позволяет определить эффективность действия огнезащитного состава, нанесенного на ткань.

Также в ходе работы определялись величины кислородного индекса для сосновой древесины. Для проведения испытаний были подготовлены образцы размерами 70×8×3 мм, на каждый из которых нанесены метки на расстоянии 50 мм от края образца, вступающего в контакт с источником зажигания. Зажигание образцов проводилось по варианту А (для образцов типа 4). Длительность огневого воздей-

Принимаем полученную (1) величину кислородного индекса, если выполняется условие:

$$\frac{2}{3} \sigma < d < \frac{3}{2} \sigma, \quad (2)$$

где σ – оценка стандартного отклонения концентрации кислорода;

$$\sigma = \left[\frac{\sum_{i=1}^n (V_i - КИ)^2}{n-1} \right]^{0,5}, \quad (3)$$

где V_i – последовательные значения концентраций кислорода, полученные в последних $n=6$ испытаниях (2 последних испытания 1 этапа и 4 испытания 2 этапа);

ствия составляла 30 секунд с короткими перерывами каждые 5 секунд или до достижения метки фронтом пламени.

В качестве начальной концентрации кислорода было выбрано значение 18 %, так как при поджоге на воздухе в лабораторных условиях образец горел быстро (п. 4.14.3.5⁴).

Для расчета были определены концентрации кислорода в смеси 18 % (результат обозначается как 0), при которой образец не поддерживает горение, и 19 % (результат обозначается как X), при которой длина сгоревшей части образца достигает 50 мм. Шаг изменения концентрации кислорода при последующих испытаниях принимается равным $d=0,2$ %. Испытания проводятся от начальной концентрации (18 %) при поддержании $d=0,2$ % до первого отличного результата (X). Данный этап повторяется дважды. Результаты представлены в табл. 2.

⁴ ГОСТ 12.1.044-89. Система стандартов безопасности труда. Пожаровзрывобезопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения. М.: Стандартинформ, 2006. 99 с.

Таблица 2. Результаты испытаний образцов сосновой древесины при изменении концентрации кислорода с шагом в 0,2 %

Концентрация кислорода, %		18	18,2	18,4	18,6
Результат испытаний (0 – не поддерживает горение; X – поддерживает горение)	1 этап	0	0	0	X
	2 этап	0	0	0	X

Величина КИ, вычисленная по формуле (1), составила:

$$КИ = 18,6 + (-0,04) \times 0,2 = 18,592 \approx 18,5\%.$$

$$\sigma = \left[\frac{(18,4 - 18,5)^2}{6 - 1} + \frac{(18,6 - 18,5)^2}{6 - 1} + \frac{(18,0 - 18,5)^2}{6 - 1} + \frac{(18,2 - 18,5)^2}{6 - 1} + \frac{(18,4 - 18,5)^2}{6 - 1} + \frac{(18,6 - 18,5)^2}{6 - 1} \right]^{0,5} = 0,29;$$

$$\frac{2}{3} 0,29 < 0,2 < \frac{3}{2} 0,29$$

$$0,19 < 0,2 < 0,435$$

Неравенство является верным, следовательно, величина кислородного индекса для образца сосновой древесины составляет 18,5 %.

По аналогичному алгоритму были оценены значения КИ для образцов древесины, пропитанных 20%-ным водным раствором бишофита⁵, а также образцов, пропитанных огнебиозащитным составом «СЕНЕЖ ОГНЕБИО ПРОФ».

Основные результаты, полученные в ходе работы в соответствии с ГОСТ⁶, оценивались аналогично приведенной выше методике, в результате чего на основе экспериментальных и расчетных данных были получены итоговые значения КИ образцов древесины сосны: для образцов древесины, пропитанных водным раствором бишофита – КИ=43,4 % об., для образцов, пропитанных огнебиозащитным составом «СЕНЕЖ ОГНЕБИО ПРОФ» – КИ=36,5 % об. Полученные значения КИ свидетельствуют о том, что древесина, обработанная водным раствором бишофита, способна к воспламенению и распространению пламени по поверхности при процентном содержании кислорода в газовой смеси, превышающем процентное содержание кислорода в воздухе, что позволяет

⁵ ГОСТ 7759-73 Магний хлористый технический (бишофит). Технические условия (с изменениями № 1, 2, 3). М.: ИПК Издательство стандартов, 1991. 18 с.

