

В ЭТОМ НОМЕРЕ:**ПОЖАРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ**

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА УПРАВЛЕНИЯ ПРОТИВОПОЖАРНЫМИ РАССТОЯНИЯМИ ОТ ГРАНИЦ ОТКРЫТЫХ ПЛОЩАДОК ДЛЯ ХРАНЕНИЯ АВТОТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ ДО ОБЪЕКТОВ ЗАЩИТЫ <i>Волошенко А. А., Мельниченко Ю. В., Зыков П. И., Штеба Т. В.</i>	3
ИДЕНТИФИКАЦИЯ ОПАСНОСТЕЙ НА ОБЪЕКТАХ, НА КОТОРЫХ ОБРАЩАЕТСЯ ОДОРАНТ <i>Пермяков В. Н., Мартынович В. Л.</i>	13
ВЛИЯНИЕ ИНДЕКСА ПРОМЫШЛЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА НА ОСНОВНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ОБСТАНОВКИ С ПОЖАРАМИ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ <i>Штерензон В. А., Худякова С. А., Шпаньков А. В.</i>	18
ПРАКТИКА ПРИМЕНЕНИЯ РИСК-ОРИЕНТИРОВАННОГО ПОДХОДА В ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ПОЖАРНОГО НАДЗОРА <i>Зобков Д. В.</i>	28
К ВОПРОСУ О СРЕДСТВАХ И МЕТОДАХ ТУШЕНИЯ ТОРФЯНЫХ ПОЖАРОВ <i>Карпузииков А. А., Горелик А. С., Дьяков М. В., Тикина И. В., Стороженко Л. А, Антонов А. В.</i>	37
ВЫЯВЛЕНИЕ ДИНАМИКИ ОЦЕНОК РЕГИОНОВ НА ПРИМЕРЕ РАЗРАБАТЫВАЕМОЙ МЕТОДИКИ ОЦЕНКИ СТЕПЕНИ РЕАЛИЗАЦИИ ОРГАНАМИ ИСПОЛНИТЕЛЬНОЙ ВЛАСТИ СУБЪЕКТОВ РФ ПОЛНОМОЧИЙ В ОБЛАСТИ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ <i>Искалин В. И., Туз Н. В., Кононко П. П., Домрачев К. В.</i>	50
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВРЕМЕНИ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ПОЖАРА ПРИ ИЗУЧЕНИИ КИНЕТИКИ СОХРАНЕНИЯ ОСТАТКОВ СВЕТЛЫХ НЕФТЕПРОДУКТОВ В ОБЪЕКТАХ-НОСИТЕЛЯХ РАЗНОЙ ПРИРОДЫ <i>Кочеткова Е. Б.</i>	61
ПОВЫШЕНИЕ НАДЁЖНОСТИ ПРОТИВОПОЖАРНОГО ОБОРУДОВАНИЯ И СИСТЕМ ПОЖАРНОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ <i>Криворогова А. С., Ильиных Н. И., Ильиных С. А., Беззапонная О. В., Гельчинский Б. Р., Девяткин Н. О.</i>	72

**АНАЛИЗ ПОСЛЕДСТВИЙ ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ
В ТЮМЕНСКОЙ ОБЛАСТИ**

*Басуматорова Е. А., Дронова М. В., Александрой В. И.,
Винокуров В. Н., Романов С. В.*..... **87**

**МЕТОДИКА РАСЧЕТА ОЦЕНКИ ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКИХ
МЕРОПРИЯТИЙ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ
НА ОБЪЕКТАХ НЕФТЕДОБЫВАЮЩЕЙ ОТРАСЛИ. ЧАСТЬ 1.
ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПОДХОДА**

Мухаметзянов Н. З., Султанов Р. М., Хафизов И. Ф...... **93**

БЕЗОПАСНОСТЬ В ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РОБОТОТЕХНИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ
ПРИ БОРЬБЕ С ПОЖАРАМИ НА РАДИАЦИОННО ОПАСНЫХ
ОБЪЕКТАХ: ОБОБЩЕНИЕ ОПЫТА, ПРОБЛЕМЫ И ПУТИ РЕШЕНИЯ**

*Вишняков А. В., Мураев Н. П., Логинов В. В.,
Дьяков К. В.*..... **101**

УДК 614.841.3

volax84@mail.ru

**АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА УПРАВЛЕНИЯ ПРОТИВОПОЖАРНЫМИ
РАССТОЯНИЯМИ ОТ ГРАНИЦ ОТКРЫТЫХ ПЛОЩАДОК ДЛЯ ХРАНЕНИЯ
АВТОТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ ДО ОБЪЕКТОВ ЗАЩИТЫ****AUTOMATION OF THE PROCESS OF MANAGEMENT OF FIRE DISTANCES
FROM THE BORDERS OF OPEN AREAS FOR STORAGE OF VEHICLES
TO PROTECTION OBJECTS**

*Волошенко А. А.¹, кандидат технических наук,
Мельниченко Ю. В.², кандидат технических наук, доцент,
Зыков П. И.², кандидат технических наук, доцент,
Штеба Т. В.², кандидат технических наук, доцент,
¹Академия ГПС МЧС России, Москва
²Уральский институт ГПС МЧС России, Екатеринбург*

*Voloshenko A.¹,
Melnichenko Yu.², Zykov P.², Shteba T.²,
Academy of GPS of the Ministry of Emergency Situations of Russia, Moscow
Ural Institute of State Fire Service EMERCOM of Russia, Ekaterinburg*

В статье обозначена проблема определения противопожарных расстояний от границ открытых площадок, предназначенных для хранения автотранспортных средств (АТС), до различных объектов защиты. Анализ нормативных документов, содержащих требования пожарной безопасности, показал необходимость применения методики по расчету возможного воспламенения горючего материала от воздействия на него излучающего теплового потока в результате возникшего пожара с целью установления минимально допустимого противопожарного расстояния. Показано, что эффективным инструментом для применения расчетных формул и определения безопасного расстояния от границ открытых площадок АТС является компьютерная программа, разработанная для ЭВМ – «Оценка безопасного расстояния от границ открытых площадок автотранспортных средств». В статье представлен алгоритм применения программного продукта. Программа позволяет учитывать вид излучающей поверхности (кузов, проем) с ее расчетными значениями, расположение (переднее, заднее, боковое), количество АТС, вид горящего материала с его расчетными значениями, тип облучаемого материала с учетом его расчетных значений, а также расположение облучаемого материала относительно поверхности излучения (по центру, перпендикулярно, вне центра зоны). Показано, что использование программы существенно упростит оценку, связанную с имущественным ущербом при реализации своей деятельности лицами надзорных органов и сотрудниками экспертных учреждений МЧС России по установлению безопасного расстояния от границ открытых площадок АТС до различных зданий и сооружений.

Ключевые слова: автотранспортное средство, распространение пожара, тепловой поток, противопожарное расстояние, программа оценки безопасного расстояния

The article outlines the problem of determining fire-prevention distances from the boundaries of open areas intended for the storage of vehicles (ATS) to various objects of protection.

An analysis of regulatory documents containing fire safety requirements showed the need to apply a methodology for calculating the possible ignition of a combustible material from exposure to a radiant heat flux as a result of a fire in order to establish the minimum allowable fire distance. It is shown that an effective tool for applying calculation formulas and determining the safe distance from the boundaries of the open areas of the automatic telephone exchange is a computer program developed for the computer: "Assessment of the safe distance from the boundaries of the open areas of motor vehicles." The article presents an algorithm for using a software product. The program allows you to take into account the type of radiating surface (body, opening) with its calculated values, location (front, rear, side), the number of ATS, the type of burning material with its calculated values, the type of irradiated material, taking into account its calculated values, as well as the location of the irradiated material relative to the radiation surface (in the center, perpendicularly, outside the center of the zone).

It is shown that the use of the program will significantly simplify the assessment associated with property damage in the implementation of their activities by persons of supervisory authorities and employees of expert institutions of the Russian Emergencies Ministry to establish a safe distance from the boundaries of open areas of automatic telephone exchanges to various buildings and structures.

Keywords: motor vehicle, fire propagation, heat flux, fire distance, safety distance assessment program

Тема обеспечения пожарной безопасности объектов хранения автотранспортных средств актуальна, во-первых, потому что количество транспорта в России ежегодно увеличивается в среднем на 2,3 %. Так, на начало 2021 г. только легковых автомобилей в стране насчитывалось

порядка 45 млн единиц [1]. Во-вторых, транспортные средства традиционно считаются пожароопасными, о чем свидетельствуют данные статистики пожаров, приведенные на рис. 1 и 2.

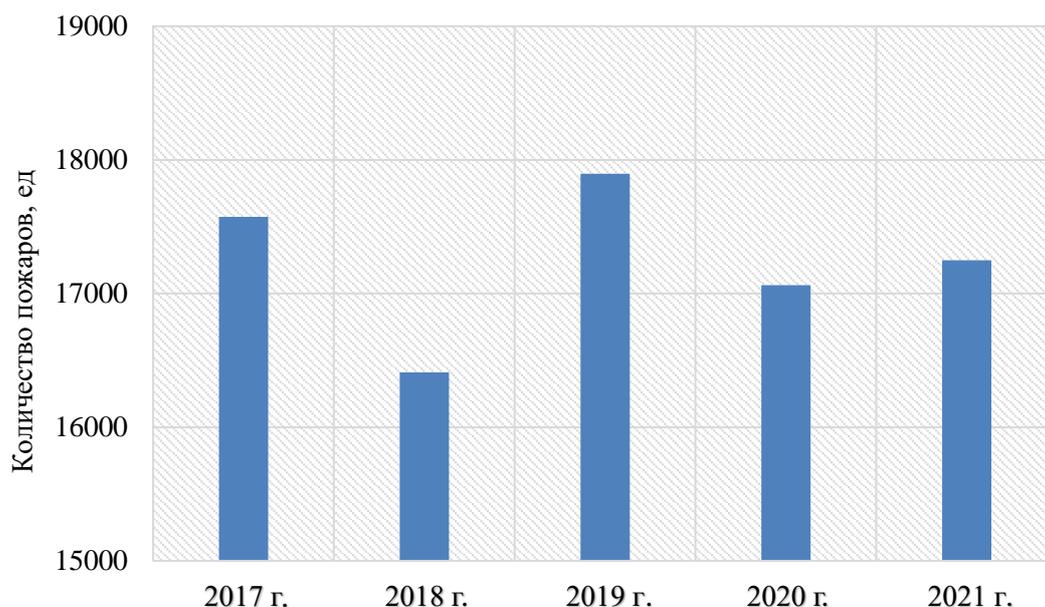


Рисунок 1. Количество пожаров на транспортных средствах за пять лет

Статистические данные по пожарам, произошедшим в РФ в период с 2017 по 2021 гг, показывают, что на транспортных средствах в среднем в год происходит 17238 пожаров [2].

Как видно из диаграммы, представленной на рис. 2, несмотря на то, что в процентном соотношении за последние три года количество пожаров на АТС сравнительно с другими объектами стало меньше, ущерб от них все же остается весьма значительным.

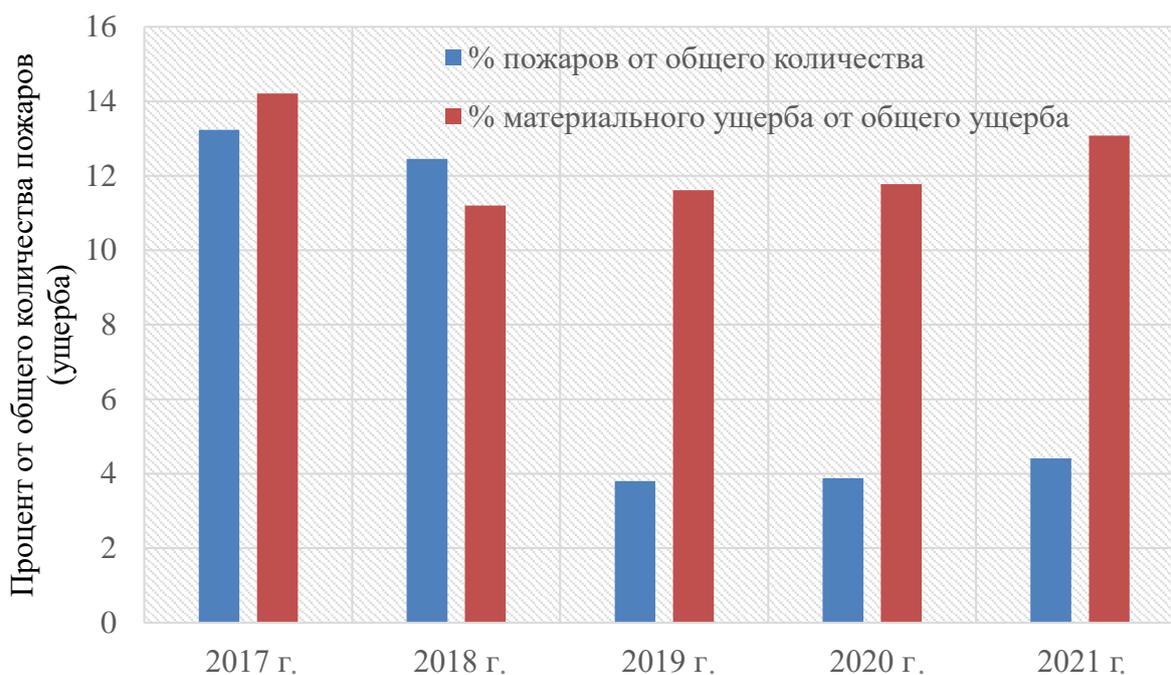


Рисунок 2. Количество пожаров и прямой материальный ущерб от них на автотранспортных средствах в процентном соотношении от других объектов по РФ

Анализ ситуации с пожарами по видам транспортных средств за рассмотренный период времени показал, что из года в год наблюдается примерно одинаковая картина: наибольшее количество пожаров происходит на легковом автомобильном транспорте – порядка 78 %, как видно из диаграммы (рис. 3).

Очевидным является тот факт, что пожары, происходящие на АТС, расположенных как на открытой стоянке,

так и на территории различных объектов (промышленные, складские, административные и др.), наносят ущерб не только самим владельцам транспортных средств, но и соседним объектам защиты. Статистический анализ мест возникновения пожаров на АТС, произошедших в течение одного года, представлен в табл. 1.

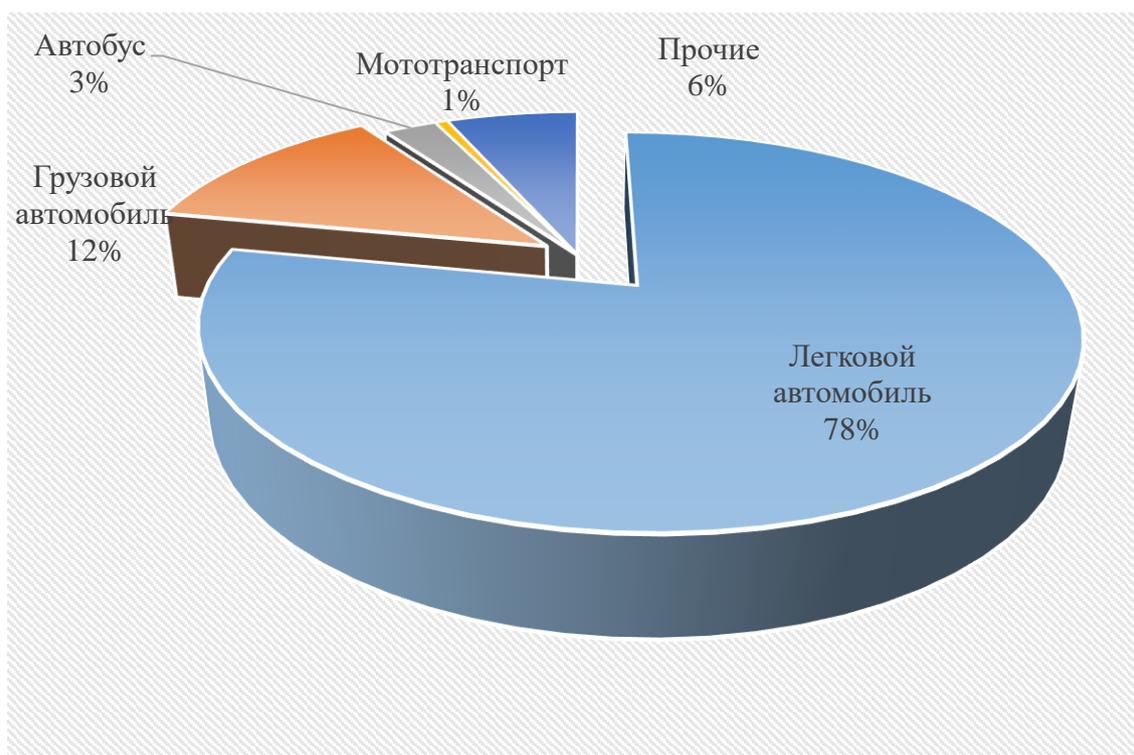


Рисунок 3. Количество пожаров и прямой материальный ущерб от них на автотранспортных средствах в процентном соотношении от других объектов по РФ

Таблица 1
Анализ мест возникновения пожаров на АТС

Место возникновения пожара (осек АТС)	Количество пожаров, ед.						
	Всего по данной группе	Здания производственного назначения и склады	Места открытого хранения веществ	Сельскохозяйственные здания	Строящиеся здания	Сооружения, установки	Транспортные средства
Кабина водителя, машиниста	694	3	1	1	0	1	688
Салон, кузов	5860	4	11	0	0	0	5845
Отсек двигателя	8206	7	3	1	0	1	8194
Прочее	1831	1	22	0	0	4	1804

Данные, приведенные от горящих конструкций АТС (кузов, проем) заключается в воздействии излучающего места АТС. Так, пожарная опасность

емого теплового потока, способного воспламенить материалы строительных конструкций зданий и сооружений, расположенных рядом. Между тем требования пожарной безопасности, приведенные в нормативных документах, в части ограничения распространения пожара зачастую являются противоречивыми, а в отдельных случаях, по нашему мнению, избыточными или недостаточными, поскольку не учитывают специфику конкретных объектов защиты, особенности воздействия теплового потока и т. п. [3, 6],

Требования в области обеспечения пожарной безопасности [3], направленные на исключение возможности распространения пожара между объектами защиты, в том числе от стоянок АТС, до рядом расположенных зданий, сооружений требуют определения и уточнения [4].

Одним из методов, способствующих ограничению распространения пожара между объектами защиты, в настоящее время в законодательстве считается противопожарная преграда в виде нормативного противопожарного расстояния от стоянок АТС [5, 6, 7].

Значение противопожарного расстояния от стоянки АТС до различных зданий, сооружений устанавливается в зависимости:

- от функционального назначения, степени огнестойкости и класса пожарной опасности объекта защиты;
- вида АТС;
- количества АТС;
- применения расчетных методик.

Одна из таких методик по оценке риска распространения пожара, позволяющая установить область эффективного применения нормативных требований пожарной безопасности по предотвращению распространения пожара от АТС до различных объектов защиты (производственные, складские, административные здания, сооружения, промышленные установки, АТС) в виде противопожарного расстояния и определить безопасное расстояние, пред-

ставлена в [8]. Однако практическое применение методики весьма затруднительно, поскольку она требует сбора большого количества расчетных показателей и обработки дополнительной информации.

Таким образом, научная проблема по установлению расчетного значения безопасного расстояния от АТС до различных объектов защиты на основе применения расчетных методик остается актуальной.

Повседневная практика показала, что развитие таких форм деятельности, как использование информационной поддержки при принятии решений по определению безопасных расстояний от АТС до объектов защиты позволит снять ряд барьеров при проведении проверки соответствия данных объектов требованиям пожарной безопасности.

При этом считаем целесообразным учитывать следующие характеристики:

- вид излучающей поверхности (легковой автомобиль, автобус, грузовик, мотоцикл);
- марка АТС;
- тип излучающей поверхности (кузов, проем);
- количество АТС;
- расположение (переднее, заднее, боковое);
- вид горящего материала в АТС (легковоспламеняющаяся жидкость, твердый горючий материал и т. д.).

Названные показатели могут оказывать существенное влияние на оценку безопасного расстояния от АТС до объектов защиты. Так, например, различное расположение излучающей поверхности АТС относительно пожароопасных облучаемых поверхностей качественно влияют на переход пожара между ними.

Для управления пожарными рисками, с учетом оценки излучающего теплового воздействия от пожара и установления безопасного расстояния от АТС до объектов защиты разработана программа для ЭВМ. «Оценка безопасного расстояния от границ открытых площадок

автотранспортных средств» [9]. Программа составлена на языке программирования *Delphi 7* с пользовательским интерфейсом для *Microsoft Windows* (рис. 4). Для

использования программы в практической деятельности при проведении расчетной оценки был разработан алгоритм (рис. 5).



Рисунок 4. Общий вид основного окна программы

При нажатии кнопки «Оценка безопасного расстояния от границ открытых площадок автотранспортных средств» выводится страница исходных данных по установлению безопасного расстояния от АТС до различных объектов (рис. 6).

Практическое применение предлагаемого программного продукта рассмотрим на примере излучающей поверхности «Легковой автомобиль».

При нажатии на вкладку «Легковой автомобиль» открывается ее содержание, в ячейки которого необходимо ввести параметры излучающей и облучаемой поверхностей:

- марка АТС;

- вид поверхности (кузов, проем) с ее расчетными значениями (например, ширина и высота кузова);
- расположение (переднее, заднее, боковое);
- количество АТС;
- горящий материал (ТГМ, ЛВЖ, ГЖ, СПГ, СУГ).

Далее вносят параметры облучаемого материала: вид облучаемого материала; расположение облучаемого материала относительно излучающей поверхности (по центру, перпендикулярно, вне центра зоны); расстояние до излучающей поверхности.

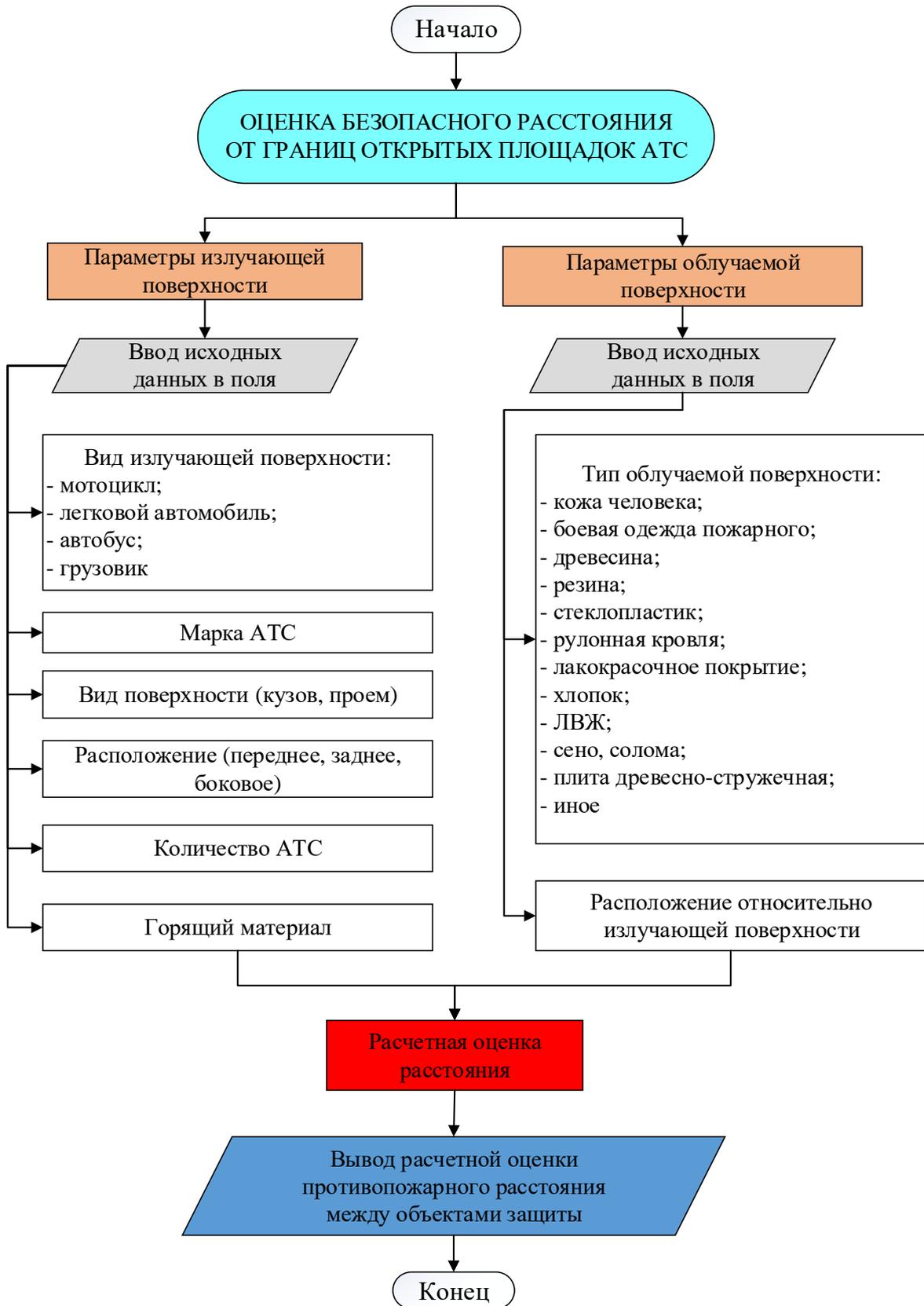


Рисунок 5. Алгоритм применения компьютерной программы для ЭВМ

Рисунок 6. Страница исходных данных

Данные показатели необходимы для установления расчетного значения излучающего теплового потока на выбранном расстоянии и последующего подбора безопасного расстояния.

Практическая реализация ввода всех исходных данных для получения расчетного значения представлена на рис. 7.

Рисунок 7. Пример ввода данных и результат расчета с выводом

В данном примере расстояние между излучающей и облучаемой поверхностями равно 3 м является безопасным, поскольку условие

$q_{\text{расч.}} = 4,308 \text{ кВт/м}^2 < q_{\text{кр}} = 15,3 \text{ кВт/м}^2$ выполняется.

Для реализации расчетной мето-

дики оценки излучающего теплового потока при пожаре с последующим установлением безопасного или предельно допустимого расстояния от границ открытых площадок АТС до различных зданий, сооружений был разработан программный продукт.

Применение разработанного информационного программного продукта в практической деятельности, безусловно, имеет большие преимущества в сравнении с типовой оценкой противопожарного расстояния между АТС и объектом защиты, поскольку позволяет учитывать специфику излучающей и облучаемой поверхностей; более точно и быстро оценить пожарную опасность объекта защиты; сократить

время на принятие оптимальных и обоснованных решений и разработку мероприятий по обеспечению пожарной безопасности при установлении безопасного расстояния от границ открытых площадок для хранения автотранспортных средств до объектов защиты.

Таким образом, значимость этой разработки настолько очевидна, что дальнейшее развитие различных форм деятельности позволит выполнить важные задания при использовании программы в рамках существующих финансовых и административных условий, а также в системе подготовки и обучении кадров в отношении поставленных задач.

Литература

1. Парк легковых автомобилей в России / Автостат. Аналитическое агентство. URL: <https://www.autostat.ru/infographics/47693/> (дата обращения: 28.11.2022).
2. Пожары и пожарная безопасность в 2021 г.: стат. сб. / В. С. Гончаренко и др. М., 2022. 114 с.
3. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности: федер. закон от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ. URL: <https://docs.cntd.ru/document/902111644> (дата обращения: 21.06.2022).
4. Проблема оценки пожарных рисков при применении требований пожарной безопасности по ограничению распространения пожара / В. И. Козлачков, И. А. Лобаев, А. А. Волошенко // Технологии техносферной безопасности. 2016. № 2 (66). С. 79–81.
5. СП 113.13330.2016. Стоянки автомобилей. Актуализированная редакция СНиП 21-02-99*: с изм. № 1. URL: <https://docs.cntd.ru/document/456044290> (дата обращения: 27.01.2022).
6. СП 4.13130.2013. Системы противопожарной защиты. Ограничение распространения пожара на объектах защиты. Требования к объемно-планировочным и конструктивным решениям: с изм. № 1. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200101593> (дата обращения: 21.06.2022).
7. ГОСТ 12.1.004–91. ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования: с изм. № 1. URL: <https://docs.cntd.ru/document/9051953> (дата обращения: 21.06.2022).
8. Зайцев В. В. Противопожарные расстояния между автотранспортными средствами на открытых пространствах: автореф. дис. ... канд. техн. наук. М., 2006. С. 22.
9. Волошенко А. А., Лобаев И. А. Экспресс-оценка риска причинения вреда от воздействия теплового потока при пожаре: свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2018618632 от 16.07.2018.

References

1. Car park in Russia / Avtostat. Analytical agency. URL: <https://www.autostat.ru/infographics/47693/> (date of access: 11/28/2022).
2. Fires and fire safety in 2020: A statistical collection / P. V. Polekhin, M. A. Chebukhanov, A. A. Kozlov, A. G. Firsov, V. I. Sibirko, V. S. Goncharenko, T. A. Chechetina. Under the general editorship of D. M. Gordienko. M., 2021. 112 p.
3. Technical regulations on fire safety requirements: feder. law No. 123-FZ of July 22, 2008. URL: <https://docs.cntd.ru/document/902111644> (date of application: 27.01.2022).
4. The problem of fire risk assessment when applying fire safety requirements to limit the spread of fire / V. I. Kozlachkov, I. A. Lobaev, A. A. Voloshenko // Technosphere safety technologies. 2016. № 2 (66). Pp. 79–81.
5. SP 113.13330.2016. Parking. Updated version of SNiP 21-02-99*: with revision No. 1. URL: <https://docs.cntd.ru/document/456044290> (accessed: 27.01.2022).
6. SP 4.13130.2013. Fire protection systems. Limiting the spread of fire at protection facilities. Requirements for space-planning and structural solutions (from revision No. 1). URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200101593> (date of address: 27.01.2022).

7. GOST 12.1.004-91 System of Occupational safety Standards (SSBT). Fire safety. General requirements: as amended No. 1. URL: <https://docs.cntd.ru/document/9051953> (accessed: 27.01.2022).
8. Zaitsev V. V. Fire-fighting distances between vehicles in open spaces: abstract. dis. ... candidate of Technical Sciences. M., 2006. 22 p.
9. Voloshenko A. A., Lobaev I. A. Express-assessment of the risk of harm from the effects of heat flow in a fire // Certificate of state registration of a computer program No. 2018618632 dated 16.07.2018.