Проверка выполнения условия (2) с оценкой стандартного отклонения концентрации кислорода по формуле (3) дала следующий результат:

рекомендовать данный антипирен для обработки различных материалов из древесины.

В нормативных источниках отсутствует классификация материалов по пожарной опасности на основании величины кислородного индекса. В информационных источниках содержатся классификационные параметры, которые могут быть применены и для целлюлозосодержащих материалов: «полимеры, имеющие КИ менее 27 %, относятся к легкогорючим; материалы с КИ = 20-27 % горят в воздухе медленно; если кислородный индекс меньше 20 %, материалы в воздухе горят быстро. Полимеры считаются трудногорючими материалами и являются самозатухающими при выносе их из огня, если кислородный индекс превышает 27 %»⁷. Основываясь на представленных данных, можно предложить следующую классификацию для целлюлозосодержащих текстильных материалов: образца с величиной кислородного индекса меньше 27 % относятся к горючим; с величиной КИ больше 27 % – к трудногорючим.

Несмотря на то, что величина КИ не дает возможности классифицировать испытываемый материал по пожарной опасности согласно нормативным правовым актам⁸ ввиду

⁶ ГОСТ 12.1.044-89. Система стандартов безопасности труда. Пожаровзрывобезопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения. М.: Стандартинформ, 2006. 99 с.

⁷ Кислородный индекс – Карта знаний [Электронный ресурс]. https://kartaslov.ru/карта-знаний/Кислородный_индекс (дата обращения 28.01.2022).

отсутствия классификационных параметров, КИ является важным показателем пожарной опасности различных материалов, в том числе и целлюлозосодержащих. Величина КИ для большинства необработанных целлюлозосодержащих материалов близка к концентрации кислорода в воздухе, что свидетельствует о высокой пожарной опасности материала. Зная КИ материала без огнезащитной обработки, можно оценить эффективность сопротивления

материала с нанесенным антипиреном воздействию пламени.

Таким образом, в ходе работы наглядно продемонстрирована возможность применения метода определения КИ для сравнительной оценки пожарной опасности целлюлозосодержащих материалов различного назначения, в том числе прошедших огнезащитную обработку.

Список литературы

1. Орленко Л. В. Терминологический словарь одежды. М.: Легпромбытиздат, 1996. 344 с.

References

1. Orlenko L. V. *Terminologicheskij slovar' odezhdy* [Terminological dictionary of clothes]. M.: Legprombytizdat, 1996. 344 p.

Спиридонова Вероника Гербертовна

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Иваново
адъюнкт очной формы обучения
E-mail: nika.spiridonowa@yandex.ru

Spiridonova Veronika Gerbertovna

Federal State Budget Educational Establishment of Higher Education «Ivanovo Fire Rescue Academy of State Firefighting Service of Ministry of Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters»,
Russian Federation, Ivanovo
postgraduate student
E-mail: nika.spiridonowa@yandex.ru

Панев Никита Михайлович

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Иваново
кандидат технических наук
E-mail: panm7@mail.ru

Panev Nikita Mikhailovich

Federal State Budget Educational Establishment of Higher Education «Ivanovo Fire Rescue Academy of State Firefighting Service of Ministry of Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters»,
Russian Federation, Ivanovo
E-mail: panm7@mail.ru

Циркина Ольга Германовна

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Иваново
доктор технических наук, профессор, доцент
E-mail: ogtsirkina@mail.ru

Tsirkina Ol'ga Germanovna

Federal State Budget Educational Establishment of Higher Education «Ivanovo Fire Rescue Academy of State Firefighting Service of Ministry of Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters»,
Russian Federation, Ivanovo
doctor of technical sciences, professor, associate professor

⁸ Технический регламент о требованиях пожарной безопасности: Федер. закон от 22.07.2008 № 123-ФЗ; принят Гос. Думой 04.07.2008 г.; одобр. Сов. Федерации 11.07.2008 // Собр. законодательства РФ. 2008. № 30 (ч. I), ст. 3579.