УДК 614.8.084

martynovichvl@tyuiu.ru

**ИДЕНТИФИКАЦИЯ ОПАСНОСТЕЙ НА ОБЪЕКТАХ, НА КОТОРЫХ
ОБРАЩАЕТСЯ ОДОРАНТ****IDENTIFICATION OF HAZARDS AT THE FACILITIES WHERE THE ODORANT
IS APPLIED**

*Пермяков В. Н., доктор технических наук, профессор,
Мартынович В. Л., кандидат технических наук,
Тюменский индустриальный университет, Тюмень*

*Permyakov V., Martynovich V.,
Tyumen Industrial University, Tyumen*

Обеспечение промышленной безопасности на объектах магистрального трубопроводного транспорта, газораспределения и газопотребления, на которых обращается одорант, является актуальной задачей. С целью обеспечения промышленной безопасности, а также защиты населения и территорий от возможных чрезвычайных ситуаций техногенного характера, требуется корректная идентификация опасностей, связанных с обращением одоранта, в т. ч. на площадках газораспределительных станций. В настоящее время свойства одоранта недостаточно изучены, в связи с чем имеются различные трактования положений действующих нормативных правовых актов, не позволяющие в должной мере обеспечить безопасность как персонала опасных производственных объектов, так и населения, проживающего вблизи опасных производственных объектов. От правильной идентификации опасностей в рамках анализа риска на объектах магистрального трубопроводного транспорта зависит объем и корректность мероприятий по предотвращению неблагоприятного воздействия поражающих факторов возможных аварий.

Ключевые слова: одорант, смесь природных меркаптанов, этилмеркаптан, этантиол, промышленная безопасность

Ensuring industrial safety at the facilities of the main pipeline transport, gas distribution and gas consumption, where the odorant applies, is an urgent task. In order to ensure industrial safety, as well as to protect the population and territories from possible man-made emergencies, correct identification of hazards associated with the treatment of odorant, including at the site of the gas distribution station, is required. Currently, the properties of odorant have not been sufficiently studied, and therefore there are various interpretations of the provisions of the current regulatory legal acts that do not adequately ensure the safety of both personnel of hazardous production facilities and the population living near hazardous production facilities. The volume and correctness of measures to prevent the adverse effects of damaging factors of possible accidents depends on the correct identification of hazards in the framework of risk analysis at the facilities of the main pipeline transport.

Keywords: odorant, a mixture of natural mercaptans, ethyl mercaptan, ethantiol, industrial safety

Для обеспечения регионов Российской Федерации природным газом и во исполнение Программы газификации России на 2021-2025 гг., осуществляется активная

подготовка проектной документации строительства объектов, магистрального трубопроводного транспорта, газораспреде-

ния и газопотребления, в том числе площадок газораспределительных станций (далее – ГРС).

Как правило, частью технологического процесса ГРС является добавление к природному газу малыми порциями интенсивно пахнущего органического вещества – одоранта, способного придать специфический неприятный запах так, чтобы можно было обнаружить потребителями газа даже незначительные его утечки.

Несмотря на то, что использование одоранта в газовой промышленности осуществляется на протяжении десятков лет, его свойства и характеристики к настоящему времени недостаточно изучены [1]. Это приводит к неоднозначным трактованиям положений действующих нормативных правовых актов, а также реализации некорректных, дорогостоящих, а зачастую избыточных и бесполезных мероприятий по обеспечению промышленной безопасности.

Согласно п. 8.6.3 СТО Газпром 2-2.3-1081-2016 [2] в качестве одоранта используется смесь природных меркаптанов (далее – СПМ).

В России одорант производится на Оренбургском газоперерабатывающем заводе в соответствии с требованиями технических условий ТУ 51-31323949-94–2002 [3] следующих марок:

СПМ – первичный продукт, получаемый методом щелочной экстракции из стабильного газового конденсата, а также смеси стабильного конденсата с нефтью, топливных (бензиновых) фракций газового конденсата и нефти;

СПМ-1 – вторичный продукт, получаемый в процессе осушки СПМ от растворенной воды на адсорбционных фильтрах.

Согласно техническим условиям ТУ 51-31323949-94–2002 [3] состав смеси природных меркаптанов включает в себя следующие компоненты: этилмеркаптан (этантiol), пропилмеркаптан (пропантiol), бутилмеркаптан (бутантiol).

Необходимо отметить, что процентное содержание каждого из компонентов

в смеси не регламентировано техническими условиями ТУ 51-31323949-94–2002 [3], но результаты исследований, которые проводились в лаборатории Оренбургского газоперерабатывающего завода, показывают, что примерное процентное содержание компонентов в смеси составляет: этантiol – 26–41 %, пропантiol – 38–47 %, бутантiol – 7–13 %. При этом технологическим процессом получения одоранта

на газоперерабатывающем заводе не предусмотрено выделение отдельных компонентов из смеси, например, этилмеркаптана (этантiола). Очевидно, что для выделения какого-либо компонента из смеси необходимо создание определенных условий (давление, температура и т. д.), осуществление определенного химико-технологического процесса. В атмосферных же условиях компоненты смеси обладают схожими характеристиками по испаряемости, поэтому испарение компонентов смеси происходит практически одновременно.

Как уже было сказано выше, свойства самого одоранта (СПМ) недостаточно изучены [1], оценка его токсического воздействия на живые организмы (при вдыхании, при введении в желудок, при нанесении на кожу) не осуществлялась, поэтому, например, характер токсического воздействия паров одоранта при вдыхании живыми организмами приравнивали к характеру токсического воздействия паров этилмеркаптана (этантiола) – основного наиболее опасного компонента смеси.

Свойства чистого этилмеркаптана (этантiола) достаточно хорошо изучены и приведены, например, в справочнике [4], согласно которому по токсическому воздействию паров при вдыхании этилмеркаптан (этантiol) отнесен ко II классу опасности вредных веществ согласно ГОСТ 12.1.007–76 [5].

Отнесение одоранта (по этилмеркаптану) по токсическому воздействию при вдыхании ко II классу опасности по ГОСТ 12.1.007–76 [5] свидетельствует о

том, что одорант следует относить к токсичным веществам, определенным в соответствии с пунктом «д» части 1 приложения 1 к Федеральному закону № 116-ФЗ от 21.07.1997 «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» [6], для которых средняя смертельная концентрация вредного вещества в воздухе составляет от 500 до 2000 мг/м³ включительно.

Следовательно, при проведении анализа риска аварий на опасных производственных объектах, на которых обращается одорант, необходимо также рассматривать и сценарий с ингаляционным токсическим воздействием паров одоранта на персонал опасного производственного объекта и население, которое может оказаться в зоне возможного заражения.

В соответствии с действующими нормативными документами, при заблаговременном прогнозировании масштабов возможного химического заражения за величину выброса аварийно-химически опасного вещества следует принимать запас вещества в наибольшей единичной емкости на объекте.

Учитывая то, что согласно нормативным правовым актам, станции газораспределительные с узлом одоризации допускается размещать в пределах 300 м от границы населенного пункта, количество пострадавших при прогнозировании возможных сценариев аварий с выбросом химически опасного вещества может исчисляться десятками и даже сотнями человек, что ставит под сомнение легитимность расположения подобных объектов вблизи населенных пунктов. Расположение же проектируемых объектов с учетом зон возможного химического заражения приведет к значительному удорожанию строительства объекта.

Наличие зон возможного химического заражения влечет необходимость строительства дополнительных систем обеспечения безопасности, в том числе локальной системы оповещения населения,

что также приведет к существенным, зачастую необоснованным, финансовым и материальным затратам, связанным со строительством и периодическим обслуживанием системы оповещения.

Фактически же, по мнению авторов, одорант – смесь природных меркаптанов обладает менее токсическим воздействием при вдыхании, чем вредные вещества II класса опасности по ГОСТ 12.1.007–76 [5]. Об этом косвенно свидетельствуют данные, которые приведены в Паспорте безопасности химической продукции [7], который разработан на заводе по производству одоранта в соответствии с требованиями ГОСТ 30333–2007.

В пункте 11.6 Паспорта безопасности химической продукции [7] приведены результаты определения токсического воздействия на живые организмы (мыши и крысы) при вдыхании ими в течение 4 часов отдельных компонентов одоранта: этилмеркаптана, изо-пропилмеркаптана, н-пропилмеркаптана. Результаты экспериментов свидетельствуют, что средняя смертельная концентрация для живых организмов по этилмеркаптану (этантиолу) составила от 7158 до 11423 мг/м³, изо-пропилмеркаптану (пропантиолу-2) – более 10000 мг/м³, н-пропилмеркаптану (пропантиолу-1) – от 5663 до 23141 мг/м³. Сравнивая полученные данные с данными, которые приведены в пункте 1.2 ГОСТ 12.1.007–76 [5], можно прийти к выводу, что по показателю средней смертельной концентрации в воздухе отдельные компоненты, входящие в состав одоранта, соответствуют вредным веществам III класса опасности, для которого установленные пределы варьируются от 5001 до 50000 мг/м³. И по показателям средней смертельной концентрации в воздухе отдельные компоненты, входящие в состав одоранта, не относятся к токсичным и высокотоксичным веществам согласно пунктам «д» и «е» части 1 приложения 1 к Федеральному закону № 116-ФЗ

от 21.07.1997 «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» [6].

Действительно, ведь одорант добавляется в природный газ, который используется для коммунально-бытовых нужд, и отсутствие токсического воздействия на население – это одно из основных свойств и требований, которым должен обладать одорант [8].

Более того, Приказом Главного государственного санитарного врача РФ № 2 от 28.01.2021 утверждены и введены в действие санитарные правила и нормы СанПиН 1.2.3685–21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания» [9]. Согласно п. 500 таблицы 1.1 СанПиН 1.2.3685–21 [9] одорант (смесь природных меркаптанов с массовым содержанием этантиола 26–41 %, изопропан-тиола 38–47 %, втор-бутантиола 7–13 %) отнесен к IV классу опасности по ГОСТ 12.1.007–76 [5]. Здесь же указана предельно допустимая максимальная разовая концентрация вредного вещества, предотвращающая раздражающее действие, рефлекторные реакции, запахи при воздействии до 20–30 минут, которая составляет 0,012 мг/м³.

Необходимо отметить, что положения СанПиН 1.2.3685–21 [9] также легли в основу баз данных ряда сертифицированных экологических компьютерных про-

грамм (например, фирмы «Интеграл»), которые используются для расчета выбросов загрязняющих веществ от деятельности производственных предприятий, на которых обращается одорант.

В части 2 статьи 3 Федерального закона № 116-ФЗ от 21.07.1997 [6] указано, что требования промышленной безопасности должны соответствовать нормам санитарно-эпидемиологического благополучия населения, охраны окружающей среды, экологической безопасности, следовательно, при проведении анализа риска на опасном производственном объекте и выполнении требований по промышленной безопасности, соблюдение требований, установленных СанПиН 1.2.3685–21 [9] является также обязательным.

Необходимо проведение дополнительных исследований токсического воздействия одоранта – смеси природных меркаптанов на живые организмы, приведение к единым требованиям характеристик одоранта, исключающих различное трактование показателей, свойств, норм и требований, влияющих на мероприятия по обеспечению промышленной безопасности на опасных производственных объектах, на которых обращается одорант. Корректное трактование показателей, характеристик, норм и требований приведет к корректной идентификации опасностей в рамках анализа риска аварий на опасных производственных объектах, на которых обращается одорант.

Литература

1. Неретин Д. А. Экологически безопасный способ обезвреживания отходов одоризации природного газа: дис. ... канд. техн. наук. Самара, 2016. 181 с.
2. СТО Газпром 2-2.3-1081–2016. Газораспределительные станции. Общие технические требования: стандарт организации. М., 2016. 113 с.
3. ТУ 51-31323949-94–2002. Одорант природный ООО «Оренбурггазпром». Технические условия: утв. Начальником Управления по переработке газа, газового конденсата и нефти ОАО «Газпром» 16.12.2002.
4. Вредные вещества в промышленности: справочник для химиков, инженеров и врачей в 3 т. / под ред. Н. В. Лазарева, Э. Н. Левиной. Изд. 7-е, пер. и доп. Л., 1976. Т. 2. 624 с.
5. ГОСТ 12.1.007–76. ССБТ. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности // Консорциум «Кодекс»: сайт. URL: <http://docs.cntd.ru/document/5200233> (дата обращения: 02.11.2022).
6. О промышленной безопасности опасных производственных объектов: федер. закон № 116-ФЗ от 21.07.1997 // Консорциум «Кодекс»: сайт. URL: <http://docs.cntd.ru/document/9046058> (дата обращения: 05.11.2022).
7. Паспорт безопасности химической продукции. Одорант природный ООО «Оренбурггазпром». РПБ № 97152834.20.68480.

8. Калинина Е. Ю. Судебно-медицинская экспертиза отравлений бытовым газом (экспериментально-клиническое исследование): дис. ... д-р мед. наук. Оренбург, 2017. 289 с.

9. СанПиН 1.2.3685–21. Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания // Консорциум «Кодекс»: сайт. URL: <http://docs.cntd.ru/document/573500115> (дата обращения: 27.10.2022).

References

1. Neretin D. A. An environmentally safe method of neutralization of waste odorization of natural gas: dis. ... Candidate of Technical Sciences. Samara, 2016. 181 p.

2. STO Gazprom 2-2.3-1081–2016. Gas distribution stations. General technical requirements. M., 2016. 113 p.

3. TU 51-31323949-94–2002. Odorant natural LLC "Orenburggazprom". Technical conditions. Approved Head of the Gas, Gas Condensate and Oil Processing Department of Gazprom on 16.12.2002.

4. Harmful substances in industry. Handbook for chemists, engineers and doctors. In three volumes. Organic substances / ed. by N. V. Lazarev, E.N. Levina. Ed. 7th, trans and add. L., 1976. Vol. II. 624 p.

5. GOST 12.1.007–76. The system of occupational safety standards. Harmful substances. Classification and general safety requirements // Consortium "Codex": website. Access mode: <http://docs.cntd.ru/document/5200233> (accessed: 02.11.2022).

6. Federal Law No. 116-FZ of 21.07.1997 "On industrial safety of hazardous production facilities" // Consortium "Codex": website. Access mode: <http://docs.cntd.ru/document/9046058> (accessed: 05.11.2022).

7. Safety data sheet of chemical products. Odorant natural LLC "Orenburggazprom". BPH No. 97152834.20.68480.

8. Kalinina E. Y. Forensic medical examination of household gas poisoning (experimental clinical study): dis. ... Doctor of Medical Sciences. Orenburg, 2017. 289 p.

9. SanPiN 1.2.3685–21. Hygienic standards and requirements for ensuring the safety and (or) harmlessness of environmental factors for humans // Consortium "Codex": website. Access mode: <http://docs.cntd.ru/document/573500115> (accessed: 27.10.2022).

УДК 614.841.34

v.shterenzon@gmail.com

ВЛИЯНИЕ ИНДЕКСА ПРОМЫШЛЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА НА ОСНОВНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ОБСТАНОВКИ С ПОЖАРАМИ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**THE INFLUENCE OF THE INDUSTRIAL FACTOR TO MAIN INDICATORS OF FIRES SITUATION IN THE RUSSIAN FEDERATION**

*Штерензон В. А.¹, кандидат технических наук, доцент,
Худякова С. А.², кандидат педагогических наук, доцент,
Шпаньков А. В.²,*

*¹Уральский федеральный университет, Екатеринбург,
²Уральский институт ГПС МЧС России, Екатеринбург*

*Shterenzon V.¹, Khudyakova S.², Shpankov A.²,
¹Ural Federal University, Yekaterinburg,
²Ural Institute of State Fire Service of EMERCOM of Russia,
Yekaterinburg*

Среди факторов экономической устойчивости и безопасности систем (предприятие, корпорация, отрасль, регион, округ), отражающих сущность устойчивого экономического развития системы, важную роль играет показатель защищенности системы от факторов пожарной и техносферной опасности. Современные человеко-машинные системы и технологии проектируются и реализуются с позиций превентивного управления возможными техносферными и пожарными рисками, а само управление рисками рассматривается как часть важной стратегической задачи обеспечения экономической устойчивости и безопасности сложных эргатических систем. Среди проблем развития российских промышленных систем эксперты называют износ основных фондов, недостаточное качество и конкурентоспособность выпускаемой продукции, низкие темпы разработки и внедрения инновационных технологий и др. Очевидно, что уровень развития промышленного производства социально-экономической системы влияет на положение дел с пожарной и техносферной безопасностью. Поэтому так важно понимать характер влияния показателей производственной деятельности промышленного субъекта (предприятие, кластер, отрасль, регион и т. д.) на показатели пожарной и техносферной опасности и наоборот, а также установить модельное описание этого влияния. В статье исследуется влияние индекса промышленного производства, степени износа основных фондов на показатели обстановки с пожарами в субъектах Российской Федерации в период 2001–2020 гг. Установлено разновекторное влияние индекса промышленного производства, степени износа основных фондов, удельного веса полностью изношенных основных фондов на количество пожаров, количество погибших, материальный ущерб в субъектах Российской Федерации, сильная корреляционная связь между исследованными показателями не выявлена.

Ключевые слова: количество пожаров, количество погибших, материальный ущерб, индекс промышленного производства, степень износа основных фондов, удельный вес полностью изношенных основных фондов

Among the factors of economic stability and security of systems (enterprise, corporation, industry, region, district), reflecting the essence of sustainable economic development of the system, an important role is played by the indicator of the system's protection from

fire and technospheric hazard factors. Modern human-machine systems and technologies are designed and implemented from the standpoint of preventive management of possible technosphere and fire risks, and risk management itself is considered as part of an important strategic task of ensuring the economic sustainability and safety of complex ergonomic systems. Among the problems of the development of Russian industrial systems, experts name depreciation of fixed assets, insufficient quality and competitiveness of manufactured products, low rates of emergence and implementation of innovative technologies, etc. Obviously, the level of development of industrial production of the socio-economic system affects the state of affairs with fire and technosphere safety. Therefore, it is so important to understand the nature of the influence of indicators of industrial activity of an industrial entity (enterprise, cluster, industry, region, etc.) on indicators of fire and technosphere danger and vice versa, as well as to establish a model description of this influence. The article examines the influence of the index of industrial production, the degree of depreciation of fixed assets on the indicators of the situation with fires in the constituent entities of the Russian Federation in 2001–2020 years. The multidirectional influence of the index of industrial production, the degree of depreciation of fixed assets, the share of completely worn out fixed assets on the number of fires, the number of deaths, material damage in the constituent entities of the Russian Federation was established, a strong correlation between the studied indicators was not revealed.

Keywords: number of fires, death toll, material damage, industrial production index, degree of depreciation of fixed assets, share of completely depreciated fixed assets

Введение

В современном понимании качество жизни – это интегрированное понятие, отражающее удовлетворенность человека той жизнью, которой он живет в конкретное время в конкретном месте. При оценке уровня качества жизни обычно оценивают состояние здравоохранения, образования, экологии, занятости, пожарной и техносферной безопасности и т.д. И при таком подходе пожарная безопасность является не столько стратегической целью, сколько одним из стратегических инструментов повышения уровня социально-экономического развития и качества жизни населения. В настоящее время в России существует значительное количество опасных и технически сложных инфраструктурных производственных промышленных объектов разного уровня пожарной опасности, что актуализирует проблему оценки влияния промышленного развития на пожарную опасность на уровне федерального округа, региона, города, района, предприятия. Тем более, что ситуация с Covid-19 в разных странах в 2020–2021 гг., последствия и последующие события показали,

что для перехода в шестой технологический уклад [1] потребуются кардинально повысить уровень и темпы развития промышленного производства.

Промышленное производство – это производство материальных ценностей с использованием ресурсов (машин, технологий, знаний, человека) на базе промышленных предприятий. Само понятие «промышленность» традиционно охватывает отрасли, связанные с добычей природных ресурсов (в твердом, жидком, газообразном состоянии), и отрасли, связанные с обработкой/выработкой/переработкой природных ресурсов в полуфабрикаты или конечные продукты. Основной целью жизнедеятельности любого предприятия (совокупности предприятий, отрасли и т. д.) является получение прибыли от выпуска и продажи на внутреннем или внешнем рынке конкурентоспособной и востребованной продукции. Прибыль является источником финансирования для покупки новых технологий и оборудования, повышения качества производственных условий, процессов и персонала. Любые техно-

генные катастрофы, пожары и их последствия приводят к сбоям производственного процесса, незапланированным производственным простоям, внеплановым затратам, возможным потерям репутации и занимаемой доли рынка.

Сборники статистики пожаров и их последствий, которые ежегодно публикуются ФГБУ ВНИИПО МЧС России, указывают на следующие основные причины возникновения пожаров на производстве: неисправность электроаппаратуры и коммуникаций, неисправность производственного оборудования, нарушение технологических процессов, неисправность отопительных и вентиляционных систем, взрыв, искрообразование в ходе различных технологических процессов, умышленный поджог, человеческий фактор. Анализ статистических данных по показателям обстановки с пожарами в Российской Федерации за 2001–2020 гг. [2–6] показывает, что в указанный период, кроме 2019–2020 гг, количество пожаров и погибших уменьшалось, а материальный ущерб возрастал. Актуальность данной работы определяется тем, что исследований влияния промышленного производства на пожарную и техносферную опасность сегодня недостаточно.

Влияние индекса промышленного производства на показатели обстановки с пожарами

Ранее в работе [7] авторами были изложены результаты исследования влияния индекса качества жизни, как комплексной количественной характеристики субъекта РФ, на показатели обстановки с пожарами. Индекс качества жизни оценивается по 100-бальной шкале и отражает ключевые стороны жизни людей в данном субъекте РФ. Был установлен средний уровень корреляционной связи между количеством пожаров, количеством погибших, материальным ущербом и индексом качества жизни. Были выделены три группы субъектов, в которых влияние индекса качества жизни на количество пожаров, количество

погибших, материальный ущерб имеет совершенно различное модельное описание. В данной работе в качестве показателей промышленного производства в регионах и федеральных округах Российской Федерации также выбраны укрупненные показатели – индекс промышленного производства, степень износа основных фондов, удельный вес полностью изношенных основных фондов.

В соответствии с методологией, изложенной в [8], индекс промышленного производства – агрегированный индекс (интегрированный показатель) производства по видам экономической деятельности промышленного производства, один из основных макроэкономических индикаторов развития производства (товаров, работ, услуг). В этом индексе не учитывается строительство. Исторически индекс промышленного производства является одним из наиболее популярных макроэкономических индексов и часто используемых индикаторов краткосрочной статистики [9]. В работе [9] рассмотрены методики расчета индекса промышленного производства, а в работе [8] рассмотрена официальная статистическая методология исчисления индекса промышленного производства Федеральной службой государственной статистики (Росстат) в Российской Федерации. Существенным отличием современной методологии является расширение охватываемых индексом отраслей промышленности, если раньше это были только добыча полезных ископаемых, обрабатывающая промышленность и снабжение электроэнергией и газом, то теперь индекс рассматривает также раздел «водоснабжение, системы канализации, удаление отходов и меры по восстановлению окружающей среды» [9].

Очевидно, что чаще всего индекс промышленного производства исследуется специалистами по макроэкономике и региональной экономике для анализа динамики подъема или спада экономики предприятия, отрасли, региона и т. д. Изменения ин-

декса промышленного производства позволяют определить, на сколько значительны спад/подъем, каковы среднесрочные тренды развития и т. д. Безусловно, повышение индекса промышленного производства – явление положительное, которое формируется постепенно за счет совместного действия большого количества позитивных факторов (повышение производительности и эффективности производства, развитие инновационной и инвестиционной деятельности, повышение профессиональных качеств персонала и т. д.).

Как свидетельствуют исследования авторов статьи (рис. 1), за последние 20 лет индекс промышленного производства в Российской Федерации менялся неоднозначно, имея вполне объяснимые макроэкономические кризисные снижения в 2009 г., в 2015 г., в 2020 г. Данные взяты с сайта Федеральной службы государственной статистики (Росстат) [10]. Вместе с тем, как было показано в работе [11], прослеживается слабо коррелированная тенденция (коэффициент парной корреляции $r \sim -0,35$) к понижению индекса промышленного производства во времени.

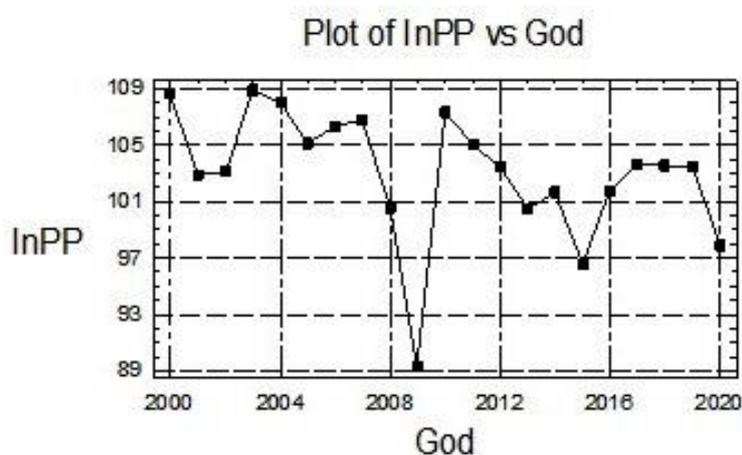


Рисунок 1. Динамика индекса промышленного производства в России в 2000–2020 гг.

Статистический анализ выявил незначительную корреляционную связь между индексом промышленного производства (в целом по Российской Федерации) и количеством пожаров в рассматриваемый период 2001–2020 гг. Вместе с тем была выявлена слабая положительная корреляционная связь (коэффициент парной корреляции $r \sim 0,4$) между индексом промышленного производства и количеством погибших от пожаров в России, а также была выявлена слабая отрицательная корреляционная связь (коэффициент парной корреляции $r \sim -0,4$) между индексом промышленного производства и материальным ущербом от пожаров за указанный период.

На рис. 2 показаны графики, иллюстрирующие характер влияния индекса промышленного производства на количество пожаров, количество погибших и материальный ущерб по федеральным округам Российской Федерации в период 2000–2020 гг. Обозначения: FO – федеральный округ (ФО), Central – Центральный ФО, North_West – Северо-Западный ФО, South – Южный ФО, North_Cau – Северо-Кавказский ФО, PoVolga – Приволжский ФО, Ural – Уральский ФО, Siberia – Сибирский ФО, Far East – Дальневосточный ФО.

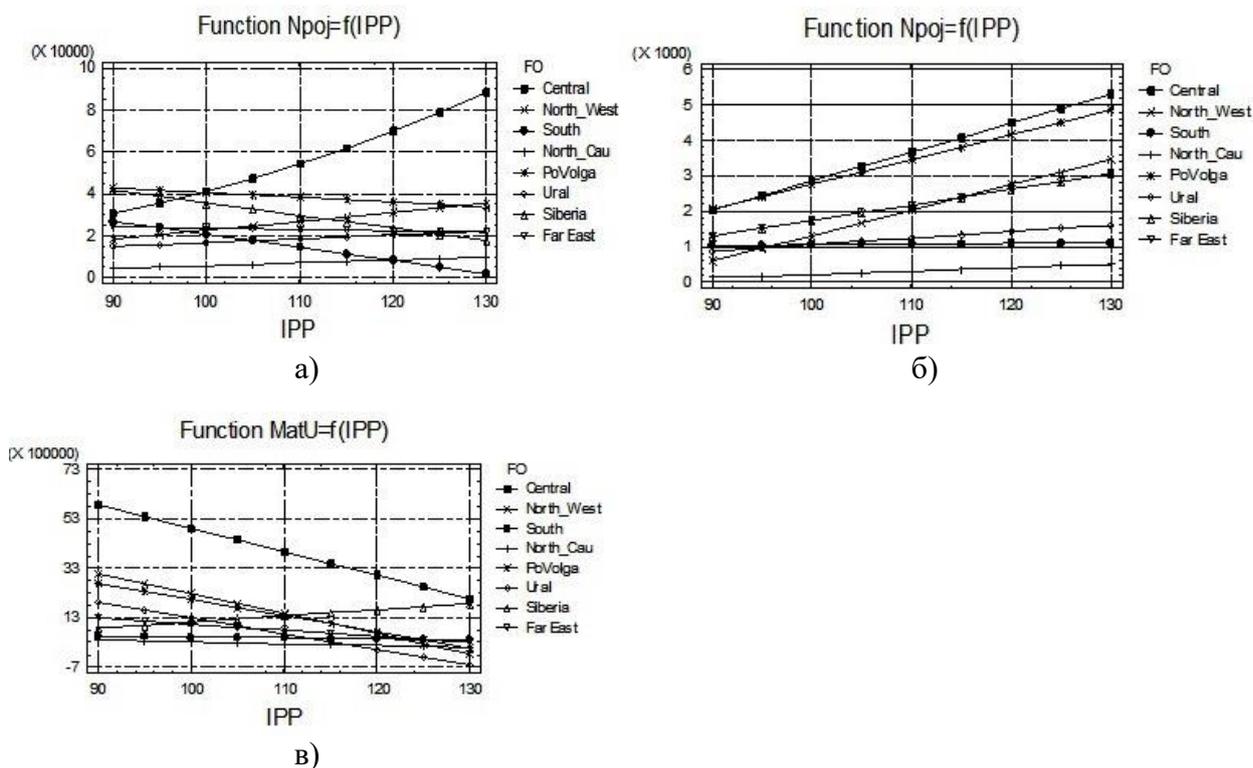


Рисунок 2. Тренды влияния индекса промышленного производства на показатели обстановки с пожарами в федеральных округах РФ:
а) количество пожаров; б) количество погибших; в) материальный ущерб

Положительная слабая корреляционная связь индекса промышленного производства IPP и количества пожаров Npoj есть только в Центральном федеральном округе ($r \sim 0,4$). Для всех остальных округов корреляционная связь отсутствует, и влияние индекса промышленного производства на количество пожаров не просматривается. Картина по округам совершенно противоречивая (рис. 2а). Положительная корреляционная связь индекса промышленного производства IPP и количества погибших Npoj есть только в Северо-Западном федеральном округе ($r \sim 0,61$), можно говорить о тенденции – в те годы и в тех федеральных округах, когда и где индекс промышленного производства повышался, регистрировалось повышение количества погибших на пожарах (рис. 2б). Но это не системный результат. Для всех остальных округов корреляционная связь либо очень слабая ($r < 0,4$), либо отсутствует, сильного влияния индекса промышленного произ-

водства на количество погибших не наблюдается, но тенденция увеличения количества погибших при повышении индекса промышленного производства присутствует. Что касается материального ущерба, то корреляционная связь между индексом промышленного производства IPP и материальным ущербом MatU отсутствует (рис. 2в), либо очень слабая (Уральский федеральный округ $r \sim -0,39$), но в большинстве исследованных субъектов прослеживается тенденция снижения материального ущерба при повышении индекса промышленного производства.

Влияние износа основных фондов на показатели обстановки с пожарами

Любая производственная организация, осуществляющая экономическую деятельность в промышленном секторе, старается совершенствовать свою материально-техническую базу, основу которой составляют так называемые основные фонды. Последние определяют уровень технико-

технологического обеспечения производственных процессов, номенклатуру и качество выпускаемой продукции, прибыль, конкурентоспособность и перспективы развития субъекта хозяйствования. Чаще всего под основными фондами понимают средства труда, которые постоянно участвуют в процессе производства продукции, при этом часть стоимости основных фондов постепенно переносится на стоимость производимой продукции.