E-mail: ogtsirkina@mail.ru

Ульева Светлана Николаевна

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Иваново

кандидат химических наук, доцент

E-mail: jivotjagina@mail.ru

Ulieva Svetlana Nikolaevna

Federal State Budget Educational Establishment of Higher Education «Ivanovo Fire Rescue Academy of State Firefighting Service of Ministry of Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters»,

Russian Federation, Ivanovo

candidate of chemical sciences, associate professor

E-mail: jivotjagina@mail.ru

Шарнина Любовь Викторовна

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Иваново

профессор, доктор технических наук, профессор

E-mail: sharnina51@mail.ru

Sharnina Liubov Victorovna

Federal State Budget Educational Establishment of Higher Education «Ivanovo Fire Rescue Academy of State Firefighting Service of Ministry of Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters»,

Russian Federation, Ivanovo

professor, doctor of technical sciences , Professor

E-mail: sharnina51@mail.ru

ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ

К рассмотрению принимаются рукописи в электронном формате документа Microsoft Word (*.doc, *.docx). Файлы высылаются по адресу: journal@edufire37.ru

Статьи должны полностью соответствовать специальности журнала.

Обязательно указание места работы всех авторов, их должностей и контактной информации.

В статье указывается шифр основной специальности, по которой выполнена работа.

При направлении материалов в редакцию по электронной почте в одном письме направляются:

- файл статьи в формате MS Word;
- внешняя рецензия, заверенная в установленном в организации порядке (рецензенты и авторы статей не должны находиться в должностных отношениях);
- сканированная копия сопроводительного письма.

ТРЕБОВАНИЯ К ПОДГОТОВКЕ СТАТЕЙ

Обязательные элементы рукописи:

УДК, аннотация, ключевые слова, текст статьи.

Аннотация должна иметь объем 150–200 слов, а её содержание – отражать структуру статьи.

Минимальный объем ключевых слов – 5. Ключевые слова отделяются друг от друга точкой с запятой.

В структуру статьи должны входить: введение (краткое), цель исследования, материал и методы исследования, результаты исследования и их обсуждение, выводы или заключение, список литературы.

Структура размещения статьи в журнале:

- Блок 1 – на русском языке: УДК; название статьи; автор(ы); адресные данные авторов (полное юридическое название организации, адрес организации, адрес электронной почты всех или одного автора); аннотация; ключевые слова;
- Блок 2 – транслитерация и перевод на английский язык соответствующих данных Блока 1 в той же последовательности: название статьи – на английском языке; авторы – на латинице (транслитерация); название организации, адрес организации, аннотация, ключевые слова – на английском языке;
- Блок 3 – полный текст статьи на языке оригинала (русском), оформленный в соответствии с действующими требованиями Журнала;
- Блок 4 – список литературы на русском языке (название «Список литературы»);
- Блок 5 – список литературы в романском алфавите (название References). Если список литературы состоит только из англоязычных источников, то Блок 5 может отсутствовать.
- Блок 6 – сведения об авторах на русском и английском языках.

Технические требования к оформлению

Рукописи представляются в формате А4. Объем представляемых рукописей (с учетом пробелов):

- статьи – до 20 тысяч знаков;
- обзора – до 60 тысяч знаков;
- краткого сообщения – до 10 тысяч знаков.

Оформление текста статьи:

- для набора используется шрифт Arial, размер шрифта – 10;
- отступ первой строки абзаца 1,25 см;
- все поля 2 см;
- все аббревиатуры и сокращения должны быть расшифрованы при первом использовании;
- недопустимо использование расставленных вручную переносов.

Оформление формул, рисунков и таблиц:

• формулы набираются в редакторе формул Microsoft Equation 3.0 или Math Type 5.0-6.0 Equation (шрифт Arial), размер шрифта – 10. Пояснения к формулам (экспликации) должны быть набраны в подбор (без использования красной строки). Формулы нумеруют в круглых скобках по правому краю страницы;

- в тексте статьи обязательно должны содержаться ссылки на таблицы, рисунки, графики;
- графики, рисунки и фотографии монтируются в тексте после первого упоминания о них.