В процессе эксплуатации основных фондов и реализации производственных процессов происходит утрата первоначального состояния и характеристик основных фондов. Основная проблема – износ основных фондов: либо физический, либо моральный. Износ основных фондов находится в прямой зависимости от модели организации производства конкретным субъектом хозяйствования и приводит к крайне неблагоприятным последствиям (отказы оборудования, сбой производственного

процесса, повышение трудоемкости и стоимости изготовления продукции, снижение ее качества).

Как свидетельствуют исследования авторов статьи (рис. 3), за последние 20 лет степень износа (Iznos) основных фондов (на конец года в процентах) в Российской Федерации менялась крайне неоднозначно – резкое повышение степени износа в 2002 г. до 50 %, потом такое же резкое понижение, а потом медленное неуклонное повышение. Данные взяты с сайта Федеральной службы государственной статистики (Росстат) [10]. Скорее всего, в начале 2000-х многим организациям/предприятиям удалось произвести замену изношенного оборудования на новое более высокотехнологичное оборудование, а дальше этому препятствовали экономические кризисы. Вместе с тем прослеживается серьезно коррелированная тенденция ($r \sim 0,9$) к повышению степени износа основных фондов во времени.

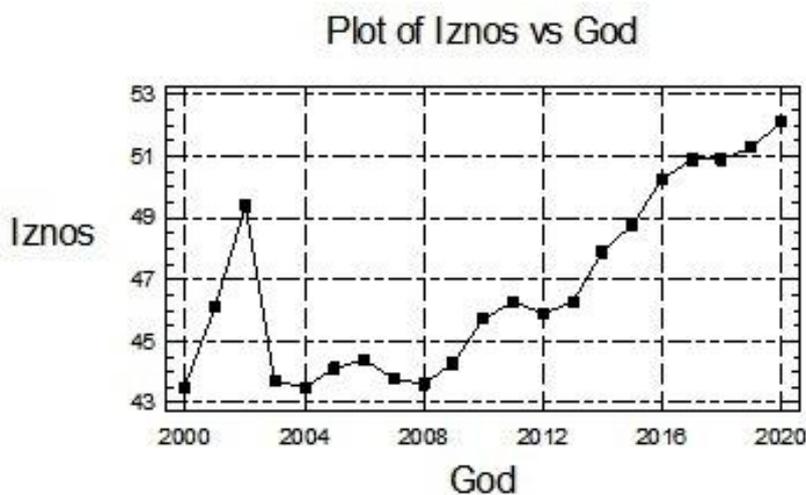


Рисунок 3. Динамика степени износа основных фондов (в процентах) в России в 2000–2020 гг.

Статистический анализ выявил очень слабую (коэффициент парной корреляции $r \sim 0,26$) положительную корреляционную связь между степенью износа основных фондов (в целом по Российской Федерации) и количеством пожаров N_{poj} в рассматриваемый период 2001–2020 гг.

Вместе с тем была выявлена серьезная отрицательная корреляционная связь (коэффициент парной корреляции $r \sim -0,73$) между степенью износа основных фондов и количеством погибших N_{prog} от пожаров в России, а также была выявлена положи-

тельная корреляционная связь (коэффициент парной корреляции $r \sim 0,56$) между степенью износа основных фондов и материальным ущербом от пожаров за указанный период.

На рис. 4 показано влияние износа основных фондов на показатели обстановки с пожарами: количество пожаров, количество погибших, материальный ущерб.

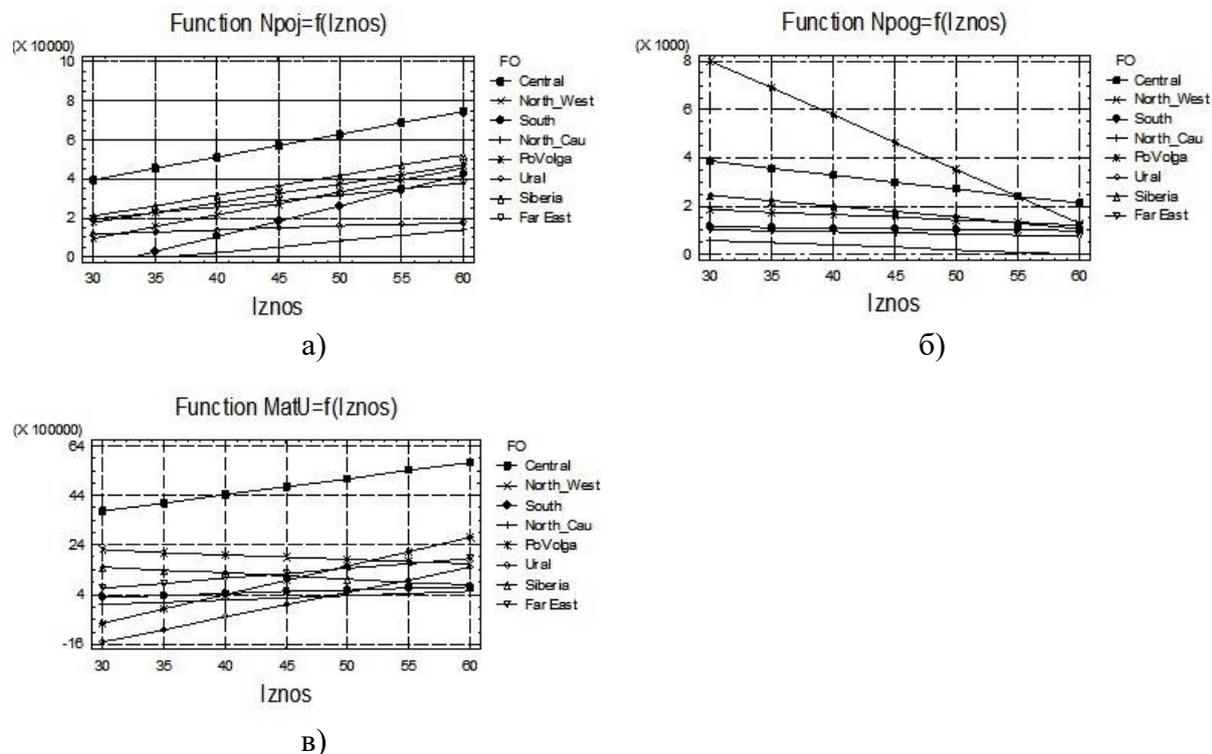


Рисунок 4. Тренды влияния степени износа основных фондов на показатели обстановки с пожарами в федеральных округах РФ:

а) количество пожаров; б) количество погибших; в) материальный ущерб

Положительная корреляционная связь (коэффициент парной корреляции $r = 0,4-0,5$) степени износа Iznos основных фондов и количества пожаров Npoj выявлена в Сибирском, Северо-Кавказском, Южном и Северо-Западном федеральных округах. Для всех остальных округов корреляционная связь отсутствует, и влияние степени износа основных фондов на количество пожаров не просматривается. Можно говорить о тенденции (рис. 4а) – в те годы и в тех округах, где степень износа повышалась, количество пожаров тоже немного повышалось. Это имеет вполне логическое объяснение – повышение степени износа свидетельствует о том, что основные фонды израсходовали значительную часть исходного ресурса и стали менее надежны

и огнестойки. Выявлена серьезная отрицательная корреляционная связь между степенью износа основных фондов Iznos и количеством погибших Npog в Северо-Кавказском ($r \sim -0,66$), Приволжском ($r \sim -0,88$), Уральском ($r \sim -0,66$) федеральных округах. В Сибирском ФО $r \sim -0,49$, в остальных федеральных округах корреляционная связь не выявлена. Можно говорить о необычной тенденции – в тех случаях, когда степень износа основных фондов была выше, регистрировалось снижение количества погибших на пожарах (рис. 4б). Скорее всего, в тех организациях, где степень износа основных фондов повышалась и становилась источником возможных производственных отказов, более

тщательно организована работа персонала с основными фондами. Что касается материального ущерба MatU, то сильная корреляционная связь между степенью износа основных фондов Iznos и материальным ущербом MatU выявлена только в Уральском федеральном округе ($r \sim 0,8$), средняя корреляционная связь ($r \sim 0,5$) выявлена для Приволжского и Северо-Кавказского федеральных округов, для остальных округов корреляционная связь не выявлена. Можно говорить о тенденции – в тех случаях, когда степень износа основных фондов повышается, повышается и материальный ущерб от пожаров, включая и пожары на промышленных предприятиях.

Влияние удельного веса полностью изношенных основных фондов

За последние 20 лет (рис. 5) удельный вес UdVesIz полностью изношенных основных фондов (в процентах от общего объема основных

фондов) в Российской Федерации менялся крайне неоднозначно: резкое повышение удельного веса в 2002 г. до 17 %, потом понижение до 13 %, а потом медленное неуклонное повышение до 20 % и выше. Данные взяты с сайта Федеральной службы государственной статистики (Росстат) [10]. Скорее всего, в период 2004–2008 гг. многим организациям/предприятиям удалось избавиться от полностью изношенного оборудования, а дальше эта работа сдерживалась экономическими кризисами. Вместе с тем прослеживается серьезно коррелированная тенденция ($r \sim 0,95$) к повышению удельного веса полностью изношенных основных фондов во времени. Также выявлена сильная корреляционная связь ($r \sim 0,91$) между степенью износа основных фондов Iznos и удельным весом полностью изношенных основных фондов UdVesIz.

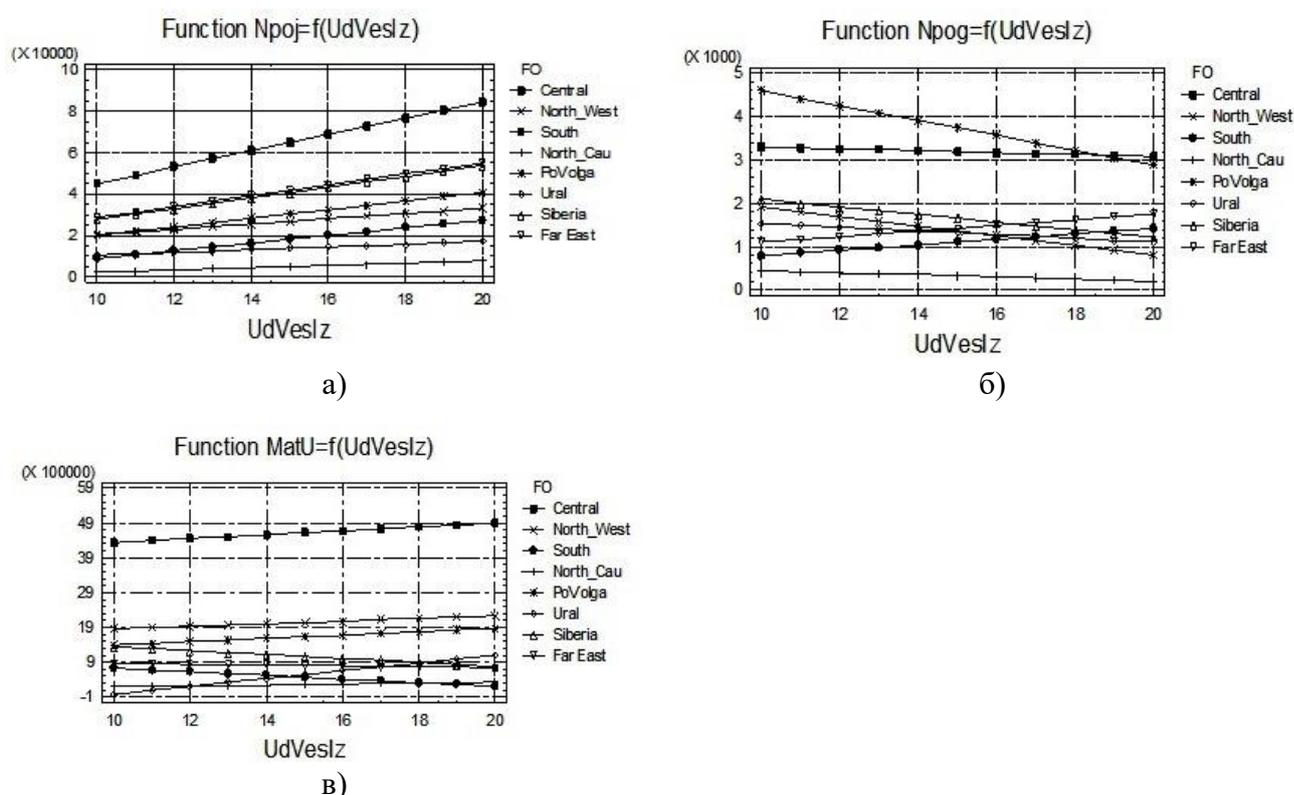


Рисунок 5. Тренды влияния удельного веса полностью изношенных основных фондов на показатели обстановки с пожарами в федеральных округах РФ:

а) количество пожаров; б) количество погибших; в) материальный ущерб

Средняя положительная корреляционная связь (коэффициент парной корреляции $r = 0,5-0,6$) удельного веса $UdVesIz$ полностью изношенных основных фондов и количества пожаров $Прoj$ выявлена в Сибирском, Дальневосточном, Уральском и Приволжском федеральных округах. Для всех остальных округов корреляционная связь отсутствует, и влияние удельного веса полностью изношенных основных фондов на количество пожаров не просматривается. Можно говорить о тенденции (рис. 5а) – в те годы и в тех округах, где удельный вес полностью изношенных фондов повышался, количество пожаров тоже немного повышалось. Полностью изношенные основные фонды создают массу проблем с точки зрения пожарной безопасности. Выявлена серьезная отрицательная корреляционная связь между удельным весом полностью изношенных основных фондов $UdVesIz$ и количеством погибших $Прог$ в Северо-Кавказском ($r \sim -0,61$), Приволжском ($r \sim -0,66$), Уральском ($r \sim -0,88$) федеральных округах. В Сибирском ФО корреляционная связь средняя ($r \sim -0,55$), в остальных федеральных округах корреляционная связь не выявлена. Картина полностью разнонаправленная, единой тенденции нет (рис. 5б). Что касается материального ущерба, то сильная корреляционная связь между удельным весом полностью изношенных основных фондов $UdVesIz$

и материальным ущербом $MatU$ выявлена только в Уральском федеральном округе ($r \sim 0,77$), для остальных федеральных округов корреляционная связь не выявлена.

Заключение

Статистическое исследование выявило абсолютно индивидуальный характер влияния индекса промышленного производства, степени износа основных фондов и удельного веса полностью изношенных основных фондов на показатели обстановки с пожарами в федеральных округах Российской Федерации. Общего тренда, единого модельного описания взаимовлияния исследованных факторов для всех федеральных округов не выявлено. Более того, даже в рамках одного федерального округа в различных субъектах округа ситуации с влиянием индекса промышленного производства, степени износа основных фондов и удельного веса полностью изношенных основных фондов на показатели обстановки с пожарами могут быть абсолютно противоположны. Это объясняется очень серьезными различиями в организации системы противопожарной безопасности, а также особенностями [1] и сложившимися традициями развития промышленного производства в регионах Российской Федерации, качеством всех видов ресурсов, уровнем включенности в стоимостные цепочки и т. д.

Литература

1. Штерензон В. А. Российские регионы в зеркале шестого технологического уклада // Устойчивое развитие экономики России: стратегии и тактики перехода к новому качеству экономического роста : колл. монография / Е. Н. Бабина и др. Самара, 2021. П. 2.1. С. 97–120.
2. Пожары и пожарная безопасность в 2005 г.: стат. сб. / под общ. ред. Н. П. Копылова. М., 2006. 139 с.
3. Пожары и пожарная безопасность в 2009 г.: стат. сб. / под общ. ред. Н. П. Копылова. М., 2010. 135 с.
4. Пожары и пожарная безопасность в 2014 г.: стат. сб. / под общ. ред. А. В. Матюшина. М., 2015. 124 с.
5. Пожары и пожарная безопасность в 2019 г.: стат. сб. / под общ. ред. Д. М. Гордиенко. М., 2020. 80 с.
6. Пожары и пожарная безопасность в 2020 г.: стат. сб. / П. В. Полехин и др.; под общ. ред. Д. М. Гордиенко. М., 2021. 112 с.
7. Штерензон В. А. и др. Влияние индекса качества жизни на основные показатели обстановки с пожарами в Российской Федерации // Техносферная безопасность. 2021. № 4 (33). С. 56–66.
8. Об утверждении Официальной статистической методологии исчисления индекса промышленного производства. URL: https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/met_indOKVED2.pdf (дата обращения: 31.10.2022).

9. Луппов А. Б. Расчет индексов производства. М., 2012. 45 с.
10. Регионы России. Социально-экономические показатели / Федеральная служба государственной статистики: сайт. URL: <https://rosstat.gov.ru/folder/210/document/13204> (дата обращения: 31.08.2022).
11. Худякова С. А., Штерензон В. А., Шпаньков А. В. Анализ готовности российских регионов к созданию нового качества социально-экономического развития // Исследования мировой науки: новые подходы и актуальные вопросы. М., 2022. Ч. I. С. 27–57.

References

1. SHterenzon V. A. Rossijskie regiony v zerkale shestogo tekhnologicheskogo uklada // Ustojchivoe razvitie ekonomiki Rossii: strategii i taktiki perekhoda k novomu kachestvu ekonomicheskogo rosta / [Babina E.N., Bondarenko G.V., Bryuhanova N.V. i dr.]; Pod red. Ermolaeva K.N., Podkopaeva O.A. Samara, 2021. S. 97–120.
2. Pozhary i pozharnaya bezopasnost' v 2005 godu: Statisticheskij sbornik / pod obshchej redakciej N. P. Kopylova. M., 2006. 139 s.
3. Pozhary i pozharnaya bezopasnost' v 2009 godu: Statisticheskij sbornik / pod obshchej redakciej N. P. Kopylova. M., 2010. 135 s.
4. Pozhary i pozharnaya bezopasnost' v 2014 godu: Statisticheskij sbornik / pod obshchej redakciej A. V. Matyushina. M., 2015. 124 s.
5. Pozhary i pozharnaya bezopasnost' v 2019 godu: Statisticheskij sbornik / pod obshchej redakciej D. M. Gordienko. M., 2020. 80 s.
6. Pozhary i pozharnaya bezopasnost' v 2020 godu: Ctatisticheskij sbornik / P. V. Polekhin, M. A. CHEbuhonov, A. A. Kozlov, A. G. Firsov, V. I. Sibirko, V. S. Goncharenko, T. A. CHEchetina; pod obshchej redakciej D. M. Gordienko. M., 2021. 112 s.
7. SHterenzon V. A., Hudyakova S. A., Stepanov O. I., Grenaderov A. N. Vliyanie indeksa kachestva zhizni na osnovnye pokazateli obstanovki s pozharami v Rossijskoj Federacii // Tekhnosfernaya bezopasnost'. 2021. № 4 (33). S. 56–66.
8. Ob utverzhenii Oficial'noj statisticheskoy metodologii ischisleniya indeksa promyshlennogo proizvodstva. URL: https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/met_indOKVED2.pdf (data obrashcheniya: 31.10.2022).
9. Luppov A. B. Raschet indeksov proizvodstva. M., 2012. 45 s.
10. Regiony Rossii. Social'no-ekonomicheskie pokazateli / Federal'naya sluzhba gosudarstvennoj statistiki. URL: <https://rosstat.gov.ru/folder/210/document/13204> (data obrashcheniya 31.08.2022).
11. Hudyakova S. A., SHterenzon V. A., SHpan'kov A. V. Analiz gotovnosti rossijskih regionov k sozdaniyu novogo kachestva social'no-ekonomicheskogo razvitiya // Issledovaniya mirovoj nauki: novye podhody i aktual'nye voprosy. M., 2022. Ch. I. S. 27–54.

УДК 614.84

zobkovden@rambler.ru

**ПРАКТИКА ПРИМЕНЕНИЯ РИСК-ОРИЕНТИРОВАННОГО ПОДХОДА
В ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
ПОЖАРНОГО НАДЗОРА**

**PRACTICE OF RISK-BASED APPROACH TO THE ACTIVITIES
OF THE FEDERAL STATE FIRE SUPERVISION**

*Зобков Д. В.,
Департамент надзорной деятельности
и профилактической работы МЧС России, Москва*

*Zobkov D.,
Department of Supervisory and preventive work EMERCOM of Russia, Moscow*

В статье рассматриваются вопросы анализа практики применения нового порядка и критериев отнесения объектов надзора к определенной категории риска при осуществлении федерального государственного пожарного надзора (далее – ФГПН), утвержденных Постановлением Правительства Российской Федерации от 12.10.2020 № 1662 и вступивших в силу с 1 января 2021 г. Приводятся статистические данные по количеству объектов надзора, находящихся на учете ФГПН, и отнесенных к различным категориям риска. Исследуется динамика изменения количества решений о понижении категории риска, количества жалоб, заявлений от контролируемых лиц при пересмотре присвоенной категории риска. Обсуждаются проблемные вопросы организации и осуществления проверочных мероприятий в отношении объектов надзора, эксплуатируемых несколькими правообладателями. В целях решения проблемных вопросов приведены предложения по внесению изменений в законодательство о государственном контроле (надзоре) и муниципальном контроле.

Ключевые слова: риск-ориентированный подход, объект надзора, категория риска, подконтрольное лицо, статистические данные

The article discusses the issues of analyzing the practice of applying a new procedure and criteria for classifying objects of supervision as a certain risk category in the implementation of the federal state fire supervision (hereinafter referred to as FSFI), approved by Decree of the Government of the Russian Federation dated 12.10.2020 No. 1662 and entered into force on January 1, 2021. Statistical data are provided on the number of objects of supervision registered with the FGPN and assigned to various risk categories. The dynamics of changes in the number of decisions to downgrade the risk category and the number of complaints and statements from controlled persons when revising the assigned risk category is studied. The problematic issues of organization and implementation of verification activities in relation to objects of supervision operated by several right holders are discussed. In order to solve problematic issues, proposals are made to amend the legislation on state control (supervision) and municipal control.

Keywords: risk-oriented approach, object of supervision, risk category, controlled entity, statistical data

В Российской Федерации новая модель организации контрольно-надзорной деятельности стала формироваться с момента вступления в силу Федерального

закона № 248-ФЗ «О государственном контроле (надзоре) и муниципальном контроле в Российской Федерации» (далее – Федеральный закон № 248-ФЗ) [1]. В период 2020–2021 гг. проведена значительная работа по разработке нормативных правовых актов, закрепляющих положения Федерального закона № 248-ФЗ в различных сферах контроля (надзора), в том числе и в области пожарной безопасности при осуществлении деятельности федерального государственного пожарного надзора (далее – ФГПН). Следует отметить, что в сравнительном сопоставлении различных видов контроля (надзора) ФГПН является наиболее массовым по количеству поднадзорных объектов, а также числу и уровню социальной значимости проводимых контрольных мероприятий для граждан и сферы предпринимательской деятельности.

Так, в период 2020–2021 гг. для реализации положений Федерального закона № 248-ФЗ разработаны методология, математическая модель и алгоритмы поддержки принятия решений по отнесению объектов надзора к определенной категории риска при осуществлении ФГПН [2, 3]. Определены методологические принципы изменения категории риска объектов надзора с учетом индивидуальных пожарно-технических характеристик объекта надзора, оказывающих влияние на уровень обеспечения пожарной безопасности объекта надзора, а также критериев добросовестности подконтрольного лица, характеризующих возможность несоблюдения на поднадзорном объекте обязательных требований пожарной безопасности [4]. Созданы программные средства, позволяющие проводить автоматизированные расчеты по отнесению объектов надзора к определенной категории риска с использованием средств вычислительной техники [5]. Предложенная методология риск-ориентированного подхода в деятельности ФГПН реализована в Постанов-

лении Правительства Российской Федерации от 12.10.2020 № 1662 [6], которое определяет порядок и критерии отнесения объектов контроля к определенной категории риска при осуществлении ФГПН. Следует отметить, что существуют иные подходы и соответствующие научные взгляды на решение проблем применения риск-ориентированного подхода в области пожарной безопасности. Например, они изложены в публикациях [7–9].

Общеизвестно, что критерием истины предложенных методологических принципов и математических моделей в соответствующей сфере научного познания, в том числе и в сфере управления и принятия решений, является практика. В этой связи были проведены исследования по оценкам эффективности применения в практике деятельности ФГПН модели риск-ориентированного подхода, реализованной в Постановлении Правительства Российской Федерации от 12.10.2020 № 1662 [6], по следующим направлениям. Первое касалось вопросов оценок эффективности применения цифровых сервисов в деятельности ФГПН при принятии решений по определению категорий риска объектов контроля. Второе направление связано с анализом тенденций изменения административной нагрузки на подконтрольную среду с учетом вводимых организационных и управленческих решений по определению категорий риска объектов контроля. В рамках третьего направления выявлялись возникшие проблемные вопросы по применению риск-ориентированного подхода и формировались пути их решения с формулированием конкретных предложений по внесению изменений в действующую нормативную правовую базу, определяющую деятельность ФГПН.

Исследование эффективности применения цифровых сервисов показало следующее. В настоящее время на учете органов ГПН находится порядка 2 млн 320 тыс. объектов надзора [10]. На рис. 1 приведено их распределение по соответствующим категориям риска.

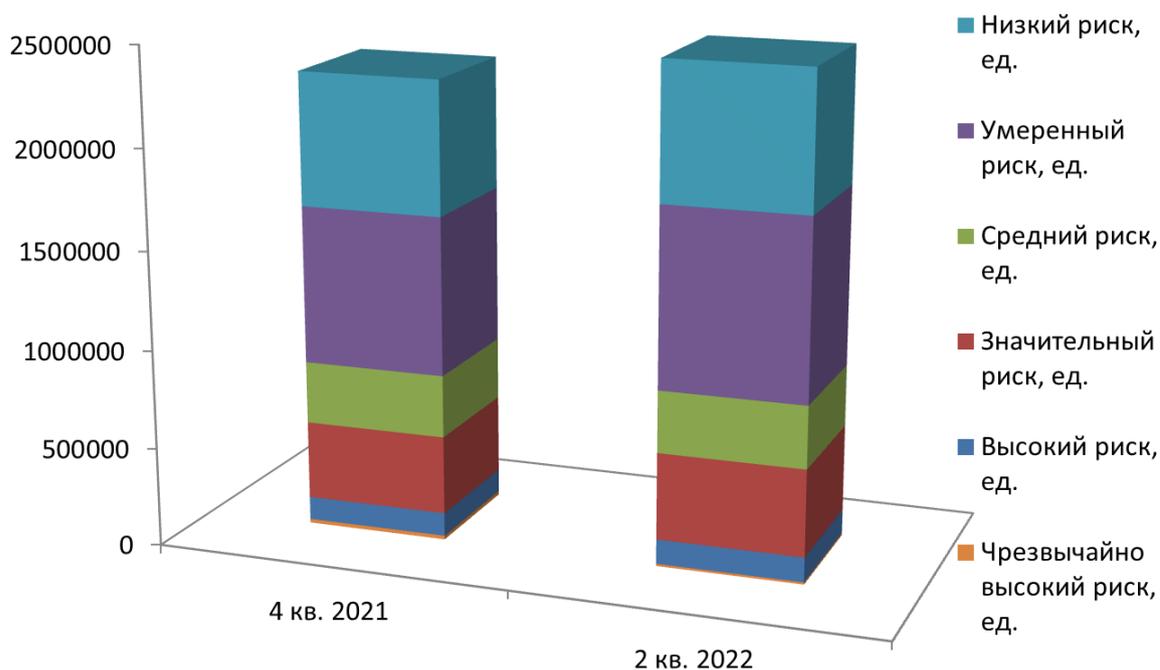


Рисунок 1. Распределение объектов надзора, находящихся на учете ФГПН, по категориям риска

При существующей численности органов ГПП на одного инспектора в среднем приходится порядка 230–280 объектов надзора, по каждому из которых необходимо обрабатывать значительные объемы технико-экономической, нормативной и иной информации, необходимой для принятия решения при определении категорий риска соответствующего объекта. Осуществление процедур расчета категорий риска в «ручном режиме» неизбежно приводит к появлению ошибок и неточностей при категорировании поднадзорных объектов. В этой связи были разработаны цифровые сервисы, в частности компьютерная программа расчета по отнесению объектов защиты к определенной категории риска при осуществлении ФГПН (далее – программа «Калькулятор-помощник»), позволяющая должностным лицам ГПП осуществлять необходимые вычисления в автоматизированном режиме. Это определяет важность и значимость разработанных цифровых сервисов, так как результаты расчетов являются основанием

для планирования контрольных (надзорных) мероприятий в отношении поднадзорных объектов органами ГПП на местах. Детальное описание программы «Калькулятор-помощник», его функциональных возможностей, используемых экранных форм и сервисных функций приведено в статье [11].

Анализ информации по применению программы «Калькулятор-помощник» в ФГПН показал, что за счет автоматизации в 2021 г. снижен риск ошибок должностных лиц ГПП при осуществлении категорирования поднадзорных объектов в ходе ежегодной подготовки планов контрольных (надзорных) мероприятий в 10 раз по отношению к 2019 г. При этом сократилось среднее время подготовки решения о присвоении категории риска в отношении объекта надзора в семь раз (с 35 до 5 минут).

Наряду с этим, внедрение «Калькулятора-помощника» в Автоматизиро-

ванную аналитическую систему поддержки и управления контрольно-надзорными органами МЧС России [12, 13], а также синхронизация модуля учета пожаров и их последствий с модулем учета объектов надзора позволили существенно повысить служебную дисциплину органов ГПН в части безусловного учета объектов надзора, фиксации всех случаев причинения пожарами вреда (ущерба) охраняемых законом ценностям в поднадзорной среде.

Кроме того, открытие свободного доступа к программе «Калькулятор-помощник» через официальный интернет-портал МЧС России в информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» в доступной форме обеспечило доведение до контролируемых лиц применяемых процедур и механизмов управления рисками, что определило возможности использования правообладателями объектов надзора разработанных цифровых сервисов с позиции перепроверки и подачи соответствующего заявления о пересмотре присвоенной органом ГПН категории

риска. Такая возможность позволила, с одной стороны, снизить необоснованное административное давление в отношении добросовестных контролируемых лиц, с другой стороны, органы ГПН получили доступ к актуальным учетным данным о характеристиках и функционале поднадзорных объектов, сведениям об эксплуатирующих их контролируемых лицах.

Анализ тенденций изменения административной нагрузки на подконтрольную среду с учетом вводимых организационных и управленческих решений по определению категорий риска объектов надзора показал следующее. В первом полугодии 2021 г., являющимся по своей сути переходным периодом, характеризующимся масштабным пересмотром категорий риска всех поднадзорных ФГПН объектов в соответствии с Постановлением Правительства Российской Федерации от 12.10.2020 г. № 1662 [6], соответствующие решения о понижении категории риска были приняты в отношении 130 074 объектов надзора. На рис. 2 приведена динамика количества поднадзорных объектов, понизивших категорию риска за период 2021–2022 (по соответствующим кварталам).

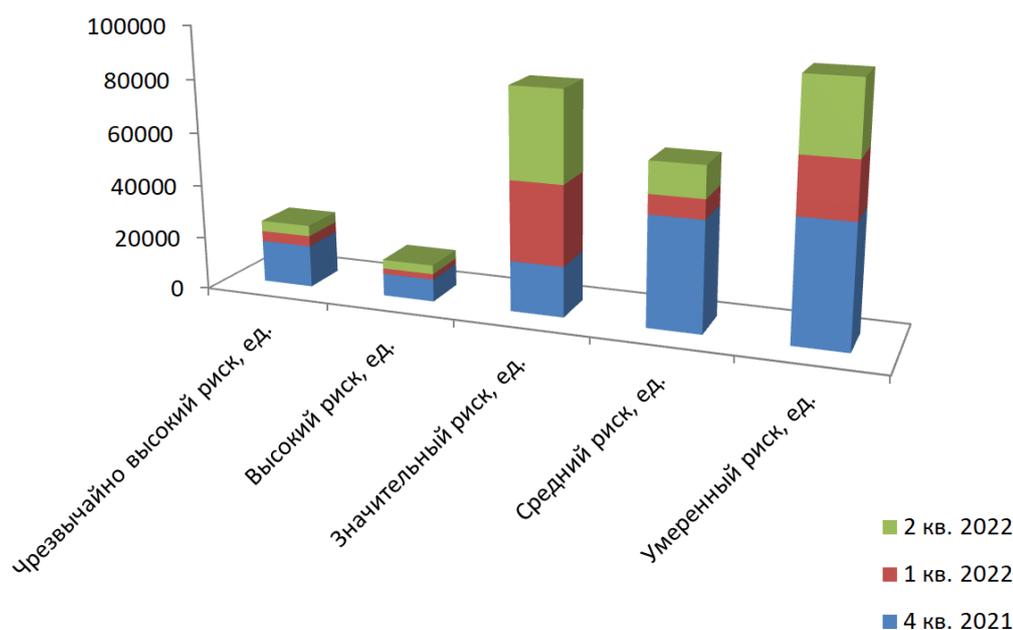


Рисунок 2. Количество поднадзорных объектов, понизивших

категорию риска в 2021–2022 гг.

Такая динамика свидетельствует о значительном снижении административной нагрузки на подконтрольную среду. Другими фактами, выявленными в ходе исследования и подтверждающими снижение административного давления на субъекты предпринимательской деятельности, являются данные статистического сборника [10]. Так, процедура увеличения периодичности проведения плановых контрольных (надзорных) мероприятий в отношении объектов надзора, характеризующихся меньшей потенциальной опасностью негативных последствий в случае пожара реализована в 274 519 случаях. При этом количество находящихся на учете объектов надзора, отнесенных к чрезвычайно высокой категории риска, сократилось в 5 раз (с 55 117 ед. до 11 139 ед.), а количество объектов высокой и значительной категории риска составило 125 167 ед.

и 439 206 ед. соответственно. Преобладающее количество поднадзорных объектов (порядка 1 млн 221 тыс. ед.), при эксплуатации которых их правообладателями выстроена должная работа по обеспечению пожарной безопасности, перешли в категории среднего и умеренного риска с увеличенными до 5 и 7 лет интервалами проверочных мероприятий соответственно. Более 688 тыс. объектов надзора были освобождены от плановых контрольных (надзорных) мероприятий в связи с их отнесением к низкой категории риска.

Следует отметить и такой немаловажный факт, говорящий об эффективности внедренной в деятельность ФГПН риск-ориентированной модели, как сокращение в 5 раз (с 840 ед. в 2020 г. до 172 ед. в 2021 г.) количества жалоб и заявлений от контролируемых лиц о пересмотре присвоенной категории риска (рис. 3).

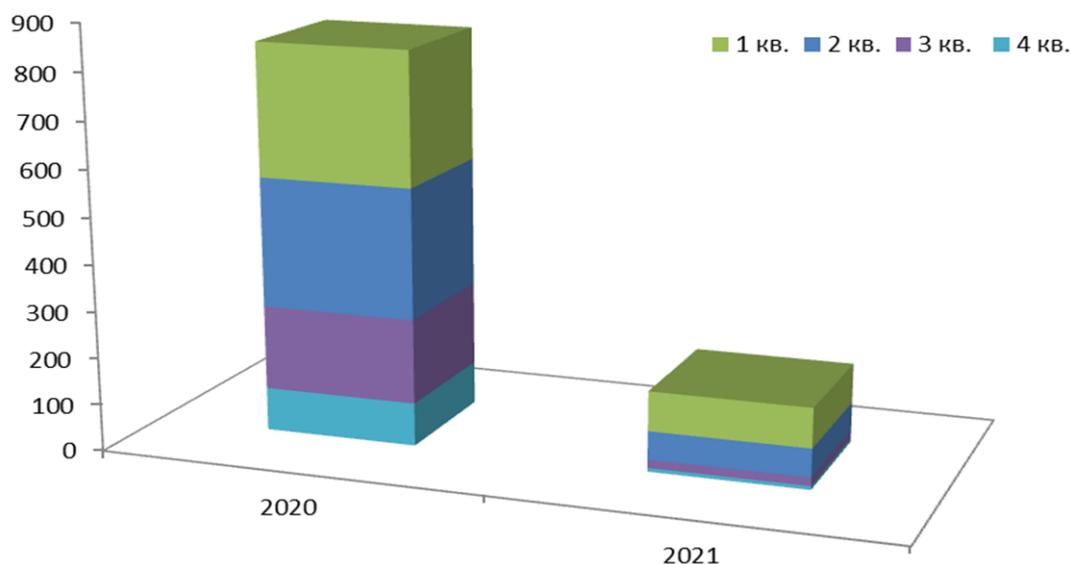


Рисунок 3. Динамика количества жалоб и заявлений от контролируемых лиц о пересмотре присвоенной категории риска

Вышеприведенные данные по показателям подконтрольной среды в рамках реализуемого индивидуального категорирования каждого объекта надзора с учетом

его индивидуальных пожарно-технических характеристик и критериев добросовестности правообладателей наглядно указывают

не только на обоснованное снижение администрирования поднадзорной среды, но и свидетельствуют об уменьшении трудозатрат инспекторского состава органов ГПН при организации и осуществлении плановых проверочных мероприятий по сравнению с ранее реализуемым подходом, основанным на организации сплошных проверок однотипных функциональных групп объектов.

Исследования практики применения риск-ориентированного подхода в деятельности ФГПН выявили ряд проблемных вопросов, требующих скорейшего своего разрешения.

Первый вопрос связан с тем, что в условиях моратория на проведение плановых контрольных (надзорных) мероприятий в 2021 году, установленного Постановлением Правительства Российской Федерации от 30.11.2020 № 1969 [14], не были достигнуты ключевые показатели в отношении групп объектов надзора, отнесенных к группам объектов значительной, средней и умеренной категорий риска. С учетом установленных особенностей осуществления контрольных (надзорных) мероприятий, объекты указанных категорий риска, а также объекты надзора, правообладателями которых являлись субъекты малого предпринимательства, в 2021 г. были освобождены от проведения плановых контрольных (надзорных) мероприятий, что и оказало негативное влияние на достижение целевых значений ключевых показателей.

В условиях продолжающихся ограничений на проведение контрольных (надзорных) мероприятий в 2022–2023 гг., установленных Постановлением Правительства Российской Федерации от 10.03.2022 № 336 [15], достижение значений ключевых показателей на ближайшую перспективу весьма проблематично, что потенциально несет риски увеличения вреда (ущерба) охраняемых законом ценностям в поднадзорной ФГПН среде, то есть угрозе жизни и здоровью граждан от опасных факторов пожара.

Вторым значимым вопросом, требующим разрешения, является проблематика организации и осуществления проверочных мероприятий в отношении объекта надзора, эксплуатируемого несколькими правообладателями. Реализуемая риск-ориентированная модель ФГПН предполагает индивидуальное категорирование каждого конкретного здания с учетом его пожарно-технических характеристик и добросовестности лиц, осуществляющих его использование.

Применяемые подходы соответствуют определениям Конституционного суда Российской Федерации от 24 марта 2015 г. № 636-О и от 29 октября 2020 г. № 2417-О в части того, что предметом плановых проверок при осуществлении ФГПН выступает не сама по себе деятельность организаций и граждан в предпринимательской или иной экономической сфере, а соблюдение ими требований пожарной безопасности в зданиях, помещениях, сооружениях.

Вместе с тем, в сложившейся текущей практике, несмотря на вышеупомянутые определения Конституционного суда Российской Федерации, осуществление ФГПН является крайне затруднительным. Неоднозначно трактуемые положения Федерального закона № 248-ФЗ [1] не позволяют реализовать принцип объектно-ориентированного надзора – проведение одной выездной проверки в отношении одного поднадзорного объекта вне зависимости от количества лиц, им владеющих.

При этом проведение рейдовых осмотров, с учетом установленных Федеральным законом № 248-ФЗ [1] сжатых сроков взаимодействия с контролируемыми лицами (не более 1 дня с одним лицом), не позволяет произвести объективную оценку противопожарного состояния крупных и технически сложных объектов, таких как многофункциональные торговые центры, площади которых могут достигать до 300 тыс. кв. м.

Ограничения, связанные с организацией проверочных мероприятий в отношении лиц предпринимательской деятельности, с одной стороны влекут необходимость значительного увеличения количества надзорных мероприятий в целях объективной и полной оценки противопожарного состояния проверяемого здания при наличии нескольких его правообладателей, с другой – не обеспечивают такой оценки при сохранении практики предоставления отдельным субъектам предпринимательства упомянутых «надзорных каникул».

Решением возникшей ситуации является внесение изменений в Федеральный закон № 248-ФЗ [1], предусматривающих:

1) предоставление ФГПН возможности проведения выездной проверки конкретного объекта (здания, сооружения) вне зависимости от количества лиц им владеющих, и их правового статуса;

2) при проведении рейдового осмотра в отношении конкретного объекта (здания, сооружения) срок взаимодействия с контролируемыми лицами ограничить сроком его проведения.

Наряду с этим, необходимо установить норму, определяющую срок отмены моратория на проведение плановых (контрольных) надзорных мероприятий в качестве срока начала исчисления соответствующей периодичности проведения проверочных мероприятий в дальнейшем.

В ином случае, с учетом длящихся не первый год ограничений в отношении плановых контрольных (надзорных) мероприятий в рамках установленной периодичности проверочных мероприятий, это вызовет безусловную необходимость осуществления масштабных проверок объектов надзора соответствующих категорий, что потенциально превышает возможность контрольных (надзорных) органов.

Проведенный анализ практики применения риск-ориентированного подхода в деятельности ФГПН указывает на значи-

тельные позитивные изменения как в организации деятельности органов ГПН, так и в подконтрольной среде за период с 2019 г. по 2021 г.

За счет внедрения цифровых сервисов в деятельности ФГПН по автоматизации процессов проведения расчетов категорий риска повысилась эффективность принятия решений по отнесению объектов надзора к определенной категории риска должностными лицами органов ГПН. Исследования показали, что в 2021 г. по сравнению с 2019 г. количество ошибочно принятых решений по определению категории риска снижено в 10 раз. Наряду с этим сократилось в 7 раз (с 35 до 5 минут) среднее время подготовки решения должностным лицом ГПН по присвоению категории риска объекту надзора.

Другой составляющей позитивных тенденций за рассматриваемый период является значительное снижение административной нагрузки на подконтрольную среду. Об этом говорят такие факты, как сокращение в 5 раз количества объектов, отнесенных к высокой и значительной категории риска. Порядка 49 % (1 млн 221 тыс. ед.) от общего числа подконтрольных объектов перешли в категорию среднего и умеренного риска с увеличенными до 5 и 7 лет интервалов проведения проверочных мероприятий. Более 27 % (688 тыс. ед.) объектов надзора освобождены от плановых контрольных (надзорных) мероприятий в связи с их отнесением к низкой категории риска. Наряду с этим наблюдается снижение в 5 раз количества жалоб и заявлений от контролируемых лиц о пересмотре присвоенной категории риска как за счет корректности проведения расчетов должностными лицами ГПН, так и за счет возможности провести контролируемым лицам самостоятельных расчетов по определению категории риска эксплуатируемых объектов посредством цифровых сервисов, размещенных в открытом доступе.

При наличии позитивных моментов исследования выявили наличие важных и

принципиально значимых проблемных вопросов по дальнейшему применению риск-ориентированного подхода в деятельности ФГПН. В частности, первостепенной проблемой является достижение ключевых показателей в отношении групп объектов надзора, отнесенных к значительной, средней и умеренной категорий риска в условиях, длящихся не первый год ограничений на проведение контрольных (надзорных)

мероприятий. Второй проблемой является организация проверочных мероприятий в отношении объекта надзора, эксплуатируемого несколькими правообладателями.

Для решения возникших проблем разработаны конкретные предложения по внесению изменения и дополнений в законодательство о государственном контроле (надзоре) и муниципальном контроле.

Литература

1. О государственном контроле (надзоре) и муниципальном контроле в Российской Федерации: федер. закон от 31.07.2020 № 248-ФЗ // Информационно-правовой портал ГАРАНТ.РУ. URL: <http://base.garant.ru/74449814/> (дата обращения: 01.11.2022).
2. Зобков Д. В. и др. Методология отнесения объектов защиты к определенной категории риска в области пожарной безопасности // Пожарная безопасность. 2020. № 4 (101). С. 26–35.
3. Зобков Д. В., Порошин А. А., Кондашов А. А. Модель отнесения объектов защиты к определенной категории риска в области пожарной безопасности // Технологии техносферной безопасности. 2020. № 4 (90). С. 19–31.
4. Зобков Д. В. и др. Методические принципы изменения категории риска объектов защиты в области пожарной безопасности // Пожарная безопасность. 2021. № 1 (102). С. 18–33.
5. Программа расчета по отнесению объектов защиты к определенной категории риска при осуществлении федерального государственного пожарного надзора (Калькулятор-помощник): свидетельство Роспатента о государственной регистрации программы для ЭВМ от 13 марта 2021 г. № 2021613601 / Сурина Г. П., Зобков Д. В., Ушаков Д. В., Лагозин А. Ю.
6. О внесении изменений в Положение о федеральном государственном пожарном надзоре: постановление Правительства Российской Федерации от 12.10.2020 № 1662 // Информационно-правовой портал ГАРАНТ.РУ. URL: <http://base.garant.ru/74758302/> (дата обращения: 01.11.2022).
7. Ахмадеева И. М., Шепелев О. Ю. Применение риск-ориентированного подхода при пожарном надзоре // Государство, политика, социум: вызовы и стратегические приоритеты развития. Управление изменениями: мозаика сценариев в условиях турбулентности: материалы XV Междунар. науч.-практ. конф. 2019. С. 49–54.
8. Юнцова О. С., Закирьяев Х. И. Достоинства и недостатки риск-ориентированного подхода при осуществлении государственного пожарного надзора // Надзорная деятельность и судебная экспертиза в системе безопасности. 2020. № 2. С. 5–8.
9. Синякова М. Г., Ганин М. М. Реализация риск-ориентированного подхода в процессе государственного надзора и контроля в области пожарной безопасности: опыт и проблемы // Сибирский экономический журнал. 2019. № 7 (7). С. 4–8.
10. Государственный надзор МЧС России в 2021 г.: инф. сборник / С. В. Глинов и др.; ФГБУ ВНИИПО МЧС России. 2022. 263 с.
11. Зобков Д. В. и др. Цифровые технологии определения категории риска для объекта защиты при осуществлении федерального государственного пожарного надзора // Пожарная безопасность. 2021. № 1 (102). С. 73–80.
12. О вводе в эксплуатацию информационной системы «Автоматизированная аналитическая система поддержки и управления контрольно-надзорными органами МЧС России»: приказ МЧС России от 25.03.2022 № 262. М. 4 с.
13. Об утверждении Регламента работы в информационной системе «Автоматизированная аналитическая система поддержки и управления контрольно-надзорными органами МЧС России»: приказ МЧС России от 04.10.2022 № 954. М. 28 с.
14. Об особенностях формирования ежегодных планов проведения плановых проверок юридических лиц и индивидуальных предпринимателей на 2021 год, проведения проверок в 2021 году и внесении изменений в пункт 7 Правил подготовки органами государственного контроля (надзора) и органами муниципального контроля ежегодных планов проведения плановых проверок юридических лиц и индивидуальных предпринимателей: постановление Правительства Российской Федерации от 30.11.2020 № 1969 // Информационно-правовой портал ГАРАНТ.РУ. URL: <http://ivo.garant.ru/#/document/74972842/paragraph/1/doclist/364/showentries/0/highlight/1969:1> (дата обращения: 01.11.2022).

15. Об особенностях организации и осуществления государственного контроля (надзора), муниципального контроля: постановление Правительства РФ от 10.03.2022 № 336 // Информационно-правовой портал ГАРАНТ.РУ. URL: <http://ivo.garant.ru/#/document/403681894/paragraph/1/doclist/380/showentries/0/highlight/336:3> (дата обращения: 01.11.2022).

References

1. Federal'nyy zakon ot 31.07.2020 № 248-FZ «O gosudarstvennom kontrole (nadzore) i munitsipal'nom kontrole v Rossiyskoy Federatsii» // Informatsionno-pravovoy portal GARANT.RU: URL: <http://base.garant.ru/74449814/> (data obrashcheniya: 01.11.2022)
2. Zobkov D. V., Poroshin A. ., Kondashov A. A., Bobrinev Ye. V., Udavtsova Ye. YU. Metodologiya otneseniya ob"yektov zashchity k opredelennoy kategorii riska v oblasti pozharnoy bezopasnosti // Pozharnaya bezopasnost'. 2020. № 4 (101). S. 26–35.
3. Zobkov D. V., Poroshin A. A., Kondashov A. A. Model' otneseniya ob"yektov zashchity k opredelonnay kategorii riska v oblasti pozharnoy bezopasnosti // Tekhnologii tekhnosfernoy bezopasnosti. 2020. № 4 (90). S. 19–31.
4. Zobkov D. V., Ushakov D. V., Karpov A. V., Surina G. P. Metodicheskiye printsipy izmeneniya kategorii riska ob"yektov zashchity v oblasti pozharnoy bezopasnosti // Pozharnaya bezopasnost'. 2021. № 1 (102). S. 18–33.
5. Surina G. P., Zobkov D. V., Ushakov D. V., Lagozin A. YU. Programma rascheta po otneseniyu ob"yektov zashchity k opredelennoy kategorii riska pri osushchestvlenii federal'nogo gosudarstvennogo pozharnogo nadzora (Kal'kulyator-pomoshchnik): svidetel'stvo Rospatenta o gosudarstvennoy registratsii programmy dlya EVM ot 13 marta 2021 g. № 2021613601.
6. Postanovleniye Pravitel'stva Rossiyskoy Federatsii ot 12.10.2020 № 1662 «O vnesenii izmeneniy v Polozheniye o federal'nom gosudarstvennom pozharnom nadzore» // Informatsionno-pravovoy portal GARANT.RU. URL <http://base.garant.ru/74758302/> (data obrashcheniya: 01.11.2022).
7. Akhmadeyeva I. M., Shepelev O. YU. Primeneniye risk-oriyentirovannogo podkhoda pri pozharnom nadzore // Gosudarstvo, politika, sotsium: vyzovy i strategicheskiye priority razvitiya. Upravleniye izmeneniyami: mozaika stsenariyev v usloviyakh turbulentnosti: materialy XV Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii; Rossiyskaya akademiya narodnogo khozyaystva i gosudarstvennoy sluzhby pri Prezidente Rossiyskoy Federatsii, Ural'skiy institut upravleniya – filial. 2019. S. 49–54.
8. Yuntsova O. S., Zakir'yayev KH. I. Dostoinstva i nedostatki risk-oriyentirovannogo podkhoda pri osushchestvlenii gosudarstvennogo pozharnogo nadzora // Nadzornaya deyatel'nost' i sudebnaya ekspertiza v sisteme bezopasnosti, 2020. № 2. S. 5–8.
9. Sinyakova M. G., Ganin M. M. Realizatsiya risk-oriyentirovannogo podkhoda v protsesse gosudarstvennogo nadzora i kontrolya v oblasti pozharnoy bezopasnosti: opyt i problemy // Sibirskiy ekonomicheskyy zhurnal. 2019. № 7 (7). S. 4–8.
10. Gosudarstvennyy nadzor MCHS Rossii v 2021 g.: inf. sbornik / S.V. Glinov i dr.; FGBU VNIPO MCHS Rossii. 2022. 263 s.
11. Zobkov D. V., Lagozin A. YU., Ushakov D. V., Surina G. P. Tsifrovyye tekhnologii opredeleniya kategorii riska dlya ob"yektov zashchity pri osushchestvlenii federal'nogo gosudarstvennogo pozharnogo nadzora // Pozharnaya bezopasnost'. 2021. № 1 (102). S. 73–80.
12. Prikaz MCHS Rossii ot 25.03.2022 № 262 «O vvode v ekspluatatsiyu informatsionnoy sistemy «Avtomatizirovannaya analiticheskaya sistema podderzhki i upravleniya kontrol'no-nadzornymi organami MCHS Rossii». M.: MCHS Rossii. 4 s.
13. Prikaz MCHS Rossii ot 04.10.2022 № 954 «Ob utverzhdenii Reglamenta raboty v informatsionnoy sisteme «Avtomatizirovannaya analiticheskaya sistema podderzhki i upravleniya kontrol'no-nadzornymi organami MCHS Rossii». M.: MCHS Rossii. 28 s.
14. Postanovlenie Pravitel'stva Rossijskoj Federatsii ot 30.11.2020 № 1969 «Ob osobennostyakh formirovaniya ezhegodnykh planov provedeniya planovykh proverok yuridicheskikh lic i individual'nykh predprinimatelej na 2021 god, provedeniya proverok v 2021 godu i vnesenii izmenenij v punkt 7 Pravil podgotovki organami gosudarstvennogo kontrolya (nadzora) i organami municipal'nogo kontrolya ezhegodnykh planov provedeniya planovykh proverok yuridicheskikh lic i individual'nykh predprinimatelej» // Informacionno-pravovoy portal GARANT.RU. URL: <http://ivo.garant.ru/#/document/74972842/paragraph/1/doclist/364/showentries/0/highlight/1969:1> (data obrashcheniya: 01.11.2022).
15. Postanovlenie Pravitel'stva RF ot 10.03.2022 № 336 «Ob osobennostyakh organizatsii i osushchestvleniya gosudarstvennogo kontrolya (nadzora), municipal'nogo kontrolya» // Informacionno-pravovoy portal GARANT.RU. URL: <http://ivo.garant.ru/#/document/403681894/paragraph/1/doclist/380/showentries/0/highlight/336:3> (data obrashcheniya: 01.11.2022).

К ВОПРОСУ О СРЕДСТВАХ И МЕТОДАХ ТУШЕНИЯ ТОРФЯНЫХ ПОЖАРОВ**ON THE ISSUE OF EXTINGUISHING WILDFIRES**

*Карпузиков А. А.¹, кандидат педагогических наук,
Горелик А. С.¹, кандидат биологических наук,
Дьяков М. В.¹, кандидат сельскохозяйственных наук,
Тикина И. В.¹, кандидат технических наук,
Стороженко Л. А.², кандидат геолого-минералогических наук, доцент,
Антонов А. В.³, кандидат технических наук,
¹Уральский институт ГПС МЧС России, Екатеринбург
²Уральский государственный горный университет, Екатеринбург
³Сибирская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, Железногорск*

*Karapuzikov A.¹, Gorelik A.¹, Dyakov M.¹,
Tikina I.¹, Storozhenko L.², Antonov A.¹
¹Ural Institute of State Fire Service of EMERCOM of Russia, Yekaterinburg
²Ural State Mining University, Yekaterinburg
³Siberian Fire and Rescue Academy EMERCOM of Russia, Zheleznogorsk*

В данной статье представлены основные статистические показатели по пожарам на территории лесного фонда Российской Федерации в период с 2016 г. по 2021 г, которые показывают ежегодное увеличение общего количества природных пожаров. Представлен материальный ущерб от природных пожаров за последние пять лет. Приведены данные по площади территорий, уничтоженных огнем в результате природных пожаров. Описаны основные способы и методы тушения лесных пожаров с углубленным вниманием к методам тушения торфяных пожаров, к которым относятся: перемешивание горящего и разогретого торфа с водой до полного охлаждения; подача водяных струй с помощью торфяных стволов; использование в тушении пожаров бульдозеров и экскаваторов; создание плотин; обводнение очага пожара; проведение разведки пожара с применением беспилотных летательных аппаратов с тепловизором; контроль качества тушения; доставка воды для тушения пожара от удаленных водоисточников. Приведены табличные значения с размерами водоемов-копаней, и представлена эффективность применения насосно-рукавного комплекса «ШКВАЛ» (КНРМ-400-1,6/300).

Ключевые слова: торфяной пожар, классификация природных пожаров, статистика по природным пожарам, методы борьбы и мониторинг пожаров

This article presents the main statistical indicators on fires in the territory of the forest fund of the Russian Federation in the period from 2016 to 2021, which show an annual increase in the total number of wildfires. The material damage from wildfires over the past five years is presented. Data on the area of the territory destroyed by fire as a result of wildfires are also provided. The main methods and methods of extinguishing forest fires are described with in-depth attention to the methods of extinguishing peat fires, which include: mixing burning and heated peat with water until it is completely cooled; supplying water jets using peat trunks; using bulldozers and excavators in extinguishing fires; creating dams; watering the fire; conducting fire reconnaissance using unmanned aerial vehicles. aircraft with a thermal imager; extinguishing quality control; delivery of

fire extinguishing water from remote fire-fighting water sources. In addition, tabular values with approximate sizes of reservoirs-kopani are given, as well as the effectiveness of the use of the pump-bag complex "SHKVAL" (KNRM-400-1,6/300)

Keywords: peat fire, classification of wildfires, statistics on wildfires, methods of fighting and monitoring of fires

Введение

Тушение природных пожаров – это сложный, трудоемкий процесс, требующий привлечения большого количества личного состава, техники и оборудования. В настоящее время не прекращается работа по поиску и совершенствованию оптимальных способов и методов тушения природных пожаров. Появление новых технических решений, модернизация оборудования и техники позволяют повысить эффективность в решении проблемы тушения природных пожаров, в том числе уменьшения материального и экологического ущерба от подобных пожаров.

Основные статистические показатели по природным пожарам на территории Российской Федерации

Ежегодно в нашей стране на территории лесного фонда происходит более 10 тыс. пожаров. Согласно статистическим данным ФБУ «Авиалесоохрана» по лесным пожарам на территории лесного фонда Российской Федерации за период с 2016 г. по 2021 г. происходит ежегодное увеличение общего количества природных пожаров (рис. 1). С 2016 г. по 2021 г. число пожаров увеличилось на 4177, что составило 41 % от общего их количества.

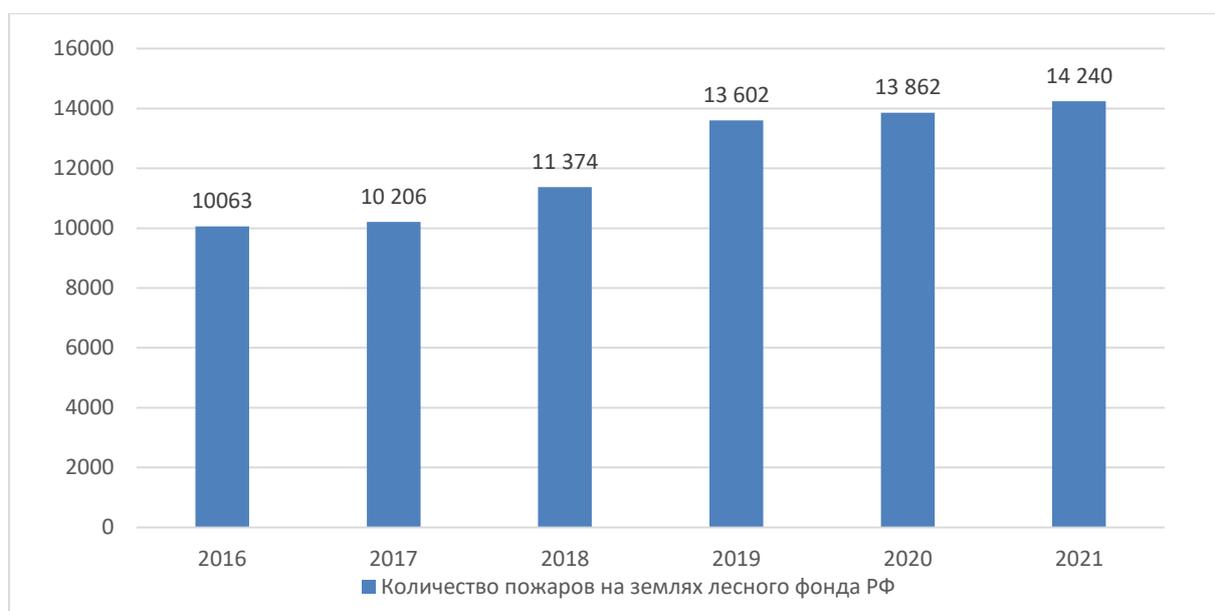


Рисунок 1. Количество пожаров на землях лесного фонда на территории РФ

На рис. 2 представлена динамика изменения площади, пройденной огнем при лесных пожарах на территории РФ за пять лет.

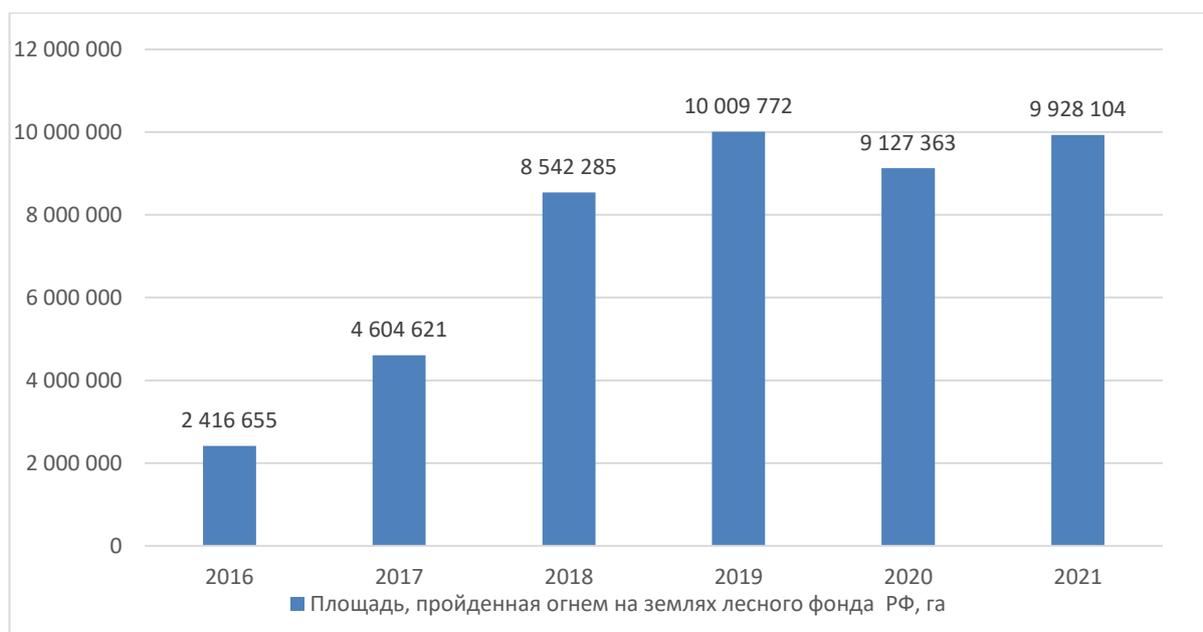


Рисунок 2. Площадь, пройденная огнем, га

Статистические данные по площади подземных пожаров представлены на рис. 3. За 2021 г. следует отметить 15 кратное увеличение данных показателей.