Количество графического материала должно быть минимальным (не более 5 рисунков). Буквы и цифры на рисунке должны быть разборчивы, оси на графиках подписаны. Рисунки и фотографии следует представлять в черно-белом варианте; они должны иметь хороший контраст и разрешение. Рисунки в виде ксерокопий из книг и журналов, а также плохо отсканированные не принимаются. Рисунки обяза-

тельно должны быть сгруппированы (т.е. не должны «разваливаться» при перемещении и форматировании);

- подрисуночные подписи размещаются по центру;
- названия рисунков даются под ними после слова «Рис.» с порядковым номером. Слово «Рис.» с порядковым номером пишется полужирно, название рисунка – с прописной буквы, обычным шрифтом: **Рис. 1.** Отдельные элементы дымопроницаемой мембраны в сложенном состоянии;
- если рисунок в тексте один, номер не ставится: **Рисунок.** Статистика пожаров, произошедших на различных объектах;
- подрисуночные подписи не входят в состав рисунка, а располагаются отдельным текстом под иллюстрацией. Если на рисунке вводятся новые (ранее не встречавшиеся в тексте) обозначения, они должны быть расшифрованы в подрисуночной подписи; также здесь поясняются элементы, обозначенные на рисунке цифрами. Рекомендуемая ширина рисунков не более 7,5 см;
- ссылки в тексте на таблицы пишутся: «табл.», «табл. 1»;
- слово «Таблица» с порядковым номером и названием размещается по центру. Слово «Таблица» набирается курсивом, название таблицы выделяется полужирно: **Таблица 1. Экспериментальные данные по допустимым срокам непрерывной продолжительности работы в изолирующих термоагрессивостойких костюмах для пожарных;**
- единственная в статье таблица не нумеруется: **Таблица. Анализ оборудования для подачи воздушно-механической пены;**
- по возможности следует избегать использования рисунков и таблиц, размер которых требует альбомной ориентации страницы;
- поворот рисунков и таблиц в вертикальную ориентацию недопустим;
- текст статьи не должен заканчиваться таблицей, рисунком или формулой.

Правила оформления списка литературы

После текста статьи приводится список литературы, оформленный в строгом соответствии с ГОСТ Р 7.0.5-2008.

Источники указываются в порядке цитирования в тексте. На все источники из списка литературы должны быть ссылки в тексте.

В список литературы включаются только научные и приравненные к ним публикации (статьи, монографии, учебные издания, патенты на изобретения, авторские свидетельства). Ссылки на нормативные документы (законы, постановления, стандарты) должны оформляться как подстрочные сноски.

В статье должны быть представлены два варианта списка использованной литературы:

– список на русском языке. Для изданий на русском языке обязательна транслитерация оригинального названия и перевод названия на английский язык (в квадратных скобках); тире, а также символ // в описании на английском языке не используются;

– список в романском алфавите (References). В References при переводе статьи на английский названия изданий и журналов не переводятся, используется транслитерация.

Для изданий на английском языке транслитерация не производится.

Если есть, обязательно указывается DOI.

Материалы предоставляются по адресу:

Россия, 153040, Ивановская область, г. Иваново, проспект Строителей, д. 33
Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Редакция журнала «Современные проблемы гражданской защиты»,
тел.: (4932) 93-08-00 доб. 5-71; e-mail: journal@edufire37.ru

СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ГРАЖДАНСКОЙ ЗАЩИТЫ
№ 1 (42), 2022

Подписано в печать 24.03.2022 г. Формат 60 × 90 1/8.
Бумага офсетная. Печать цифровая.
Усл. печ. л. 12,8. Тираж 100 экз. Заказ № 82.

Оригинал-макет подготовлен
Ивановской пожарно-спасательной академией ГПС МЧС России
АДРЕС РЕДАКЦИИ (ИЗДАТЕЛЯ): 153040, г. Иваново, проспект Строителей, д. 33;
тел.: (4932) 93-08-00, доб. 571; e-mail: journal@edufire37.ru

Отпечатано в АО «Информатика»
153032, г. Иваново, ул. Ташкентская, 90