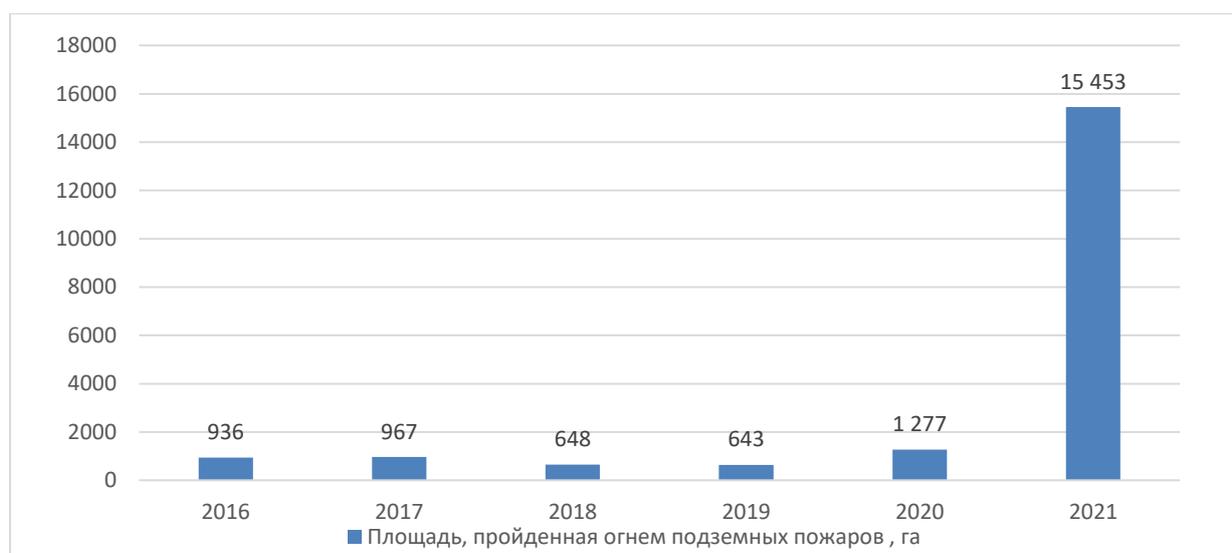


Рисунок 3. Площадь, пройденная огнем подземных пожаров, га

В свою очередь величина материального ущерба в результате природных пожаров ежегодно снижается (рис. 4).

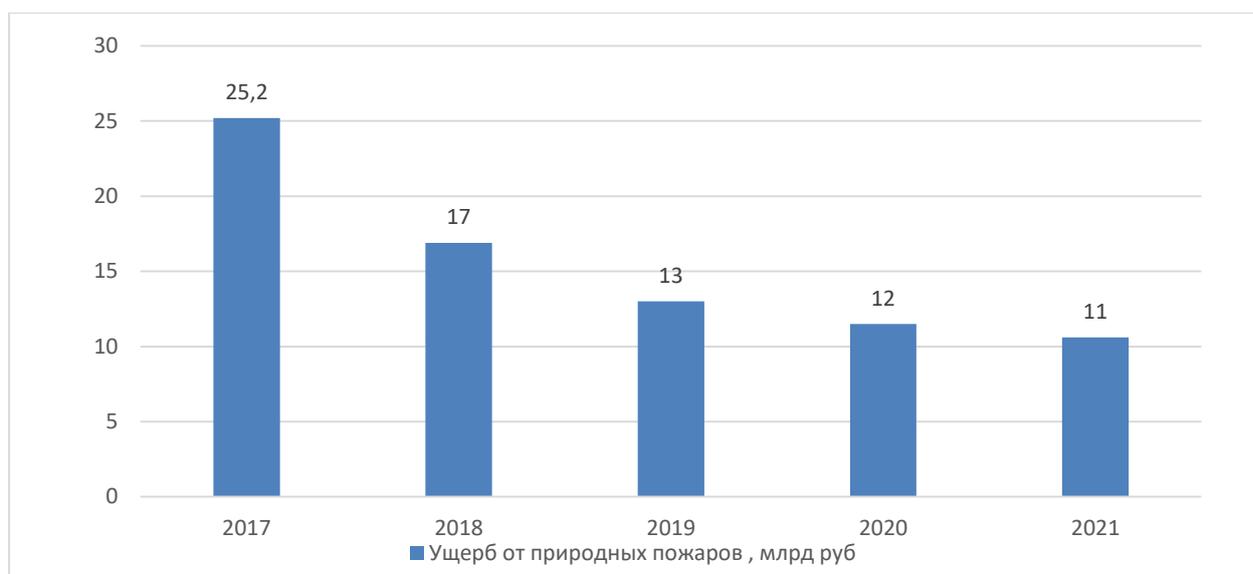


Рисунок 4. Ущерб от природных пожаров, млрд руб.

Виды, классификация и методы борьбы с природными пожарами

Среди природных пожаров выделяют следующие виды: верховой, низовой, подземный [1]. Верховые и низовые пожары в свою очередь подразделяются на беглые и устойчивые, а подземные на подстильно-гумусовые и торфяные. По зонам распространения пожары делятся на отдельные, массовые и сплошные.

Верховые пожары характеризуются высокой скоростью распространения и могут достигать 75 м/мин и более. Скорость распространения низовых пожаров достигает 3 м/мин и более. Подземные пожары характеризуются глубиной прогорания почвенного слоя 50 см и более.

В зависимости от вида природного пожара используются различные способы и методы борьбы с ними. На сегодняшний день в практике пожаротушения известно два основных метода борьбы с природными пожарами: технологический (применение технических средств для создания противопожарных барьеров, минерализованных полос и т. д.) и законодательный (предупреждение, наблюдение и т. д.) Само тушение пожаров может быть прямым (тушение кромки пожара и создание минерализованной полосы) и косвенным

(граница остановки огня на определенном расстоянии от кромки) [2].

К общепринятым способам тушения природных пожаров относятся:

- захлестывание огня различными подручными средствами (ветки деревьев, кошма, полотнище);
- забрасывание огня грунтом (изоляция зоны горения от окислителя);
- тушение огня водой при помощи различных приборов подачи огнетушащих средств (пожарные стволы, ранцевые лесные огнетушители);
- прокладка заградительных и минерализованных полос;
- тушение огня отжигом (встречный пал);
- применение авиации и авиационных средств.

Выбор способов тушения пожара непосредственно влияет на управление силами и средствами. В работе [3] подробно описаны возможные методы борьбы с огнем в зависимости от параметров пожара (быстро или медленно распространяющихся).

Для совершенствования тушения лесных и торфяных пожаров представлены технические предложения с использованием различных устройств: для локализа-

ции и тушения низового пожара; дезинтегратор фронта низового лесного пожара с огнегасящим патроном; модель источника малых энергетических возмущений; накладной шнуровой заряд для локализации и тушения; устройство для тушения пожара, сбрасываемое с летательного аппарата. Данные устройства позволяют повысить оперативность и эффективность действий по тушению лесных пожаров [4].

Е. М. Михайлова, А. О. Коркин, С. Е. Орлов разработали сервис «Система информационной поддержки процесса тушения природного пожара», который позволяет координировать действия участников тушения природных пожаров на неизвестной для них территории. Данный сервис способен прогнозировать развитие пожара с возможностью построения самой модели пожара [5].

В последние годы важной проблемой становятся подземные (торфяные) пожары, и жители многих регионов нашей страны ощущают ее непосредственно на себе. Это связано с тем, что в прошлые годы для добычи торфа осушали болота и в настоящее время на территории нашей страны имеются около 5 млн Га осушенных торфяников, при этом многие из них заброшены, не рекультивированы и бесхозны [6].

Чаще всего торфяные пожары происходят весной в результате поджогов травы, разведения костров и брошенных окурков. Основной особенностью горения торфа является то, что он способен гореть (тлеть) практически без доступа в зону горения кислорода воздуха (окислителя). Торфяные пожары могут развиваться до огромных масштабов и приносить большой материальный и экологический ущерб [7]. Для данного типа пожара

особо важно раннее обнаружение, ввиду выделения значительного количества дыма и сложности его тушения на поздних стадиях. Остановимся более подробно на способах предупреждения и тушения торфяных пожаров с применением имеющихся на сегодняшний день технических средств.

Анализ существующих методов и средств тушения и предупреждения торфяных пожаров

1. *Перемешивание горящего и разогретого торфа с водой до полного охлаждения.* Тушение торфяного пожара данным способом осуществляется при наличии достаточного количества воды, подаваемой

в очаг пожара с дальнейшим перемешиванием подручными средствами (лопата) до однородной холодной массы. При этом воду необходимо подавать в центр небольшого очага, пробивая до возможной глубины с последующим перемешиванием глубокой части, а далее смываются и срезаются края очага (рис. 5). Данный способ эффективен при срезании примыкающих к очагу участков негорящего торфа (20 см и более) по всему периметру с последующим перемешиванием с водой. В случае дефицита на месте пожара водных ресурсов, а также отсутствия водоподающих устройств и оборудования, целесообразно выкапывать горящий торф с помещением его в несгораемую емкость (ведро, корыто) и переносить к водному источнику и в дальнейшем подавать воду с перемешиванием до однородной холодной массы. При полном отсутствии водных источников выкапываемый горящий торф можно смешивать с песком или глиной до прекращения горения и полного охлаждения [8].



Рисунок 5. Тушение горящего торфа перемешиванием водой

2. *Подача водяных струй с помощью торфяных стволов.* При тушении торфа на глубине высокую эффективность показывают торфяные стволы (рис. 6), которые обеспечивают насыщение водой

глубоких слоев горящего торфа. Данные стволы позволяют подавать струю воды в пласт тлеющего торфа, подавляя пожар на глубине более 1 м [9].



Рисунок 6. Торфяной ствол

Данный ствол представляет собой металлическую трубу с отверстиями и наконечником, ручек с краном и соединительной головкой для соединения с пожарным рукавом. Тушение торфа, находящегося на глубине, осуществляется через

проколы почвы, причем наибольшая эффективность достигается, если расстояние между проколами будет не более 40 см.

При тушении рассматриваемыми стволами целесообразно применять рядное расположение с расстоянием между ними 1,0–1,5 м, при этом вначале необходимо

обработать полосу шириной 0,8 м, прилегающую к кромке пожара.

3. *Использование в тушении торфяных пожаров бульдозеров и экскаваторов.* Тушение торфяного пожара с использованием механизированной гусеничной техники достигается за счет перемешивания горящего торфа с влажным не горящим или с негорючим грунтом (рис. 7). При этом начинать тушение пожара следует с краев очага, с последующим продвижением по окружности к его центру, одновременно перемешивая почву гусеницами. Данный способ тушения пожара эффективен только при горении неглубоких (20–25 см) залежей торфа [10].

Использование экскаваторов дает возможность локализации отдельных очагов и групп очагов канавами до уровня грунтовых вод или минерализованного грунта. Это позволяет создавать условия, предотвращающие дальнейшее распространение пожара и дает возможность создать запас воды с последующим ее использованием в тушении пожара (рис. 8).



Рисунок 7. Создание отвалов с помощью тяжелой гусеничной техники



Рисунок 8. Создание канав (траншей)

Использование бульдозеров позволяет создавать пути для передвижения техники и личного состава.

Экскаваторы используются для формирования водоемов-копаней, позволяющих создавать запас воды для тушения пожара при условии забора воды пожарными автомобилями и пожарными мотопомпами. Размер и место водоема выбирается исходя из условий местности (наличие подъездов, проездов) и пополнения за счет грунтовых вод.

Глубина водоемов-копаней ограничивается длиной всасывающих рукавов. Для водоемов с полукторными откосами, глубина не должна превышать 3,5 м, а при двойных откосах не более трех метров. Водоемы-копани целесообразно выполнять прямоугольной или квадратной формы. Ориентировочные размеры водоемов-копаней в зависимости от необходимого объема представлены в таблице.

Таблица
Размеры водоемов-копаней прямоугольной формы в зависимости от объема

Глубина, м	Размеры в плане в м при заложении откосов 1:2				Полный объем, м ³	Полезный объем, м ³
	по верху		по низу			
	А	Б	а	б		
2,5	12	12	2	2	143	68
2,5	14	14	4	4	224	112
2,5	16	16	6	6	324	167
2,5	18	18	8	8	444	233
2,5	20	20	10	10	584	311
2,5	22	22	12	12	744	399
2,5	24	24	14	14	924	499
2,5	14	10	4	0	133	62
2,5	16	12	6	2	214	107
2,5	18	14	8	4	313	161
2,5	20	16	10	6	434	228
2,5	24	16	14	6	544	288
2,5	26	18	16	8	704	377
2,5	26	20	16	10	809	425
3	12	12	0	0	144	73
3	14	14	2	2	228	125
3	16	16	4	4	336	191
3	18	18	6	6	468	273

3	20	20	8	8	624	371
3	22	22	10	10	804	483
3	14	12	2	0	180	95
3	16	14	4	2	276	155
3	18	16	6	4	396	229
3	20	16	8	4	456	266
3	20	18	8	6	540	318
3	24	20	12	8	792	476

4. *Создание плотин, обводнение очага пожара.* Для ограничения распространения горения, а также тушения торфяного пожара способом подъема уровня воды целесообразно создавать торфяные плотины (рис. 9), способствующие обводнению залежей торфа. Торфяные плотины (перемычки) классифицируются следующим образом:

- переливная торфяная плотина;
- не переливная торфяная плотина;
- шпунтовая плотина.

При строительстве плотин необходимо заблаговременно определить:

- какой уровень воды необходим;
- возможно ли перемещение пожарной техники по грунту;
- возможно ли устройство пирса для установки пожарной техники;
- будет ли создан дефицит воды на другом участке в результате ее удержания/



Рисунок 9. Не переливная торфяная плотина (перемычка)

5. *Проведение разведки пожара с применением беспилотных летательных аппаратов с тепловизором.* В настоящее время имеются технические возможности осуществлять разведку пожара воздушным способом с применением беспилотных летательных аппаратов (БЛА). При проведении полетов, в режиме реального времени можно оценить изменения площади горения и при необходимости произвести перераспределение сил и средств. С помощью БЛА с тепловизором можно выявить новые или вновь возникшие очаги возгораний и осуществлять окарауливание территории, на которой проводятся работы.

6. *Контроль качества тушения.* Важным моментом при тушении торфяных

пожаров является проведение контроля качества тушения (ручной, инструментальный).

При ручном контроле выкапывается яма, через которую руками прощупываются слои торфа на всю его глубину. При выявлении участков с температурой выше температуры тела, их необходимо дополнительно протушивать.

При инструментальном контроле качества тушения необходимо использовать щупы-термометры (рис. 10), которые постепенно погружают в слои торфа с измерением температуры на глубину до подстилающего грунта.



Рисунок 10. Контроль температуры нагретого слоя торфа при помощи щупа-термометра

Особо следует выделить мероприятия по доставке воды к месту пожара от противопожарных водоисточников так как чаще всего торфяники располагаются на значительном расстоянии от естественных противопожарных водоисточников, поэтому при тушении пожаров руководитель

тушения пожара должен организовать перебойную подачу воды к месту пожара.

Доставку воды для тушения торфяных пожаров целесообразно осуществлять способом перекачки с применением пожарных насосных станций (ПНС). При

этом прокладку рукавных линий нельзя допускать по непотушенному (горящему) торфу, это может привести к их повреждению и даже к уничтожению.

Осенью 2021 г. при тушении торфяного пожара в мкр. «Солнечный» Чкаловского района г. Екатеринбурга эффективность по перекачке воды показал насосно-рукавный комплекс «ШКВАЛ» (КНРМ-400-1,6/300). Данный комплекс был установлен на берегу пожарного водоема с твердым берегом, укрепленным щебнем.

В комплектации насосно-рукавного комплекса «ШКВАЛ» имеется одно четырехходовое разветвление, поэтому подача воды осуществляется только по одной напорной линии диаметром 300 мм. Вода по напорной линии подавалась на расстоя-

ние 1150 м. Далее было установлено четырехходовое разветвление, распределяющее поток по четырем рукавным линиям диаметром 150 мм с последующей запиткой пожарных насосных станций (ПНС), а от них по магистральным рукавам на участки тушения.

Анализ технических характеристик насосного модуля «ШКВАЛ» показал, что использованная при тушении торфяного пожара схема обеспечивала «рабочий» режим работы насоса, без пиковых нагрузок.

Альтернативным методом перекачки воды от обводных каналов и плотин является использование пожарных мотопомп. Примерная схема использования пожарных мотопомп для перекачки воды представлена на рис. 11.

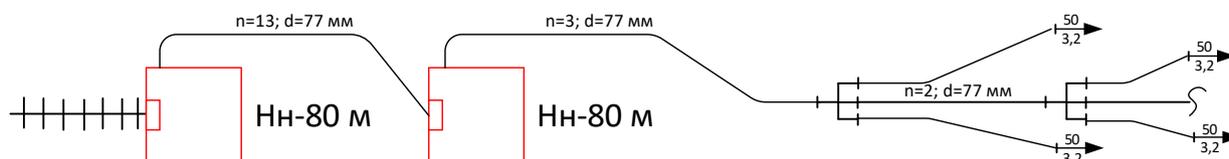


Рисунок 11. Схема насосно-рукавной системы от пожарной мотопомпы

Плюсом применения переносных пожарных мотопомп является возможность доставки и осуществления забора воды в таких местах, где пожарная техника проехать не сможет. Для исключения засасывания грунта через всасывающий рукав можно применять мягкие резервуары ранцевых лесных огнетушителей (РЛО).

Методы и средства для тушения торфяных пожаров весьма действенны и эффективны в случае их своевременного и корректного применения. Использование бульдозеров и экскаваторов эффективно при горении неглубоких залежей торфа, а также создания водоемов-копаней и плотин. Торфяные стволы показывают свою высокую эффективность при тушении торфа на глубине. БЛА оказывают неоценимую помощь при мониторинге имеющихся и возникающих очагов пожара, что позволяет своевременно принять меры по предотвращению распространения горения на большие площади. Особую роль при

тушении природных пожаров отдается мероприятиям по бесперебойной подаче воды к месту пожара. Для этих целей успешно используются насосно-рукавный комплекс «ШКВАЛ» и перекачка воды от обводных каналов и плотин с помощью пожарных мотопомп. Для тушения природных пожаров сосредотачивается большое количество личного состава, пожарной техники, пожарно-технического вооружения, оборудования и ГСМ.

Ликвидация пожаров может достигать нескольких недель, поэтому для качественного проведения работ по тушению торфяных пожаров для личного состава разворачивают городок жизнеобеспечения с местами для приготовления и приема пищи, отдыха и помывки личного состава и др. Для поддержания боевой готовности проводят техническое обслуживание и ремонт пожарной техники, ПТВ, мотопомп, пожарных рукавов и шанцевого инструмента. В постоянном режиме осуществ-

ляют контроль качества тушения с применением технических средств (шуп-термометр), а также проводят мониторинг обстановки для обнаружения термоточек с помощью БЛА с тепловизором.

Выводы

Исходя из проведенного обзора по обстановке с природными пожарами и методов борьбы с ними можно сделать следующие выводы:

1) за последние пять лет на фоне общего роста зафиксированных лесных пожаров на территории РФ наблюдается 15 кратное увеличение площади подземных пожаров. В какой-то степени этому способствует общее потепление климата со снижением количества осадков в осенне-летне-весенние месяцы, а также это

является последствием добычи торфа с осушением болот, которые на данный момент не рекультивированы и бесхозны;

2) приведенный анализ методов борьбы с природными пожарами позволяет судить о всесторонней проработке данного вопроса, начиная с проведения разведки, мероприятий по предупреждению, тушению, а также по контролю качества тушения.

Следует отметить, что каждый природный пожар требует индивидуального подхода и подбора необходимых в каждом конкретном случае средств и методов тушения в зависимости от вида пожара и складывающейся оперативно-тактической обстановки.

Литература

1. Зуенко В. А., Родимцев А. С. Проблемы тушения лесных пожаров в Российской Федерации // Агротехника и энергообеспечение. 2015. № 3 (7). С. 95–107.
2. Газизов А. М., Янгирова Р. Р. Современные методы борьбы с лесными пожарами // Нефтегазовое дело. 2021. № 1. С. 25–39.
3. Карапузиков А. А. и др. К вопросу об управлении силами и средствами при тушении лесных пожаров // Техносферная безопасность. 2020. № 2 (27). С. 16–27.
4. Гришин А. М. и др. Методы, средства и технологии локализации и тушения природных пожаров // Актуальные проблемы пожарной безопасности: материалы XXVIII Междунар. науч.-практ. конф. М., 2016. Ч. 1. С. 477–486.
5. Михайлова Е. М. и др. Система поддержки процесса тушения природного пожара // Новое слово в науке: стратегии развития: материалы IV Всерос. науч.-практ. конф. Чебоксары, 2018. С. 151–152.
6. Катруш С. С. К вопросу о торфяных пожарах // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. 2014. Т. 2, № 5-3 (10-3). С. 121–123.
7. О внесении изменений в правила противопожарного режима в РФ: постановление правительства РФ от 21.05.2021 № 766.
8. Максимов Е. И., Федорченко И. С., Беляев Д. А. Анализ и перспективы развития технологий ликвидации торфяных пожаров // Машиностроение: новые концепции и технологии: материалы Всерос. науч.-практ. конф. Красноярск, 2019. С. 29–39.
9. Карпенчук И. В. и др. Разработка тактики тушения торфяных пожаров с использованием специализированных технических средств // Вестник Командно-инженерного института МЧС Республики Беларусь. 2010. № 2 (12). С. 78–82.
10. Беляев Л. А. Методика тушения ландшафтных пожаров: утв. МЧС России 14.09.2015 № 2-4-87-32-ЛБ.

References

1. Zuenko V. A., Rodimcev A. S. Problemy tusheniya lesnyh pozharov v Rossijskoj Federacii // Agrotekhnika i energoobespechenie. 2015. № 3 (7). S. 95–107.
2. Gazizov A. M., YAngirova R. R. Sovremennye metody bor'by s lesnymi pozharemi // Neftegazovoe delo. 2021. № 1. S. 25–39.
3. Karapuzikov A. A. i dr. K voprosu ob upravlenii silami i sredstvami pri tushenii lesnyh pozharov // Tekhnosfernaya bezopasnost'. 2020. № 2 (27). S. 16–27.
4. Grishin A. M. i dr. Metody, sredstva i tekhnologii lokalizacii i tusheniya prirodnyh pozharov // Aktual'nye problemy pozharnoj bezopasnosti: materialy XXVIII Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii. M., 2016. CH. 1. S. 477–486.
5. Mihajlova E. M. i dr. Sistema podderzhki processa tusheniya prirodnogo pozhara // Novoe slovo v nauke: strategii razvitiya: materialy IV Vseros. nauch.-prakt. konf. CHEboksary, 2018. S. 151–152.

6. Katrush S. S. K voprosu o torfyanyh pozharah // Aktual'nye napravleniya nauchnyh issledovaniy XXI veka: teoriya i praktika. 2014. T. 2, № 5-3 (10-3). S. 121–123.
7. O vnesenii izmenenij v pravila protivopozharnogo rezhima v RF: Postanovlenie pravitel'stva RF ot 21.05.2021 № 766.
8. Maksimov E. I., Fedorchenko I. S., Belyaev D. A. Analiz i perspektivy razvitiya tekhnologij likvidacii torfyanyh pozharov // Mashinostroenie: novye koncepcii i tekhnologii: materialy vserossijskoj nauchno-prakticheskoy konferencii. Krasnoyarsk, 2019. S. 29–39.
9. Karpenchuk I. V., Palubec S. M., Malashenko S. M., Trafimchik L. L. Razrabotka taktiki tusheniya torfyanyh pozharov s ispol'zovaniem specializirovannyh tekhnicheskikh sredstv // Vestnik Komandno-inzhenernogo instituta MCHS Respubliki Belarus'. 2010. № 2 (12). S. 78–82.
10. Belyaev L. A. Metodika tusheniya landshaftnyh pozharov: utv. MCHS Rossii 14.09.2015 N 2-4-87-32-LB.

УДК 614.84

ntuz@yandex.ru

**ВЫЯВЛЕНИЕ ДИНАМИКИ ОЦЕНОК РЕГИОНОВ НА ПРИМЕРЕ
РАЗРАБАТЫВАЕМОЙ МЕТОДИКИ ОЦЕНКИ СТЕПЕНИ РЕАЛИЗАЦИИ
ОРГАНАМИ ИСПОЛНИТЕЛЬНОЙ ВЛАСТИ СУБЪЕКТОВ РФ ПОЛНОМОЧИЙ
В ОБЛАСТИ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ**

**IDENTIFICATION OF THE DYNAMICS OF REGIONAL ASSESSMENTS
ON THE EXAMPLE OF THE DEVELOPED METHODOLOGY FOR ASSESSING
THE DEGREE OF IMPLEMENTATION BY THE EXECUTIVE AUTHORITIES
OF THE SUBJECTS OF THE RUSSIAN FEDERATION OF POWERS IN THE FIELD
OF FIRE SAFETY**

*Искалин В. И., кандидат химических наук, доцент,
Туз Н. В., Кононко П. П., Домрачев К. В.
Всероссийский ордена «Знак Почета» научно-исследовательский институт
противопожарной обороны МЧС России, Балашиха*

*Iskalin V., Tuz N., Kononko P., Domrachev K.
All-Russian Order "Badge of Honor" Research Institute
of Fire Defense of the Ministry of Emergency Situations of Russia, Balashikha*

В статье рассматривается способ выявления динамики рейтинга и итоговой оценки степени реализации органами исполнительной власти субъектов РФ полномочий в области пожарной безопасности. Поскольку исходных данных для выполнения расчетов (значения показателей механизмов выполнения мероприятий по реализации полномочий) пока не существует, в работе в рамках численного эксперимента выполняется генерация значений показателей для трех уровней добросовестности: «низкий», «средний» и «высокий». Схема расчета представляет собой иерархию (дерево). В корне дерева (нулевой уровень) расположена итоговая оценка. Далее по уровням: полномочия органов исполнительной власти; мероприятия по реализации полномочий; механизмы выполнения мероприятий по реализации полномочий; показатели механизмов выполнения мероприятий по реализации полномочий. Оценка осуществляется снизу-вверх. Оценка каждого уровня определяется как среднее арифметическое оценок предыдущего уровня. Проведение расчета оценок на всех уровнях возможно для каждого региона. В основе расчета рейтинга лежит сравнение итоговых (верхний уровень) оценок. Результаты расчета рейтингов могут быть использованы территориальными органами МЧС России при принятии управленческих решений в сфере предоставленных полномочий в области пожарной безопасности.

Ключевые слова: оценка реализации полномочий, механизмы реализации полномочий, динамика рейтинга, пожарная безопасность

The article considers a way to identify the dynamics of the rating and the final assessment of the degree of implementation by the executive authorities of the subjects of the Russian Federation of the powers in the field of fire safety. Since the initial data for performing calculations (the values of the indicators of the mechanisms for the implementation of measures for the implementation of powers) do not yet exist, in the work within the framework of a numerical experiment, the values of indicators for three levels of conscientiousness are generated: "low", "medium" and "high". The calculation scheme is a hierarchy

(tree). The final score is located at the root of the tree (level zero). Further by levels: powers of executive authorities; measures for the implementation of powers; mechanisms for the implementation of measures for the implementation of powers; indicators of mechanisms for the implementation of measures for the implementation of powers. The assessment is carried out from the bottom up. The score of each level is defined as the arithmetic mean of the scores of the previous level. The calculation of estimates at all levels is possible for each region. The calculation of the rating is based on a comparison of the final (upper level) ratings. The results of the rating calculation can be used by the territorial bodies of the Ministry of Emergency Situations of Russia when making management decisions in the field of the granted powers in the field of fire safety.

Keywords: assessment of the implementation of powers, mechanisms for the implementation of powers, rating dynamics, fire safety

Введение

О полномочиях органов государственной власти субъектов Российской Федерации в области пожарной безопасности впервые было упомянуто в статье 18 Федерального закона от 05.01.1995 г. № 69-ФЗ «О пожарной безопасности» (далее – Федеральный закон «О пожарной безопасности») [1].

Общие принципы разграничения полномочий между федеральными органами государственной власти и органами государственной власти субъекта Российской Федерации, в том числе и в области пожарной безопасности установлены в соответствии с главой IV 1. Федерального закона от 6 октября 1999 г. № 184-ФЗ «Об общих принципах организации законодательных (представительных) и исполнительных органов государственной власти субъектов Российской Федерации» (далее – Федеральный закон от 6 октября 1999 г. № 184-ФЗ) [2].

В 2021 г., в рамках реорганизации исполнительных органов государственной власти субъектов Российской Федерации, принят Федеральный закон от 21.12.2021 № 414-ФЗ «Об общих принципах организации публичной власти в субъектах Российской Федерации». Положениями данного закона предусмотрены следующие мероприятия: поэтапная, до 2023 г., отмена действия Федерального закона от 6 октября 1999 г. № 184-ФЗ и установление нового

вида контроля (надзора) – государственный контроль (надзор) за деятельностью органов, входящих в единую систему публичной власти в субъектах Российской Федерации, и их должностных лиц [3].

Одновременно с этим, в статью 6 Федерального закона «О пожарной безопасности» вносятся изменения, в частности устанавливающие следующее: «Государственный надзор за реализацией органами исполнительной власти субъектов Российской Федерации и органами местного самоуправления полномочий в области пожарной безопасности осуществляется федеральным органом исполнительной власти, уполномоченным на решение задач в области пожарной безопасности» [1].

Целью государственного надзора является предупреждение, выявление и пресечение нарушений законодательства Российской Федерации, в части обеспечения пожарной безопасности городских и сельских поселений, городских округов и закрытых административно-территориальных образований на территории субъекта Российской Федерации, а также оценка степени реализации органами исполнительной власти субъектов Российской Федерации полномочий в области пожарной безопасности.

Для расчета оценки степени реализации вышеуказанных полномочий должны быть введены показатели и числовая шкала. Представляется рациональным

показатели формировать на основе механизмов реализации данных полномочий [4] и использовать для них бинарную шкалу (1 или 0, «выполнено» или «не выполнено»). Схема взаимосвязи полномочий, механизмов и показателей их реализации представлена на рис. 1.

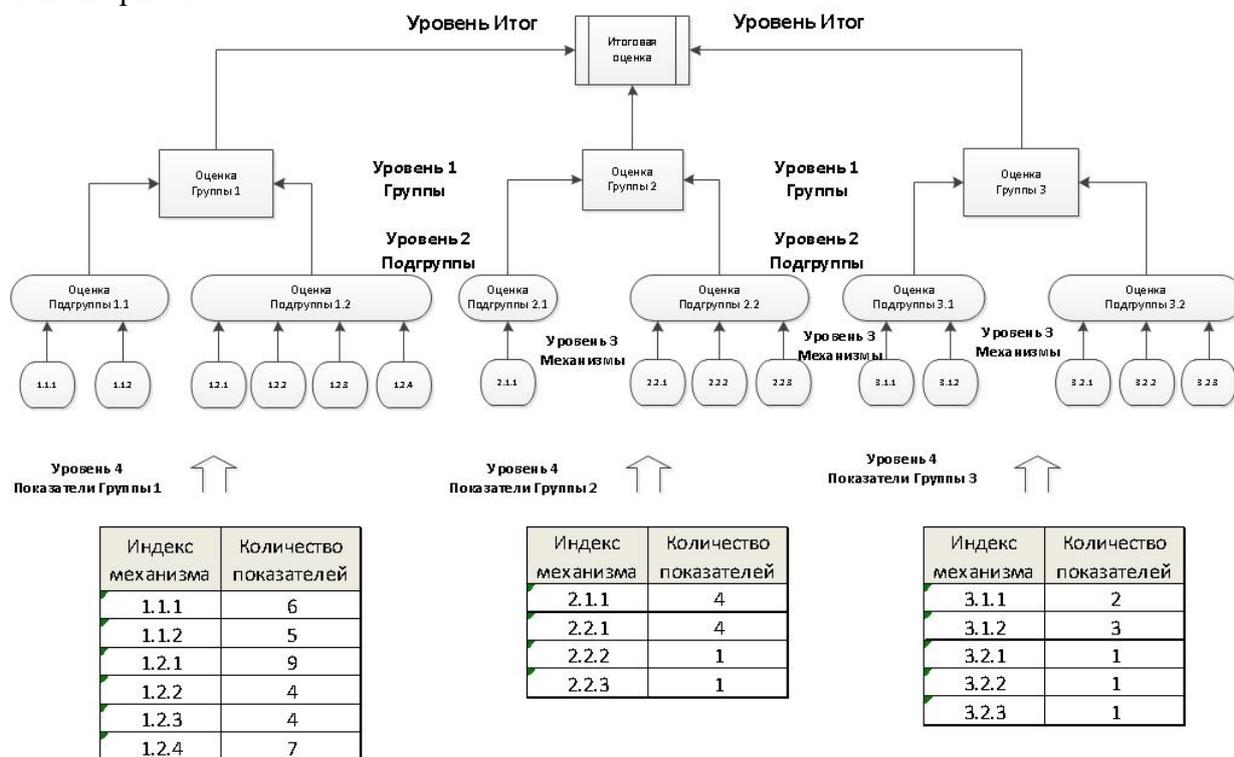


Рисунок 1. Схема взаимосвязи полномочий, механизмов и показателей их реализации

В соответствии с представленной схемой структура реализации исследуемых полномочий изображена в виде четырех-уровневой системы взаимосвязанных показателей, нижний уровень которой (уровень 4) занимают показатели механизмов реализации рассматриваемых полномочий, всего их 53.

Показатели распределены на не пересекающиеся подгруппы, которые в контексте исследования обозначены как механизмы реализации полномочий, 15 механизмов (уровень 3).

Механизмы реализации полномочий распределены на подгруппы полномочий, которые образуют уровень 2 (6 подгрупп).

Подгруппы уровня 2 распределены по группам, которые образуют уровень 1 (3 группы).

Оценка степени реализации полномочий осуществляется на уровнях 3, 2, 1 и завершается на уровне Итого.

Схема расчета

Схема расчета представляет собой иерархию. Выполнение расчета, оценки степени реализации полномочий, осуществляется снизу-вверх.

На самом нижнем 4 уровне располагаются показатели, которые представляют собой индикаторы механизмов реализации полномочий и могут принимать значения либо 1 (выполнено), либо 0 (не выполнено).

Оценка подгруппы уровня 3, механизмов реализации полномочий, рассчитывается как среднее арифметическое следующим образом:

$$S_{ijk} = \frac{\sum I_{ijkl}}{n_{ijk}}, \quad (1)$$

где S_{ijk} – оценка подгруппы уровня 3; i, j, k – номер группы, подгруппы уровня 2, подгруппы уровня 3 соответственно; I_{ijkl} – значение l – го индикатора, принадлежащего группе i , подгруппе уровня 2 j , подгруппе уровня 3 k ; n_{ijk} – количество индикаторов в соответствующей подгруппе уровня 3.

$$S_{ij} = \frac{\sum S_{ijk}}{n_{ij}}, \quad (2)$$

где S_{ij} – оценка подгруппы уровня 2, i, j – номер группы, подгруппы уровня 2; n_{ij} количество оценок подгруппы уровня 3, подчиненных подгруппе уровня 2 (рис. 1).

Оценка группы уровня 1 аналогично рассчитывается как среднее арифметическое оценок подгрупп уровня 2:

$$S_i = \frac{\sum S_{ij}}{n_i}, \quad (3)$$

где S_i – оценка группы; n_i – количество оценок подгруппы уровня 2, подчиненных группе уровня 1 (рис. 1).

Наконец, итоговая оценка рассчитывается как среднее арифметическое оценок групп:

$$S = \frac{\sum S_i}{n}, \quad (4)$$

где S – итоговая оценка; n – количество оценок групп, в нашем исследовании 3.

Из представленной схемы следует, что на каждом уровне иерархии оценок максимально возможная («идеальная») оценка должна быть равна 1. Тогда разность между единицей и значением текущей оценки несет информацию о расстоянии до цели. Расстояние до цели, в свою очередь, может быть поставлено в соответствие с **затратами на выполнение функций** по формуле (5).

На основании оценки на уровне Итог, полученной для каждого из 85 субъектов РФ, нетрудно рассчитать рейтинг региона. Рейтинг, по определению, числовой

или порядковый показатель, характеризующий важность или значимость определенного объекта или явления [4]. Чем выше рейтинг, тем более успешно органы исполнительной власти региона реализуют полномочия в области пожарной безопасности. В рамках нашего исследования максимальное значение рейтинга региона равно 85, минимальное равно 1.

Расчет оценок на всех уровнях может быть осуществлен в каждом регионе (рис. 1).

Расчет рейтингов регионов возможен только при сравнении итоговых оценок всех регионов.

Результаты расчета рейтингов могут быть доведены до территориальных органов МЧС России для использования в повседневной деятельности и принятии управленческих решений в сфере предоставленных полномочий в области пожарной безопасности.

Как выявить динамику изменений оценок и рейтингов

Одним из главных вопросов, который возникает у ответственных лиц после очередного этапа расчета: «Почему изменился рейтинг региона?», мы предлагаем сделать это нижеописанным способом. В качестве прототипа способа использованы идеи статьи [5].

В общем случае количественную оценку изменений можно определить по формуле расчета результативности деятельности [6]:

$$P_{н.р.} = \frac{Z_{ф.} - Z_{в.р.}}{Z_{ф.}} \cdot 100\%, \quad (5)$$

где $P_{н.р.}$ – результативность работы, %; $Z_{ф.}$ – затраты на выполнение функций на начальном этапе; $Z_{в.р.}$ – затраты на выполнение функций на конечном этапе.

Поскольку в отдельных случаях значение $Z_{ф.}$ может оказаться равным нулю, более простой расчет сводится к определению числителя формулы (5).

Ввиду отсутствия исходных данных для расчетов нами был проведен численный эксперимент: было задано три уровня ситуации со значениями показателей:

– низкий уровень – примерно 70 % показателей случайным образом принимают значение 1, остальные принимают значение 0;

– средний уровень – примерно 80 % показателей случайным образом принимают значение 1, остальные принимают значение 0;

– высокий уровень – примерно 90 % показателей случайным образом принимают значение 1, остальные принимают значение 0.

Расчеты по этим уровням были проведены 85 раз (по числу регионов РФ).

Расчет рейтинга как функцию от совокупности итоговых оценок субъектов РФ выполняли с использованием стандартной функции `rank()` библиотеки `pandas` [7].

Расчет изменения оценок осуществляли следующим образом:

$$\Delta Z_{1,2} = (1 - S_1) - (1 - S_2) = S_2 - S_1 \quad (6)$$

$$\Delta Z_{2,3} = (1 - S_2) - (1 - S_3) = S_3 - S_2 \quad (7)$$

$$\Delta Z_{1,3} = (1 - S_1) - (1 - S_3) = S_3 - S_1 \quad (8)$$

Расчет изменения рейтингов осуществляли следующим образом:

$$\Delta R_{1,2} = R_2 - R_1 \quad (9)$$

$$\Delta R_{2,3} = R_3 - R_2 \quad (10)$$

$$\Delta R_{1,3} = R_3 - R_1 \quad (11)$$

В формулах (6) – (11) $\Delta Z_{i,j}$ – разность трудоемкостей между этапами $i, j =$

$1,2,3$; S_i – оценка, полученная на этапе $i = 1,2,3$; $\Delta R_{i,j}$ – разность рейтингов при переходе от этапа i к этапу j ; R_i – рейтинг региона, полученный на этапе $i = 1,2,3$.

Моделирование осуществляли с использованием сценариев на языке Python на платформе Anaconda [7].

Обсуждение результатов численного эксперимента

На рис. 2 представлена описательная статистика итоговых оценок в виде диаграммы размаха (box plot) [7].

Box plot («диаграмма с усами») – это полезная визуализация данных, которая иллюстрирует пять различных сводных статистик:

- минимальное значение,
- первый квартиль (25-й процентиль),
- медиана,
- третий квартиль (75-й процентиль),
- максимальное значение.

Кроме того, диаграмма отображает любые выбросы, которые существуют в данных. Выбросы обычно классифицируются как значения, превышающие межквартильный интервал в 1,5 раза (наблюдаются за пределами «усов»).

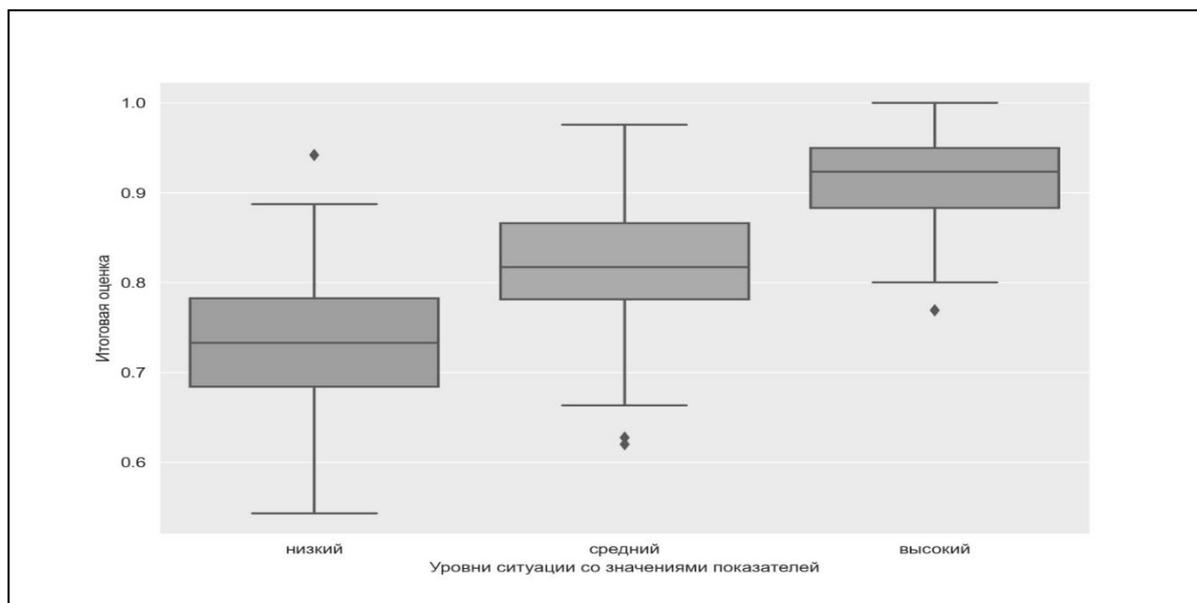


Рисунок 2. Графическое представление описательной статистики итоговых оценок в виде диаграммы размаха (boxplot)

Из данных рис. 2 следует, что средние значения итоговых оценок соответствуют заданным уровням ситуаций со значениями показателей (примерно 0,7; 0,8 и 0,9 для низкого, среднего и высокого уровня). Для выборки «низкий уровень» наблюдаются выбросы в сторону максимума. Для выборок «средний уровень» и «высокий уровень» наблюдаются выбросы в сторону минимума.

На рис. 3 представлены описательные статистики разности итоговых оценок, которые, в соответствии с формулами (6)–(8) могут быть интерпретированы как разности трудоемкости достижения «идеального» результата. При успешном продвижении к этому результату разности имеют знак плюс, неуспешном – знак минус.

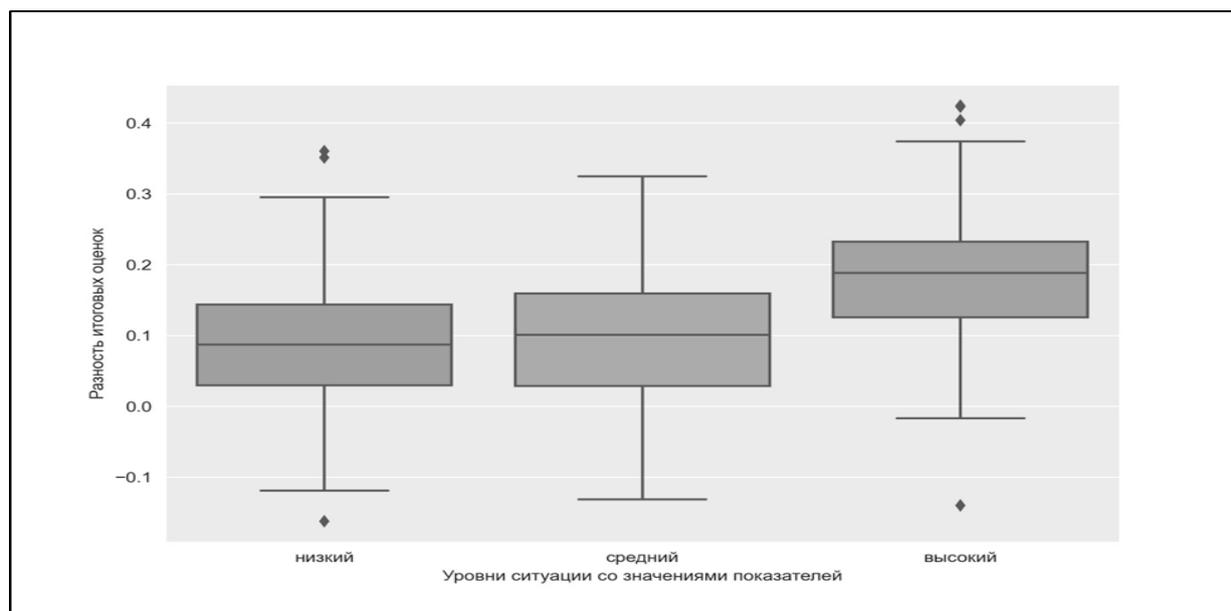


Рисунок 3. Графическое представление описательной статистики разности итоговых оценок в виде диаграммы размаха (boxplot)

Из данных рис. 3 следует, что среднее значение разности итоговых оценок несколько «подрастает» по мере повышения уровня ситуации со значениями показателей. В выборке «низкий уровень» и «высокий уровень» наблюдаются выбросы как в меньшую, так и в большую сторону.

На рис. 4 представлена описательная статистика разности рейтингов. В соответствии с формулами (9)–(11), в случае, если рейтинг повышается, разность принимает знак плюс, в противном случае – знак минус.

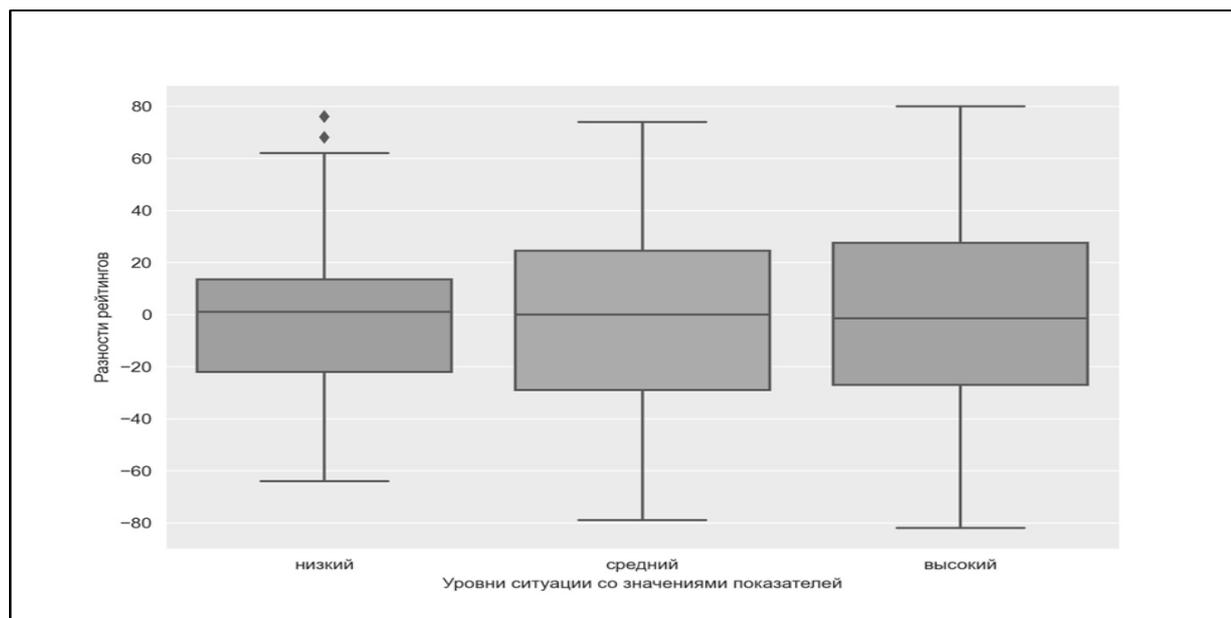


Рисунок 4. Графическое представление описательной статистики разности рейтингов в виде диаграммы размаха (boxplot)

Из данных рис. 4 следует, что среднее значение разности рейтингов, в соответствии с определением, равно 0 на всех уровнях. По мере повышения уровня ситуации со значениями показателей наблюдается увеличение, как интерквартильного размаха (высоты «коробки»), так и самого размаха (расстояние между «усами»). В выборке «низкий уровень» наблюдаются выбросы в сторону увеличения.

На рис. 3 и 4 обращает на себя внимание наличие отрицательных разностей рейтингов и разностей оценок. Как интерпретировать эти случаи? Чем они обусловлены?

В соответствии с вышеприведенными формулами, оценки всех уровней, в том числе уровня Итог, связаны между собой функциональной зависимостью (оценка текущего уровня есть среднее

арифметическое оценок предыдущего уровня). Рейтинг связан функциональной зависимостью с итоговой оценкой. Это обстоятельство позволяет отследить совокупности субъектов РФ, с чем связано отрицательное значение разности рейтингов (соответственно, на уровне региона, с чем связано отрицательное значение разности итоговой оценки и оценок других уровней).

Результаты расчета искомых разностей представлены в табл. 1. Отрицательные числа выделены маркером. Напомним, что исходные данные получены в результате численного эксперимента и в природе отсутствуют. Вместо названия субъектов РФ представлены абстрактные индексы, назначение которых – идентифицировать строку в таблице.

Индекс субъекта РФ	Разность рейтингов	Разность оценок Итог	Разность оценок Группа 1	Разность оценок Группа 2	Разность оценок Группа 3
01	-12	0,0147	0,1690	-0,2083	0,0833
02	-30	-0,0010	0,0804	0,1250	-0,2083
03	42	0,2042	0,0708	0,1667	0,3750
04	-34	0,0169	0,1340	0,0417	-0,1250
05	-17	-0,0082	0,0588	-0,2500	0,1667
06	14	0,2118	0,0521	0,7083	-0,1250
07	15	0,1550	0,2984	-0,0417	0,2083
08	3	0,0876	0,0546	0,1667	0,0417
09	1	0,0914	0,1493	-0,0833	0,2083
10	28	0,1429	0,0119	0,1250	0,2917
11	-16	0,0296	0,0472	0,0417	0,0000
12	1	0,0869	0,0106	-0,1250	0,3750
13	7	0,1174	0,1021	0,0833	0,1667
14	53	0,2153	0,1875	0,3750	0,0833
15	-45	-0,1189	0,0600	-0,1667	-0,2500

Рисунок 5. Фрагмент таблицы «Модельные данные разности рейтингов, итоговых и групповых оценок при переходе от низкого уровня ситуации со значениями показателей к среднему уровню»

Из данных рис. 5 следует, что наблюдаются следующие ситуации:

- отрицательные значения разности рейтингов и разности итоговых оценок совпадают (индексы 02, 05, 15);
- присутствует отрицательное значение разности рейтингов и положительное значение разности итоговых оценок (индексы: 01, 04, 11);
- присутствует положительное значение разности рейтингов и положительное значение разности итоговых оценок (остальные строки (рис. 5)).

По данным рис. 5 отрицательные разности рейтингов и итоговых оценок связаны:

- индекс 02 – с отрицательной разностью оценок Группы 3;

- индекс 05 – с отрицательной разностью оценок Группы 2;

- индекс 15 – с отрицательной разностью оценок и Группы 2 и Группы 3.

Отрицательные разности рейтингов при положительных разностях итоговых оценок связаны:

- индекс 01 – с отрицательной разностью оценок Группы 2;

- индекс 04 – с отрицательной разностью оценок Группы 3.

Отрицательные разности на уровне групп не сказались на разности рейтингов и итоговых оценок: индекс 06, индекс 07, индекс 09, индекс 12.

Изменение рейтинга региона с индексом 11 связано с изменением оценок на более низком уровне (рис. 6).

Индекс субъекта РФ	Разность рейтингов	Разность оценок Итого	Разность оценок Группа 1	Разность оценок 1.1	Разность оценок 1.2	Разность оценок 1.1.1	Разность оценок 1.1.2	Разность оценок 1.2.1	Разность оценок 1.2.2	Разность оценок 1.2.3	Разность оценок 1.2.4
01	-12	0,0147	0,1890	0,1833	0,1548	0,1667	0,2000	0,3333	-0,2500	0,2500	0,2857
02	-30	-0,0010	0,0804	0,0000	0,1607	0,0000	0,0000	0,0000	0,2500	0,2500	0,1429
03	42	0,2042	0,0708	-0,0667	0,2083	-0,3333	0,2000	0,3333	0,5000	0,0000	0,0000
04	-34	0,0169	0,1340	0,2333	0,0347	0,6667	-0,2000	-0,1111	0,0000	0,2500	0,0000
05	-17	-0,0082	0,0588	0,1167	0,0010	-0,1667	0,4000	0,1111	-0,5000	0,2500	0,1429
06	14	0,2118	0,0521	0,1667	-0,0625	0,3333	0,0000	0,0000	-0,2500	0,0000	0,0000
07	15	0,1550	0,2384	0,4500	0,1468	0,5000	0,4000	0,4444	0,0000	0,0000	0,1429
08	3	0,0876	0,0546	0,0000	0,1091	0,0000	0,0000	0,2222	0,5000	0,0000	-0,2857
09	1	0,0914	0,1493	0,0833	0,2153	0,1667	0,0000	0,1111	0,7500	0,0000	0,0000
10	28	0,1429	0,0119	0,0833	-0,0595	0,1667	0,0000	-0,6667	0,2500	-0,2500	0,4286
11	-16	0,0296	0,0472	0,0667	0,0278	0,3333	-0,2000	0,1111	0,2500	-0,2500	0,0000
12	1	0,0869	0,0106	-0,0333	0,0546	0,3333	-0,4000	0,1111	0,2500	0,0000	-0,1429
13	7	0,1174	0,1021	0,2667	-0,0625	0,3333	0,2000	0,0000	0,0000	-0,2500	0,0000
14	53	0,2153	0,1875	0,2500	0,1250	0,5000	0,0000	0,0000	0,2500	0,2500	0,0000
15	-45	-0,1189	0,0600	0,0000	0,1200	0,0000	0,0000	0,4444	0,2500	-0,5000	0,2857

Рисунок 6. Фрагмент таблицы «Модельные данные разности рейтингов, итоговых оценок и оценок Группы 1 вместе с некоторыми подгруппами при переходе от низкого уровня ситуации со значениями показателей к среднему уровню»

Из данных (рис. 6) следует, что отрицательное изменение рейтинга региона с индексом 11 связано, как минимум, с отрицательным изменением оценок в подгруппах 1.1.2 и 1.2.3. Из этой же таблицы следует, что отрицательные изменения оценок на уровне подгрупп Группы 1 не вызвали

отрицательное изменение разности рейтингов и итоговых групп в регионах с индексами: 03, 06, 08, 10, 12, 13.

Разности рейтингов и итоговых оценок в виде графиков представлены на рисунках 5 – 7.

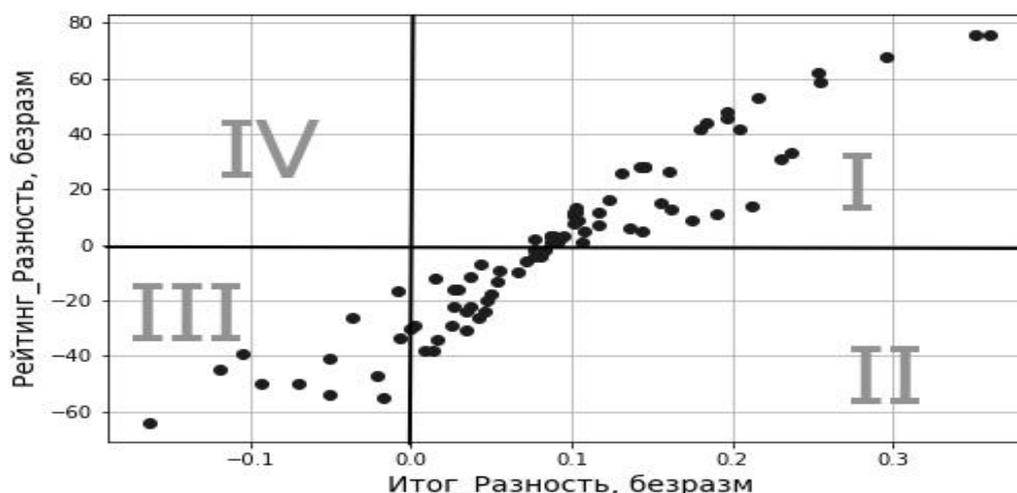


Рисунок 7. Графическое представление зависимости разности рейтингов от разности итоговых оценок (переход от низкого уровня ситуации со значениями показателей к среднему уровню)

Из данных рис. 7 следует, что большая часть точек сосредоточена в квадрантах I и II. Несколько меньшее число точек расположено в квадранте III. Квадрант IV

не содержит ни одной точки. Аналогичное распределение имеет место на рис. 8 и 9.

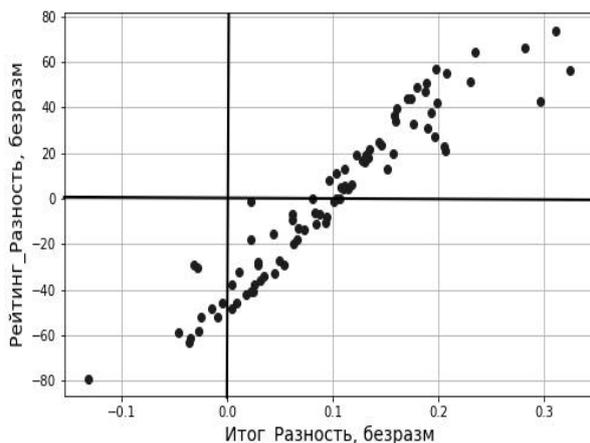


Рисунок 8. Графическое представление зависимости разности рейтингов от разности итоговых оценок (переход от среднего уровня ситуации со значениями показателей к высокому уровню)

Предлагается следующая интерпретация точек, попавших в соответствующий квадрант:

I – все благополучно, полномочия реализуются успешно;

II – внешне все благополучно, однако имеет место быть тенденция к ухудшению ситуации; органам власти необходимо обратить внимание на оценки в группах и подгруппах;

III – ситуация катастрофическая как для региона, так и для его места в рейтинге; необходим углубленный анализ оценок.

Следующими шагами ответственного лица по результатам анализа динамики должны быть:

выявление тех механизмов, которые вызвали существенное изменение итоговой оценки и/или рейтинга региона;

принятие мер по использованию соответствующих механизмов реализации полномочий для исправления ситуации в нужную сторону.

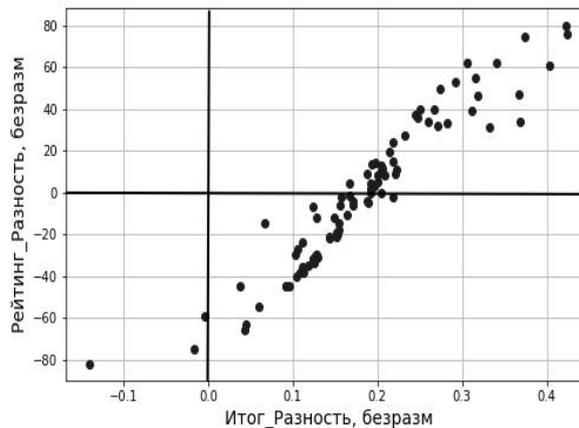


Рисунок 9. Графическое представление зависимости разности рейтингов от разности итоговых оценок (переход от низкого уровня ситуации со значениями показателей к высокому уровню)

Вывод

Для разрабатываемой методики оценки реализации полномочий органами исполнительной власти субъектов РФ в области пожарной безопасности предложены:

способ генерации значений показателей, механизмов выполнения мероприятий по реализации полномочий на трех уровнях (численный эксперимент);

способ расчета промежуточных и итоговой оценок;

способ выявления динамики рейтинга и итоговой оценки степени реализации полномочий.

Применение вышеперечисленных способов, лежащих в основе разрабатываемой методики, направлено на поддержку принятия рационального решения органами исполнительной власти субъектов РФ в области пожарной безопасности.

Литература

1. О пожарной безопасности: федер. закон от 21 декабря 1994 г. № 69-ФЗ; ред. от 14.07.2022 // Собрание законодательства РФ. 26.12.1994. № 35. Ст. 3649.
2. Об общих принципах организации законодательных (представительных) и исполнительных органов государственной власти субъектов Российской Федерации: федер. закон от 6 октября 1999 г. № 184-ФЗ; ред. 21.12.2021, с изм. от 14.07.2022 // Собрание законодательства РФ. 18.10.1999. № 42. Ст. 5005.
3. Об общих принципах организации публичной власти в субъектах Российской Федерации: федер. закон от 21 декабря 2021 г. № 414-ФЗ; ред. 14.03.2022 // Собрание законодательства РФ. 27.12.2021. № 52 (Ч. I). Ст. 8973.
4. Лопатников Л. И. Экономико-математический словарь: словарь современной экономической науки. М., 2003.
5. Косов В. В. Динамика качества жизни в субъектах Российской Федерации и направленность социальной политики // Мир России. 2001. № 2. С. 50–66.
6. Разработка научно обоснованных критериев и методики оценки реализации полномочий в области пожарной безопасности органами местного самоуправления и органами исполнительной власти субъектов Российской Федерации: отчет о НИР (НИР «Оценка ОМС») / ФГБУ ВНИИПО МЧС России. Балашиха, 2022.
7. Харрисон М. Машинное обучение: карманный справочник. Краткое руководство по методам структурированного машинного обучения на Python. СПб., 2020. 320 с.

References

1. Federal Law No. 69-FZ of December 21, 1994 (as amended on 07/14/2022) "On Fire Safety" // Collection of Legislation of the Russian Federation, 12/26/1994, No. 35, Article 3649.
2. Federal Law No. 184-FZ of October 6, 1999 (as amended on 12/21/2021, with amendments. dated 14.07.2022) "On the general principles of the organization of legislative (representative) and executive bodies of state power of the subjects of the Russian Federation" // Collection of Legislation of the Russian Federation, 18.10.1999, N 42, art. 5005.3.
3. Federal Law No. 414-FZ of December 21, 2021 (ed. 14.03.2022) "On the general principles of the organization of public power in subjects of the Russian Federation" // Collection of Legislation of the Russian Federation, 27.12.2021, N 52 (part I), Article 8973.
4. Economic and mathematical dictionary: Dictionary of modern Economics. M.: Delo. L. I. Lopatnikov. 2003.
5. Kosov V. V. Dynamics of quality of life in the subjects of the Russian Federation and the orientation of social policy // The World of Russia. 2001. No. 2. pp. 50–66.
6. Report on research "Development of scientifically based criteria and methods for assessing the implementation of powers in the field of fire safety by local governments and executive authorities of the subjects of the Russian Federation" (Research "Assessment of compulsory health insurance"). FSBI VNIPO EMERCOM OF Russia. Balashikha, 2022.
7. Harrison M. Machine learning: a pocket guide. A brief guide to structured machine learning methods in Python. Translated from English. St. Petersburg, 2020. 320 p.

УДК 614.841.264

spa-ekaterina@yandex.ru

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВРЕМЕНИ ВОЗНИКНОВЕНИЯ
ПОЖАРА ПРИ ИЗУЧЕНИИ КИНЕТИКИ СОХРАНЕНИЯ ОСТАТКОВ
СВЕТЛЫХ НЕФТЕПРОДУКТОВ В ОБЪЕКТАХ-НОСИТЕЛЯХ
РАЗНОЙ ПРИРОДЫ**

**EXPERIMENTAL DETERMINATION OF FIRE BREAK OUT TIME DURING
INVESTIGATION OF KINETICS OF LIGHT OIL PRODUCT
RESIDUES PRESERVATION ON OBJECT-CARRIERS
OF VARIOUS NATURE**

Кочеткова Е. Б.

*Судебно-экспертное учреждение федеральной противопожарной службы
«Испытательная пожарная лаборатория» по Ярославской области, Ярославль*

Kochetkova E.

*Forensic expert agency of the federal fire service
«Fire testing laboratory» for Yaroslavl region, Yaroslavl*

Определена необходимость установления фактического времени возникновения пожара на основании результатов исследований экстрагируемых светлых нефтепродуктов с объектов-носителей разной природы. Для получения ожидаемых результатов проведен эксперимент, в котором моделируется процесс горения и хранения наиболее часто изымаемых с места пожаров образцов – ткани, грунта, а также древесины разных пород с нанесенной на их поверхность горючей жидкостью. В качестве светлого нефтепродукта выбран наиболее часто используемый и легкодоступный – автомобильный бензин. Результаты анализируются методом газожидкостной хроматографии. На основании качественного хроматографического анализа установлена степень сохранности автомобильного бензина, подверженного термическому воздействию на анализируемых образцах, с учетом варьирования временного фактора, условий хранения и упаковки. С помощью количественного хроматографического анализа построены графические зависимости изменения концентрации веществ, входящих в состав бензина. Количественно обоснован наиболее эффективный выбор упаковки для хранения изымаемых с места пожара образцов. Выведена эмпирическая формула зависимости времени хранения пробы при различных условиях от концентрации веществ, входящих в состав автомобильного бензина. Предложена методика определения фактического времени возникновения реального пожара при известных переменных – объект-носитель, светлый нефтепродукт, условия хранения пробы.

Ключевые слова: экспертиза, поджог, интенсификатор горения, хроматография, компонент, площадь пика

Necessity of determination of actual time of fire break out based on research results of extractable light oil products from object-carriers of various nature was determined. In order to achieve expected results, an experiment was carried out, where the process of burning and storage of the most frequently removed samples from the fire site - fabric, soil, as well as wood of various species with a flammable liquid applied to their surface was simulated. Motor gasoline was chosen as a light oil product as it is commonly used and easily accessible. Results are analyzed by gas-liquid chromatography method. Based

on qualitative chromatographic analysis the degree of preservation of thermally affected motor gasoline on the analyzed samples was established, taking into account the variation in the time factor, storage and packaging conditions. With the help of quantitative chromatographic analysis, graphic dependences of substances concentration change that are part of gasoline were prepared. The most effective choice of packaging for storing samples taken from the fire site is quantitatively substantiated. An empirical formula is derived for the dependence of the sample storage time under various conditions on the concentration of substances that are part of motor gasoline. A determination method of the actual time of a real fire break out with known variables – object-carrier, light oil product, sample storage conditions is suggested.

Keywords: expert evaluation, arson, burning intensifier (accelerant), chromatography, component, peak surface

Введение

Исследование и экспертиза происшедших пожаров относятся к основным функциям МЧС России. Исследование пожаров – наиболее важная часть деятельности судебно-экспертных учреждений ФПС, поскольку ее результатом является экспертное заключение произошедшего пожара для дознавателей органов государственного пожарного надзора федеральной противопожарной службы, а также иных органов (лиц), назначивших судебную экспертизу или исследование.

Как показывает практика, большой процент в общем числе причин происходящих пожаров занимает поджог.

Одним из основных признаков поджога является обнаружение на месте пожара средств, которые могли быть использованы для поджога или, как их принято называть, интенсификаторы горения. Среди них до сих пор наибольшей популярностью у поджигателей пользуются различные легковоспламеняющиеся и горючие жидкости (ЛВЖ, ГЖ) [1].

Успех работы технического специалиста (эксперта) по обнаружению и установлению природы (типа) горючей жидкости определяется не только, а часто и не столько исследованием доставленного в лабораторию образца, но и быстрым, квалифицированным отбором пробы, правильной упаковкой, своевременной доставкой и условиями хранения.

Данные исследования зачастую усложняются тем, что в последнее время

увеличивается рост пожаров с «неустановленной датой возникновения», когда между датой возникновения и обнаружения проходят дни, а иногда и месяцы. Особенно это явление характерно для отдаленных деревень или садоводческих участков, используемых в основном в летний период времени.

В практике пожарно-технических экспертов для обнаружения горючих жидкостей используются три основных аналитических метода: инфракрасная спектроскопия (ИКС), флуоресцентная спектроскопия (ФС), а также газожидкостная хроматография (ГЖХ).

Наиболее информативным методом считается газовая хроматография с пламенно-ионизационным или масс-спектрометрическим детектированием. Применение этого метода позволяет определять компонентный состав сложных смесей углеводородов, таких как бензины, дизельное топливо, растворители и иные органические жидкости, применяемые в качестве средств поджога [2].

Целью настоящей работы является изучение сохранения остатков светлых нефтепродуктов на различных объектах-носителях, наиболее часто изымаемых с места пожара, при разных способах хранения и с учетом варьирования времени.

При условии отсутствия количественной оценки методами ИКС и ФС для получения ожидаемых результатов использовался метод газожидкостной хроматографии.

Экспериментальная часть

Для исследования были выбраны такие объекты-носители, как ткань, грунт и древесина из разных пород деревьев (сосна и береза). В качестве интенсификатора горения использовалась наиболее популярная среди поджигателей легковоспламеняющаяся жидкость – автомобильный бензин.

Для точности ожидаемых результатов подготовка образцов проводилась с учетом условий, приближенных к условиям реального пожара. На указанные объекты, взятые в равных количествах по 100 г каждого, наносили по 15 мл бензина (марка – Премиум Евро-95 вид 1 ГОСТ Р 51866–2002 (ЕН 228-2004)). Через 2 мин полученные образцы сжигали в открытом тигле в течение 3 мин, после чего заливали водой до полного затухания. Через 1 ч обгоревшие фрагменты взвешивали для установления потери массы после температурного воздействия. После чего образцы делили на четыре равные по весу пробы (20 г каждая). Первые из четырех проб каждого объекта-носителя были исследованы на наличие остатков бензина непосредственно после сожжения. Остальные три пробы каждого образца были оставлены в течение 5, 10 и 20 дней для изучения кинетики сохранения светлого нефтепродукта. При этом пробы № 2 хранились без упаковки при комнатной температуре, пробы № 3 – упакованы в полимерный пакет и оставались в помещении при комнатной температуре, пробы № 4 – хранились без упаковки в холодном месте при температуре 5 °С.

Остатки бензина, подвергнутого термическому воздействию, из представленного объекта-носителя извлекались путем его экстракции органическим растворителем – экстрагентом, в качестве которого применялся гексан ОСЧ (ТУ 6-09-14-2167-84).

Для хроматографического исследования использовали хроматограф «Кристалл 5000.1» производства СКБ «Хро-

матэк», снабженный пламенно-ионизационным детектором (ПИД) (ТУ 9443-004-12908609-99, исполнение 1, зав. № 6677). Разделение проводили на кварцевой капиллярной колонке марки Zebron-50 (50%-фенил- и 50%-диметилполисилоксановая фаза, длина колонки – 30 м, диаметр – 0,25 мм, толщина слоя пленки жидкой фазы – 0,25 мкм). В качестве газа-носителя использовали азот, давление газа-носителя 109 кПа, поток газа-носителя в колонке 1,6 мл/мин. Температура испарителя 300 °С, температура детектора 300 °С, режим ввода пробы – с делением потока 1:10, объем вводимой пробы 1 мкл. Разделение проводили в режиме программирования температуры: начальная температура колонки, 40 °С, время изотермы 5 мин, скорость подъема температуры 4 °С/мин, конечная температура колонки 280 °С.

Обработку данных хроматографического анализа проводили с помощью программного обеспечения «Хроматэк Аналитик, версия 2,5».

Результаты и их обсуждения

Хроматография – это метод разделения, основой которого является прохождение подвижной фазы вдоль слоя сорбента, который является неподвижной фазой. В качестве подвижной фазы в газожидкостной хроматографии используется инертный газ, неподвижная фаза – твердый сорбент или стенки капиллярной колонки. При исследовании смесей углеводородов, к каким относится и бензин, используют пламенно-ионизационный детектор, с помощью которого происходит определение конкретного компонента в пробе в зависимости от времени его выхода – времени удерживания. Качественной характеристикой служит время удерживания компонента, количественной – площадь или высота пика [3].

Одним из наиболее сложных этапов анализа ГЖХ является интерпретация результатов исследования. Это обусловлено разнообразием товарных ЛВЖ и ГЖ, состоящих из различных соединений с широким диапазоном температур кипения,

а также возможностью изменения их фракционного состава вследствие воздействия высокой температуры на пожаре и иных факторов. В связи с этим на сегодняшний день не прекращаются попытки совершенствовать не только методику обнаружения следов интенсификатора горения на месте пожара, но и их лабораторного анализа [2].

Задача качественного анализа углеводородных смесей с помощью газовой хроматографии состоит в определении числа компонентов смеси и в идентификации каждого компонента.

Основным структурным признаком, используемым для идентификации нефтепродуктов, при этом является характерный общий вид хроматограмм («отпечатки пальцев»). Часто для решения задач идентификации применяют расчетные критерии, вычисляемые, например, по высотам хроматографических пиков. Иногда предлагается использовать для этих целей площади пиков [4, 5].

На сегодняшний день суть анализа ГЖХ сводится к установлению наличия определенного перечня компонентов. В качестве реперных компонентов для обнаружения следов автомобильных бензинов, подверженных термическому воздействию, при производстве судебной пожарно-технической экспертизы И. Д. Чешко с соавторами предлагают толуол, этилбензол, п-, м-, о-ксилолы, пропилбензол, 1,3,5-, 1,2,4-триметилбензолы [6].

Идентификацию продуктов разделения проводили путем сравнения значений параметров удерживания времен хроматографических пиков на смеси веществ неиз-

вестного состава с аналогичными параметрами индивидуальных тестовых веществ – веществ сравнения.

В данной работе идентификацию пиков на полученной хроматограмме проводили путем сравнения хроматограммы исследуемого гексанового экстракта с хроматограммой смеси эталонных веществ аренов (толуол, этилбензол, п-, м-, о-ксилолы, пропилбензол, 1,3,5-, 1,2,4-триметилбензолы). По совпадению времен удерживания пиков хроматограммы эталонной смеси с временами пиков на хроматограмме анализируемой пробы выявлены идентичные компоненты, в частности: толуол (1), этилбензол (2), м-ксилол (3); о-ксилол (4); пропилбензол (5); 1,3,5-триметилбензол (6); 1,2,4-триметилбензол (7).

Качественный анализ с учетом интервалов времени, способа хранения и упаковки проводили для всех образцов.

По результатам проведенного эксперимента получили хроматограммы гексановых экстрактов для исследуемых объектов-носителей, подверженных термическому воздействию, и на основании качественного хроматографического анализа методом «отпечатков пальцев» провели сравнения с хроматограммами гексановых экстрактов образцов при различных условиях и способах хранения.

На рис. 1 приведена хроматограмма гексанового экстракта подверженного термическому воздействию образца ткани с нанесенным на ее поверхность автомобильным бензином.

Результаты качественного анализа на наличие в пробе остатков автомобильного бензина в зависимости от времени и способа хранения образца были сведены в табл. № 1.

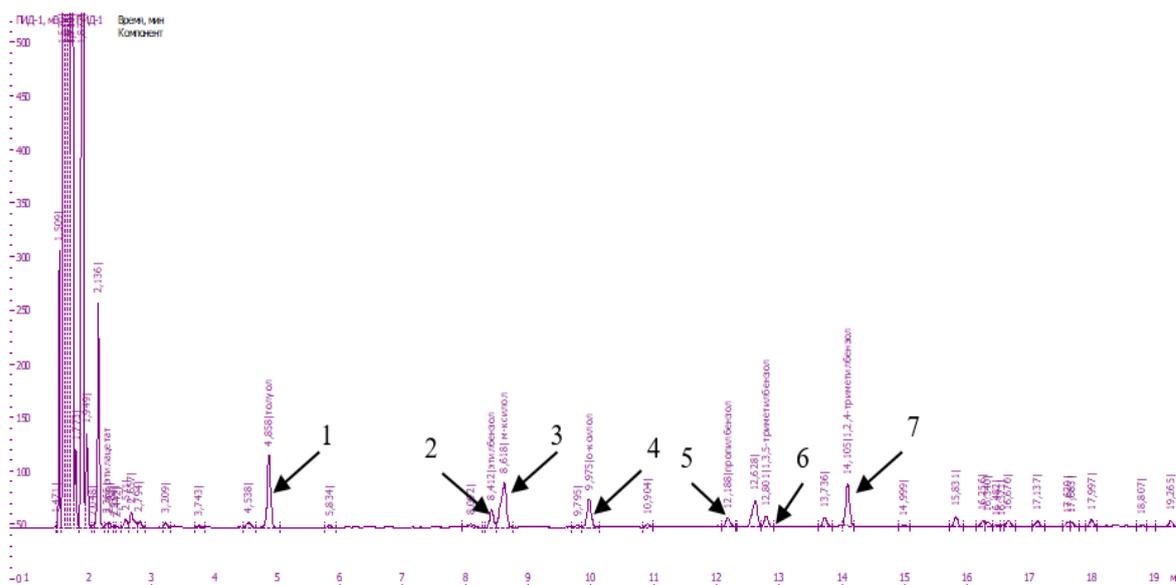


Рисунок 1. Хроматограмма гексанового экстракта подверженного термическому воздействию образца ткани с нанесенным на ее поверхность автомобильным бензином

Таблица 1
Наличие в пробе остатков автомобильного бензина в зависимости от времени и способа хранения образца

Объект-носитель	Наличие остатков бензина, дней								
	5			10			20		
	б/у*, 20 °С	в полимерном пакете	б/у, 5 °С	б/у, 20 °С	в полимерном пакете	б/у, 5 °С	б/у, 20 °С	в полимерном пакете	б/у, 5 °С
ткань	+	+	+	–	+	+	–	+	+
грунт	–	+	+	–	–	+	–	–	+
древесина (береза)	+	+	+	+	+	+	–	–	–
древесина (сосна)	–	+	+	–	–	+	–	–	–

* б/у – без упаковки

Анализируя полученные данные по результатам проведения качественного анализа, можно заключить, что ткань наиболее долгое время сохраняет остатки горючей жидкости, подверженной термическому воздействию. Грунт также может сохранять остатки горючей жидкости, однако, по сравнению с тканью, данный объект-носитель дольше удерживает интенсификаторы горения только при хранении в прохладном месте. При проведении исследований образцов древесины было

установлено, что в зависимости от сорта древесины, время сохранения остатков светлых нефтепродуктов, подверженных термическому воздействию, будет различным. Образцы древесины при длительном хранении не удерживают остатки горючей жидкости, подверженной термическому воздействию при любом способе хранения образцов.

Для подтверждения вышесказанного провели количественный анализ, це-

лю которого являлось определение количества вещества реперных компонентов в анализируемых пробах.

В основе количественного анализа лежит зависимость площади пика от количества вещества. Точность количественного хроматографического анализа в значительной степени определяется выбором наиболее рационального метода расчета концентрации веществ. Для определения количественного состава анализируемых смесей был выбран метод абсолютной градуировки. Сущность метода заключается в том, что в хроматографическую колонку вводят определенное количество известного вещества и устанавливают площади пиков. По полученным данным строят градуировочный график. Далее хроматографируют анализируемую смесь и по графику определяют содержание данного компонента [7].

С помощью программного обеспечения «Хроматек Аналитик 2,5» были получены значения площадей (S) реперных пиков (толуол, о-, м-ксилол, этилбензол, пропилбензол, 1,3,5-, 1,2,4-триметилбензол). Для определения количества данных

компонентов в анализируемых пробах построили градуировочный график для каждого из указанных веществ. Для этого в хроматографическую колонку вводили определенные количества известного вещества и устанавливали площади полученных пиков с помощью программного обеспечения «Хроматек Аналитик 2,5». По полученным значениям площадей пиков строили градуировочные графики и определяли концентрацию веществ. Градуировочный график для о-ксилола приведен на рис. 2.

Подставляя значения полученных по результатам качественного анализа площадей реперных пиков в соответствующие формулы, рассчитали количества вещества этих компонентов в анализируемых пробах. По результатам расчета с помощью программы MS Excel построили графики зависимости количества вещества реперных компонентов (входящих в состав автомобильного бензина) от времени хранения пробы. Полученные графики приведены на рис. 3–5.

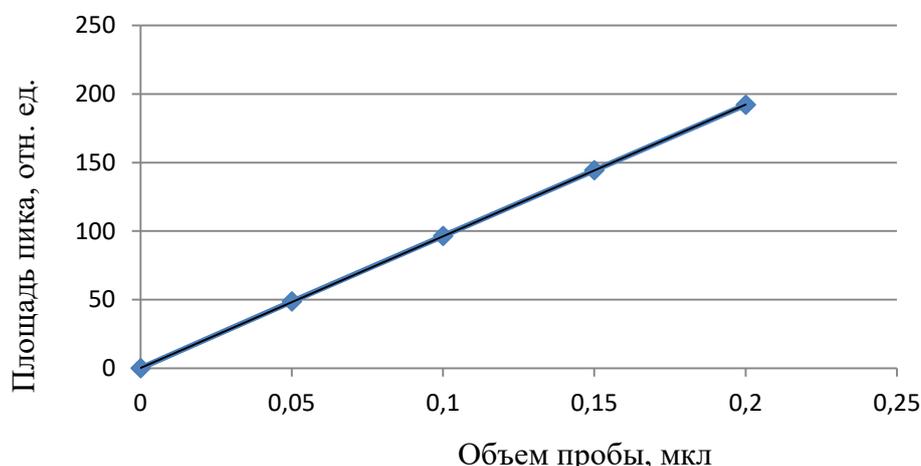


Рисунок 2. Градуировочный график зависимости площади пика (для о-ксилола) от объема вводимой пробы

Анализируя полученные графики (рисунки 3–5), можно сделать вывод, что при хранении всех объектов-носителей без упаковки при комнатной температуре через 5 дней количество вещества основных компонентов, входящих в состав автомобильного бензина, стремится к нулю. При

хранении в полимерном пакете даже при комнатной температуре количество вещества основных компонентов сохраняется длительное время. Для таких объектов-носителей как древесина (сосна) и грунт до 10 дней хранения, а для ткани и древесины

(береза) – до 20 дней хранения. При хранении без упаковки в холодном месте количество вещества выбранных компонентов сохраняется для такого объекта-носителя как древесина (сосна), до 10 дней хранения, а для ткани, грунта и древесины (береза) до 20 дней хранения.

На основании полученных данных можно заключить, что хранение объекта-носителя без упаковки при комнатной температуре не эффективно и способствует быстрому улетучиванию искомым компонентов с поверхности объекта-носителя.

Хранение изъятых после пожара образцов наиболее целесообразно в полимерном пакете или при хранении пробы в холодном месте, при чем в последнем случае остатки анализируемой жидкости сохраняются более 20 суток.

Таким образом, проведение экспериментов и полученные расчетные данные впервые позволили количественно обосновать выбор упаковки для хранения объекта-исследования.

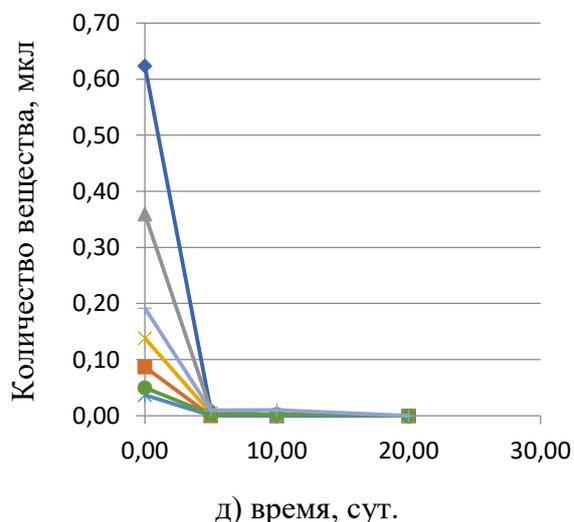
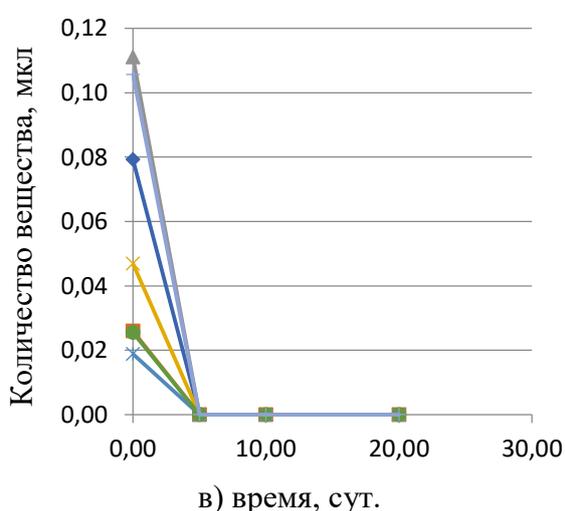
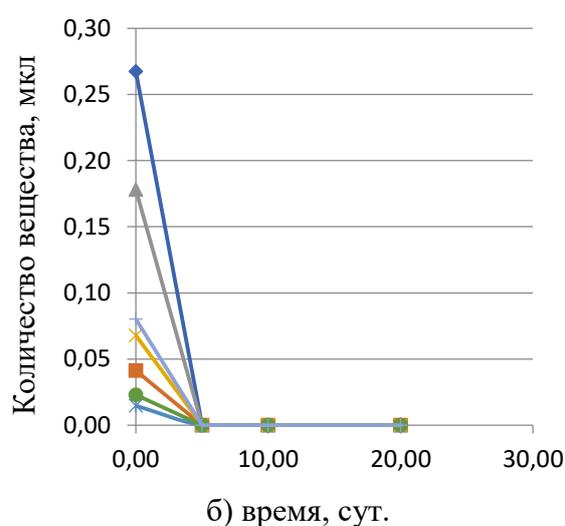
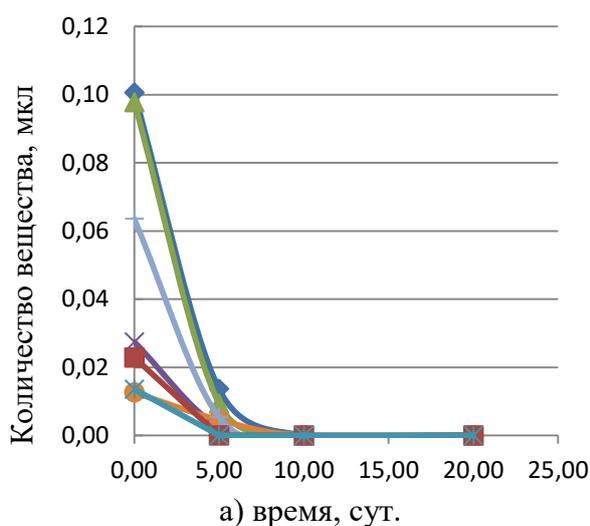


Рисунок 3. Сохранение остатков автомобильного бензина, подверженного термическому воздействию на разных объектах-носителях при хранении без упаковки при комнатной температуре: а) ткань; б) грунт; в) древесина (сосна); д) древесина (береза)

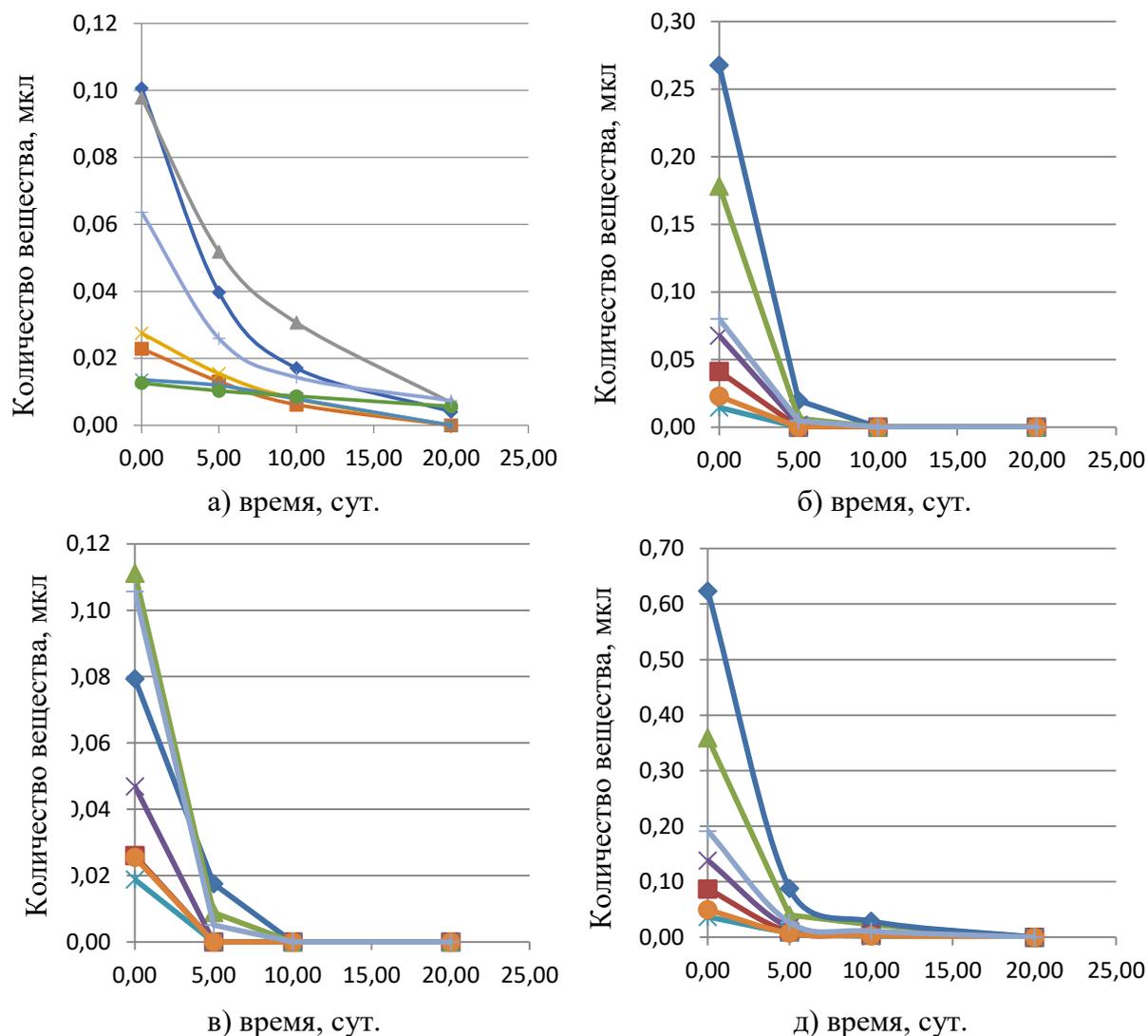


Рисунок 4. Сохранение остатков автомобильного бензина, подверженного термическому воздействию на разных объектах-носителях в полимерном пакете при комнатной температуре: а) ткань; б) грунт; в) древесина (сосна); д) древесина (береза)

По полученным графическим зависимостям с помощью программного обеспечения MS Excel были выведены формулы экстраполяции зависимости количества вещества (m , мкг/г) от времени хранения пробы (t , сут.).

В качестве примера, для толуола, содержащегося на обгоревшей ткани, хранившейся без упаковки при комнатной температуре (рис. 4, а), эта формула имеет вид:

$$m_{\text{толуол}} = (0,1015 \cdot e^{-0,114 \cdot t_{\text{толуол}}}) / 100, \quad (1)$$

где m – концентрация компонента в пробе, мкг/г; t – время, сут.

Для дальнейшего изучения условий сохранения следов горючей жидкости на объектах-носителях проведено исследование обратной зависимости, то есть определение времени хранения пробы.

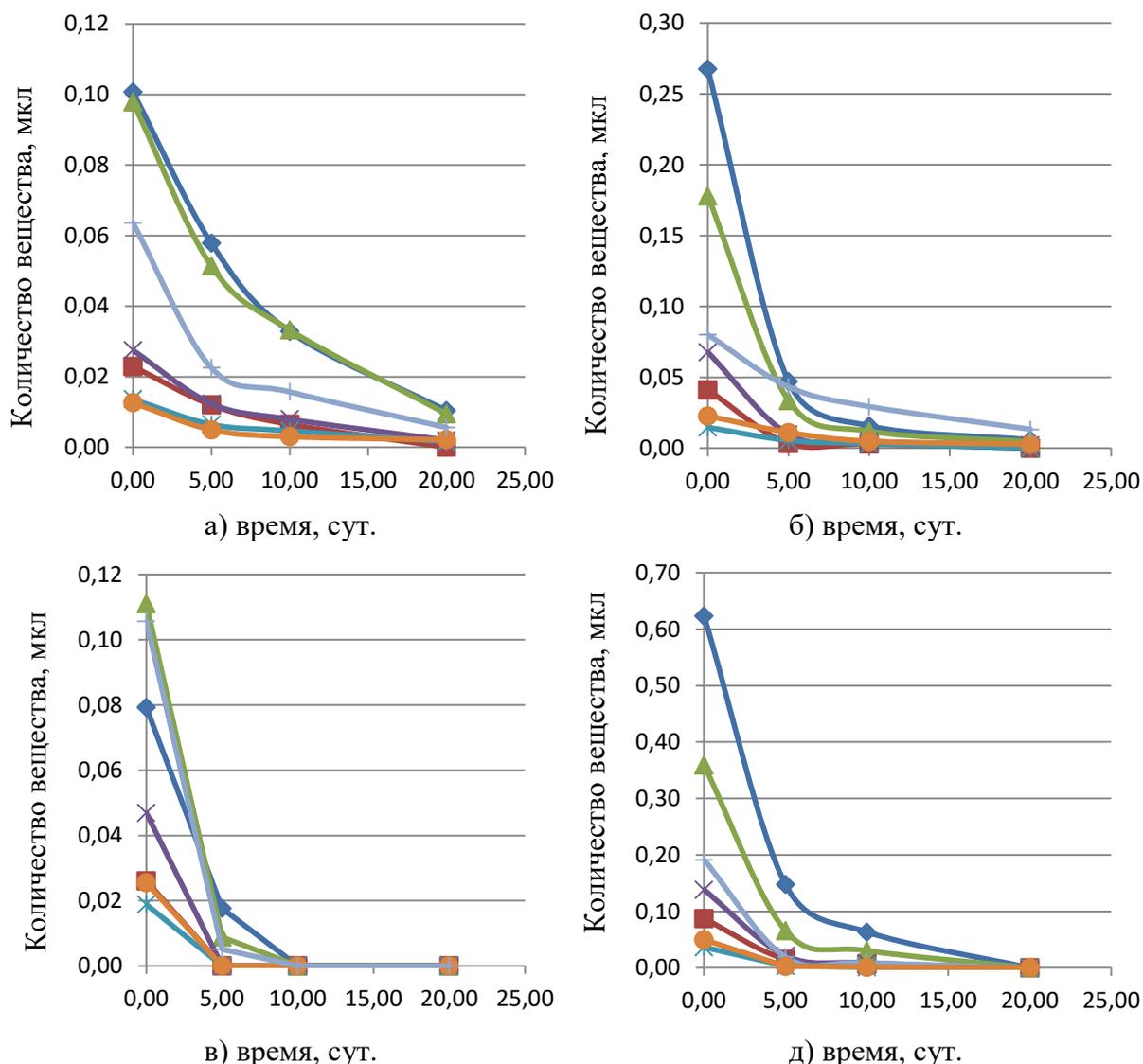


Рисунок 5. Сохранения остатков автомобильного бензина, подверженного термическому воздействию на разных объектах-носителях при хранении без упаковки при температуре 5°С: а) ткань; б) грунт; в) древесина (сосна); д) древесина (береза)

Для дальнейшего изучения условий сохранения следов горючей жидкости на объектах-носителях проведено исследование обратной зависимости, то есть определение времени хранения пробы.

Выразив из формулы (1) зависимость времени от концентрации компонента в анализируемой пробе, получили следующие выражение:

$$t_{\text{толуол}} = \frac{\ln\left(\frac{100 \cdot m_{\text{толуол}}}{0,1015}\right)}{-0,114}, \quad (2)$$

Для подтверждения полученных результатов, автором с реального пожара был изъят фрагмент ткани с предполагаемым

наличием интенсификатора горения. Образец хранился без упаковки при температуре 20 °С в течение 7 дней. Далее были приведены экстракция пробы и исследование с помощью газожидкостной хроматографии. По результатам качественного анализа установлено, что на образце ткани обнаружены остатки автомобильного бензина, подвергнутого термическому воздействию. По результатам количественного анализа рассчитано количество вещества реперных компонентов в пробе. Для толуола данное значение составило $4,6 \cdot 10^{-4}$ мкг/г. Подставив полученный ре-

зультат в эмпирическую формулу (2) соответствующую компоненту толуол, получили:

$$t_{\text{толуол}} = \frac{\ln\left(\frac{100 \cdot 4,6 \cdot 10^{-4}}{0,1015}\right)}{-0,114} = \frac{-0,79}{-0,114} \approx 6,9 \text{ сут.}$$

Подставляя значения рассчитанных количеств вещества для каждого реперного компонента в соответствующие компоненты формулы, рассчитали экспериментальное время хранения пробы по каждому из них. Результаты расчета свели в табл. 2.

Таблица 2

Экспериментальные значения количества вещества и времени хранения пробы для каждого реперного компонента, входящего в состав экстракта анализируемой пробы

№ п/п*	Название компонента	Количество вещества, мкл	Время, сут.
1	толуол	$4,6 \cdot 10^{-4}$	6,9
2	этилбензол	$2,4 \cdot 10^{-4}$	7,1
3	м-ксилол	$3,9 \cdot 10^{-4}$	7,0
4	о-ксилол	$2,8 \cdot 10^{-4}$	6,8
5	пропилбензол	$1,9 \cdot 10^{-4}$	6,8
6	1,3,5-триметилбензол	$2,1 \cdot 10^{-4}$	6,9
7	1,2,4-триметилбензол	$3,7 \cdot 10^{-4}$	7,1

* порядковые номера совпадают с номерами основных компонентов на рис. 1.

Полученное усредненное значение времени хранения реперных компонентов позволило подтвердить, что экспериментальное значение времени согласуется с реальным значением, что указывает на успешность анализа при количественной оценке сохранения остатков автомобильного бензина на объекте-носителе.

Анализ данного метода проводился с использованием автомобильного бензина марки «Премиум Евро-95 вид 1», производителя ОАО «Славнефть-ЯНОС». На основании ГОСТ 32513–2013 «Топлива моторные. Бензин неэтилированный. Технические условия» установлено, что наибольшую объемную долю углеводородов в смеси бензина составляют ароматические углеводороды (до 35 %) [8]. Для проведения работы в качестве реперных компонентов выбраны арены (толуол, этилбензол, п-, м-, о-ксилолы, пропилбензол, 1,3,5-, 1,2,4-триметилбензолы). Следовательно, полученные результаты и выбранная методика может применяться при использовании злоумышленниками в качестве средства поджога бензинов других марок, а также разных производителей.

Выводы

В результате проведенного эксперимента методами качественного и количественного газожидкостного хроматографического анализа определили условия и возможность сохранения остатков автомобильного бензина, подверженного термическому воздействию на разных объектах-носителях – ткань, грунт, древесина (сосна, береза) с учетом варьирования времени и условий хранения.

Полученные эмпирические данные позволили количественно обосновать наиболее эффективный выбор упаковки для хранения изымаемого с места пожара образца, экспериментально рассчитать время хранения пробы и определить фактическое время возникновения реального пожара. Предложенная модель расчета была экспериментально апробирована в условиях реального пожара и может использоваться в судебной пожарно-технической экспертизе.

Литература

1. Чешко И. Д., Плотников В. Г. Анализ экспертных версий возникновения пожара: в 2 кн. СПб., 2012. Кн. 2. 364 с.
2. Шеков А. А., Плотникова Г. В. Факторы, влияющие на обнаружение и идентификацию интенсификаторов горения методом газовой хроматографии // Эксперт-криминалист. 2019. № 1. С. 36–38.
3. Дементьев Ф. А., Пророк В. Я., Красильников А. В. Изучение изменений компонентного состава бензинов от степени выгорания // Вестник Санкт-Петербургского университета Государственной противопожарной службы МЧС России. 2015. № 2. С. 49–56.
4. Иванов М. А., Галишев М. А., Дементьев Ф. А. Метод обработки результатов хроматографического анализа экстрактов ПАУ из товарных нефтепродуктов для целей идентификации // Надзорная деятельность и судебная экспертиза в системе безопасности. 2012. № 1. С. 17–21.
5. Иванов М. А. Технология обработки аналитической информации идентификации товарных нефтепродуктов в сложных органических матрицах: автореф. дис. ... канд. техн. наук. СПб., 2012. 23 с.
6. Чешко И. Д., Принцева М. Ю., Яценко Л. А. Обнаружение и установление состава легковоспламеняющихся и горючих жидкостей при поджогах: метод. пособие. М., 2010. 90 с.
7. Прокофьев Д. В., Зенкевич И. Г. Количественный хроматографический анализ методом абсолютной градуировки с использованием дополнительного стандарта // Вестник Санкт-Петербургского университета. Серия 4. Физика. Химия. 2016. Т. 3 (61), № 3. С. 337–344.
8. ГОСТ 32513–2013. Топлива моторные. Бензин неэтилированный. Технические условия. М., 2015. 21 с.

References

1. Cheshko I. D., Plotnikov V. G. Analysis of expert versions of fire occurrence. In 2 books. St. Petersburg, 2012. Book 2. 364 p.
2. Shekov A. A., Plotnikova G. V. Faktory, vliyaiushchie na obnaruzhenie i identifikatsiiu intensifikatorov goreniiia metodom gazovoi khromatografii // Ekspert-kriminalist. 2019. № 1. Pp. 36–38.
3. Dementev F. A., Prorok V. Ia., Krasilnikov A. V. Izuchenie izmenenii komponentnogo sostava benzinov ot stepeni vygoraniia // Vestnik Sankt-Peterburgskogo universiteta Gosudarstvennoi protivopozharnoi sluzhby MCHS Rossii. 2015. № 2. Pp. 49–56.
4. Ivanov M. A., Galishev M. A., Dementev F. A. Metod obrabotki rezultatov khromatograficheskogo analiza ekstraktov PAU iz tovarnykh nefteproduktov dlia tcelei identifikatsii // Nadzornaia deiatelnost i sudebnaia ekspertiza v sisteme bezopasnosti. 2012. № 1. Pp. 17–21.
5. Ivanov M. A. Tekhnologiiia obrabotki analiticheskoi informatsii identifikatsii tovarnykh nefteproduktov v slozhnykh organicheskikh matritcakh: avtoref. dis. ... kand. tekhn. nauk. SPb., 2012. 23 p.
6. Cheshko I. D., Printceva M. Iu., Iatcenko L. A. Obnaruzhenie i ustanovlenie sostava legkovosplame-niaiuschchikhsia i goriuchikh zhidkosteii pri podzhogakh: metod. posobie. M., 2010. 90 p.
7. Prokofev D. V., Zenkevich I. G. Kolichestvennyi khromatograficheskii analiz metodom absolutnoi gradui-rovki s ispolzovaniem dopolnitelnogo standartar // Vestnik Sankt-Peterburgskogo universiteta. Seria 4. Fizika. KHimiia. 2016. T. 3 (61), № 3. Pp. 337–344.
8. GOST 32513–2013. Topliva motornye. Benzin neetilirovannyi. Tekhnicheskie usloviia. M., 2015. 21 p.

**ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ ПРОТИВОПОЖАРНОГО ОБОРУДОВАНИЯ
И СИСТЕМ ПОЖАРНОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ****IMPROVING THE RELIABILITY OF FIRE-FIGHTING EQUIPMENT
AND FIRE WATER SUPPLY SYSTEMS***Криворогова А. С.^{1,2,3},**Ильиных Н. И.², кандидат физико-математических наук,**Ильиных С. А.², кандидат технических наук,**Беззапонная О. В.³, кандидат технических наук, доцент,**Гельчинский Б. Р.², доктор физико-математических наук, профессор,**Девяткин Н. О.³*

¹Судебно-экспертное учреждение
федеральной противопожарной службы
«Испытательная пожарная лаборатория»
по Свердловской области, Екатеринбург,

²Институт металлургии УрО РАН, Екатеринбург,

³Уральский институт ГПС МЧС России, Екатеринбург

*Krivorogova A.^{1,2,3}, Ilyinykh N.², Ilyinykh S.², Korolev O.²,**Bezzaponnaya O.³, Gelchinski B.², Devyatkin N.³*

¹Federal State Budgetary Institution

«Forensic Expert Institution of the Federal Fire Service
«Testing Fire Laboratory» in the Sverdlovsk region», Yekaterinburg,

²Institute of Metallurgy, Ural Branch

of the Russian Academy of Sciences, Yekaterinburg,

³Ural Institute of State Fire Service of EMERCOM of Russia, Yekaterinburg

В работе предлагается решение проблемы кавитационного и гидроабразивного износа рабочих колес, корпусов и крышек пожарных насосов. С использованием программного комплекса «Plasma 2002» проведено компьютерное моделирование процесса плазменного напыления самофлюсующихся порошковых материалов Ni-Cr-V-Si-C. Представлены расчеты теплофизических и динамических процессов, имеющих место на различных стадиях плазменного напыления. Рассчитаны траектории движения частиц порошковых материалов при различных исходных данных (начальная скорость ввода и диаметр частиц порошка, координаты ввода порошка относительно оси плазматрона). Подобраны оптимальные параметры ввода частиц порошка в плазменную струю. Проведено моделирование изменения температуры в центре частиц при ее движении вдоль оси плазменной струи, исследовано изменение фронта испарения порошковых частиц в зависимости от дистанции напыления, а также моделирование структуры покрытия. Результаты моделирования были использованы при проведении плазменного напыления покрытий из самофлюсующихся порошковых материалов на основе никеля на поверхности деталей пожарной техники. Представлены результаты исследований микроструктуры покрытий, полученных методом дозвукового плазменного напыления на установке «МАК 100», результаты измерения твердости и шероховатости нанесенных покрытий.

Ключевые слова: пожарное оборудование, пожарный насос, рабочее колесо, износ, кавитация, плазменное напыление, микроструктура покрытий, шероховатость, твердость

The paper proposes a solution to the problem of cavitation and waterjet wear of impellers, housings and covers of fire pumps. Computer simulation of the plasma spraying process of self-fluxing powder materials Ni-Cr-B-Si-C was carried out using the Plasma 2002 software package. Calculations of thermophysical and dynamic processes taking place at various stages of plasma spraying are presented. The trajectories of movement of particles of powder materials are calculated for different initial data (initial input velocity and diameter of powder particles, coordinates of powder input relative to the axis of the plasmatron). The optimal parameters for entering powder particles into the plasma jet have been selected. A simulation of the temperature change in the center of the particles during its movement along the axis of the plasma jet is carried out, the change in the evaporation front of powder particles depending on the spraying distance is investigated, as well as modeling of the coating structure. The simulation results were used for plasma spraying of coatings made of nickel-based self-fluxing powder materials on the surface of fire equipment parts. The results of studies of the microstructure of coatings obtained by subsonic plasma spraying on the "MAC 100" installation, the results of measuring the hardness and roughness of the applied coatings are presented.

Keywords: fire equipment, fire pump, impeller, wear, cavitation, plasma spraying, microstructure of coatings, roughness, hardness

Введение

В настоящее время детали и механизмы, используемые для изготовления пожарного оборудования, в частности пожарных насосов, выполняются из алюминиевых сплавов, поскольку алюминий легкий, прочный и не дорогой материал. Сплавы алюминия хорошо зарекомендовали себя как надежные материалы, устойчивые к коррозии, однако по механическим характеристикам, связанным с износостойкостью, они сильно уступают стальным, чугунным или медным материалам.

Одним из основных элементов пожарного насоса является рабочее колесо. В пожарных насосах на ступенях нормального давления рабочее колесо представляет собой крыльчатку закрытого типа с лопатками и перепускными отверстиями. Крыльчатка, корпус, а также крышка насоса изготавливаются из алюминиевого сплава АК7ч (АЛ9). С помощью рабочего колеса происходит преобразование кинетической энергии вращения вала в энергию жидкостного потока. Из-за износа лопастей крыльчатки снижается напор подаваемой жидкости. Кроме этого, износ лопа-

стей может привести к разбалансировке системы, что приводит к увеличению нагрузки на подшипники. Вследствие этого может произойти смещение расположения крыльчатки относительно вала, что в дальнейшем приведет к неисправности (отказу) насосной установки [1–4].

Повреждения возникают из-за сложных условий работы насосного агрегата: агрессивных сред (например, раствор пенообразователя); использование воды из открытых водисточников; работа в климатических условиях с резкими перепадами температур; работы насоса при перекрытом рукавном оборудовании, в этом случае насос, продолжая работать, нагревает воду в корпусе; работы «в сухую»; неправильная посадка и установка деталей насоса (не выдержаны размеры и допуски); несвоевременное и некачественное проведение технического обслуживания специалистами (водителями), осуществляющими управление техникой и личным составом дежурных смен [2].

Основными причинами, вызывающими износ поверхностей деталей пожарных насосов, являются кавитация и влия-

ние абразивных частиц, поступающих вместе с жидкостью. На рис. 1, 2 показаны повреждения, вызванные гидроабразивными и кавитационными явлениями [2, 3].



Рисунок 1. Рабочее колесо со следами абразивного и кавитационного износа



Рисунок 2. Лопастей рабочего колеса пожарного насоса с явными признаками кавитационного износа

Кавитация приводит к тому, что с поверхностей деталей пожарных насосов отбиваются твердые кусочки и поверхность становится испещренной небольшими отверстиями, в которые впоследствии забивается грязь, что и приводит к снижению механической прочности деталей пожарных насосов. При этом выбитые абразивные частички, вместе с частицами,

поступающими извне, способствуют усилению кавитации и изнашивают поверхность еще сильнее [5, 6].

Полностью защитить поверхности пожарного оборудования от изнашивания, конечно, невозможно, но можно замедлить этот процесс благодаря своевременному техническому обслуживанию агрегатов

насосного оборудования и работе в рациональных режимах. Уменьшить влияние гидроабразивных и кавитационных воздействий на поверхности деталей пожарного оборудования можно с помощью нанесения на изнашиваемые поверхности покрытий, которые по своим механическим свойствам будут превосходить свойства материала, из которого изготавливаются детали пожарных насосов [7]. С помощью метода плазменного напыления наносятся покрытия из самофлюсующихся порошков на никелевой основе. Такой способ нанесения покрытий поможет снизить влияние кавитационных явлений и уменьшить их абразивный износ от частиц песка и грязи, попадающих в насос из открытых водных источников и пожарных гидрантов.

Повышение износостойкости и увеличение сроков эксплуатации деталей пожарной техники с применением передовых технологий обработки поверхностей деталей пожарного оборудования являются важными задачами для исследователей [8].

Газотермические методы нанесения покрытий, среди которых наибольшее распространение получило плазменное порошковое напыление [9–13], широко используются для реновации поверхностей изношенных деталей. Эти методы обеспечивают высокую производительность и универсальность, а также широкий спектр свойств покрытий. Для восстановления изношенных поверхностей напылением и напылением с оплавлением используются порошковые самофлюсующиеся материалы на основе никеля, в частности самофлюсующиеся сплавы системы Ni-Cr-B-Si-C [8–17].

Таким образом, целью данной работы является изучение возможности использования плазменного напыления для увеличения срока службы деталей пожарной техники (рабочее колесо), работающих в условиях гидроабразивного износа.

Проведение экспериментальных исследований по разработке оптимальных режимов нанесения покрытий связано со

значительными временными, финансовыми и материальными затратами, что обусловлено высокой стоимостью порошковых материалов, а также технологического и исследовательского оборудования. Эти затраты можно существенно минимизировать с помощью современных методов компьютерного моделирования, которые позволяют исследовать как физико-химические свойства исследуемых материалов в широком интервале температур и давлений, так и процессы, происходящие при нанесении покрытий методом плазменного напыления, прогнозировать свойства получаемых покрытий, определять необходимые технологические режимы нанесения материалов [16, 18–26].

Задачи исследования: оптимизация технологических режимов плазменного напыления порошковых материалов системы Ni-Cr-B-Si-C на детали пожарного оборудования методом компьютерного моделирования, нанесение покрытий на образцы алюминиевого сплава АК7ч, исследование физико-механических свойств получаемых покрытий.

Методика исследования

В настоящей работе с использованием программного комплекса «Plasma 2002» [22–23] проведены расчеты теплофизических и динамических процессов, имеющих место на различных стадиях плазменного напыления покрытий порошковых самофлюсующихся материалов Ni-0.5C-15Cr-3.2Si-2B (ПГСП-2) и Ni-1C-17Cr-4.1Si-3.6B (ПГСП-4).

Программный комплекс «Plasma 2002» [22–23] предназначен для проведения моделирования динамических и теплофизических процессов, происходящих на различных стадиях процесса плазменного напыления покрытий. Данное программное обеспечение позволяет моделировать весь процесс формирования покрытия: движение и нагрев частиц порошка в плазменной струе, формирование структуры покрытия, теплообмен и напряженно-деформированное состояние системы покрытие-подложка (рис. 3).

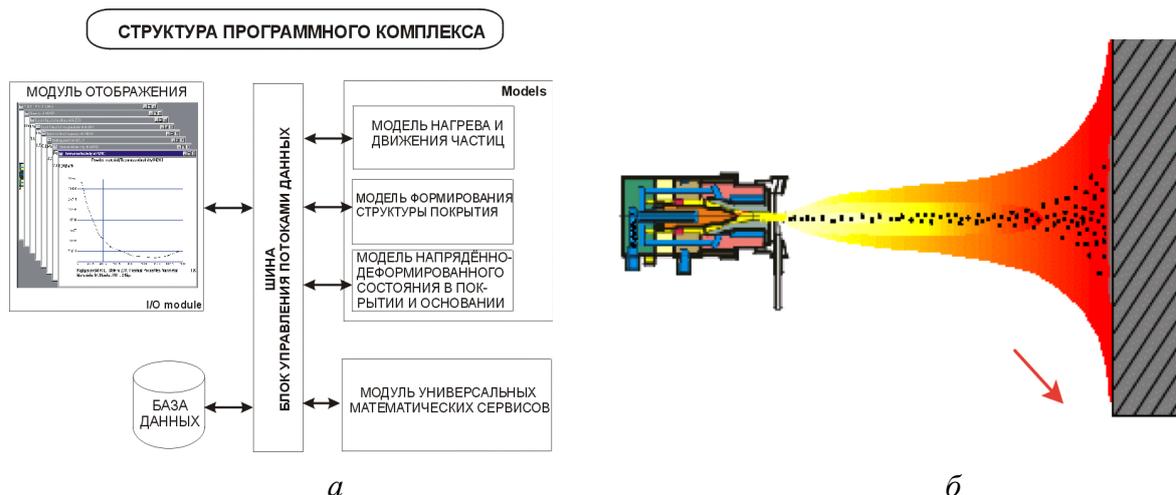


Рисунок 3. Структура программного комплекса «Plasma 2002» (а), процесс моделирования плазменного напыления (б)

Параметры ввода порошка в плазменную струю подбираются таким образом, чтобы траектория частицы (рис. 4) пересекала ось струи плазматрона и долетала

до подложки, не испаряясь и минимально теряя в диаметре.

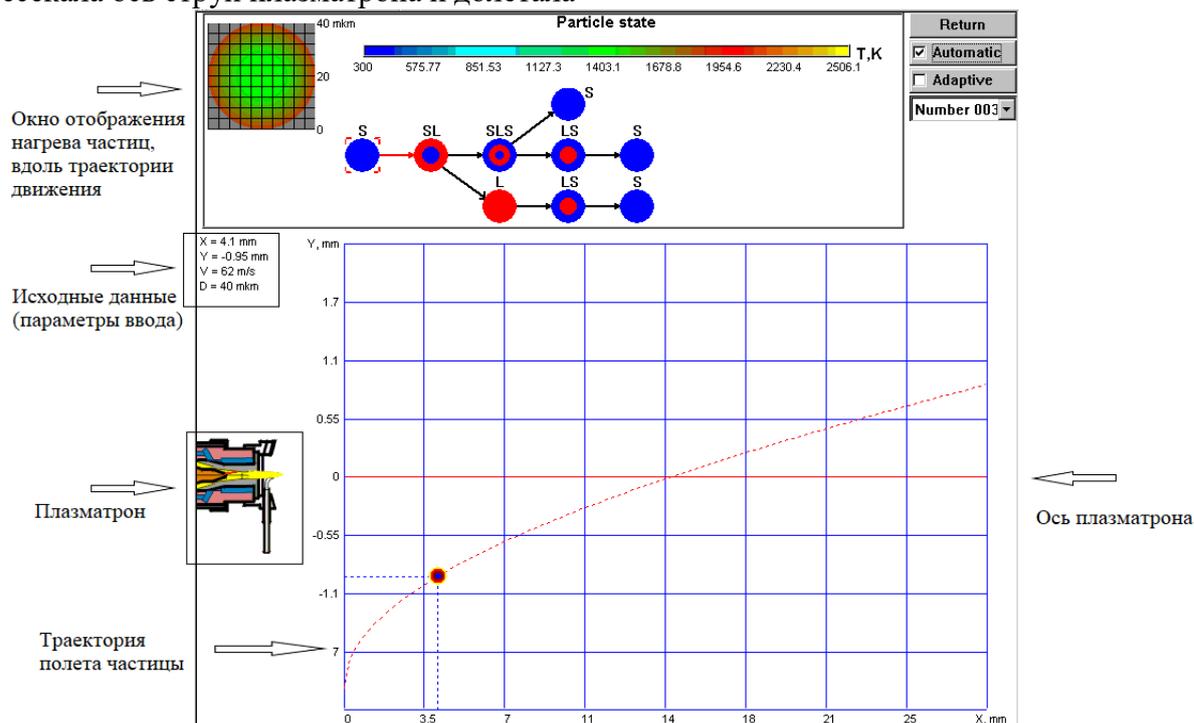


Рисунок 4. Окно просмотра состояния частицы

Исходные данные для моделирования: плазмообразующий газ – воздух; начальный диаметр частиц 40, 60, 80 мкм; начальная скорость 3–9,5 м/с; дистанция напыления – 200 мм; время напыления 5 с; время охлаждения 30 с.

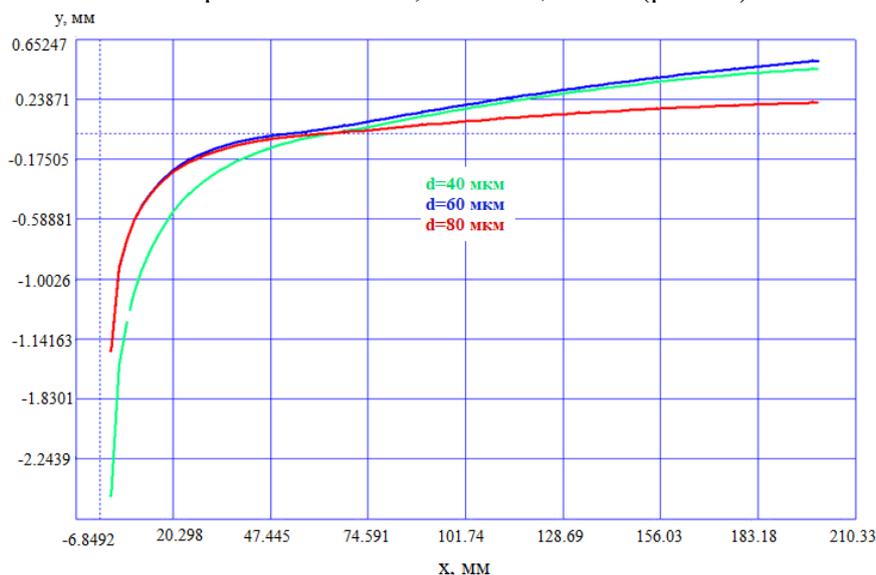
Моделирование движения частиц порошковых материалов ПГСП-2 и ПГСП-4 в плазменной струе

Рассчитаны траектории движения частиц порошковых материалов при различных исходных данных (начальная скорость ввода, координаты ввода порошка

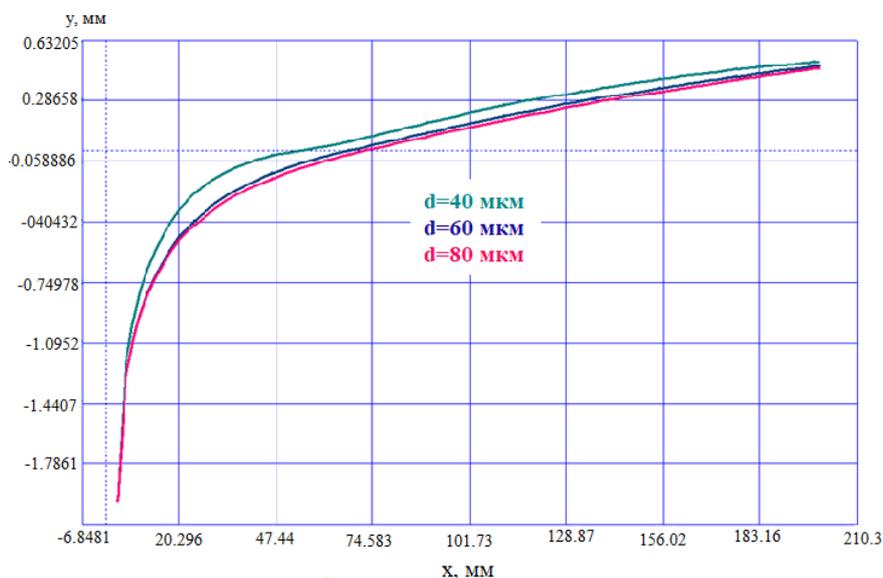
относительно оси плазмотрона, диаметр частиц). Результаты моделирования представлены на рис. 5. Подобраны оптимальные параметры ввода частиц порошка в плазменную струю.

Для частиц порошкового материала ПГСР-2 фракции 40 мкм оптимальная скорость ввода $v = 9,5$ м/с, координаты ввода относительно оси плазмотрона $x = 3$ мм,

$y = -2,5$ мм; для частиц фракции 60 мкм $v = 4,52$ м/с, $x = 3$ мм, $y = -1,5$ мм; для частиц фракции 80 мкм $v = 3,27$ м/с, $x = 3$ мм, $y = -1,5$ мм (рис. 5а). Для порошкового материала ПГСР-4 оптимальная скорость ввода частиц фракции 40 мкм составляет $v = 8,45$ м/с, для частиц фракции 60 мкм $v = 5,2$ м/с, для частиц фракции 80 мкм $v = 3,75$ м/с (рис.5б).



а



б

Рисунок 5. Траектории движения частиц порошковых материалов 40 мкм, 60 мкм, 80 мкм: а – ПГСР-2, б – ПГСР-4

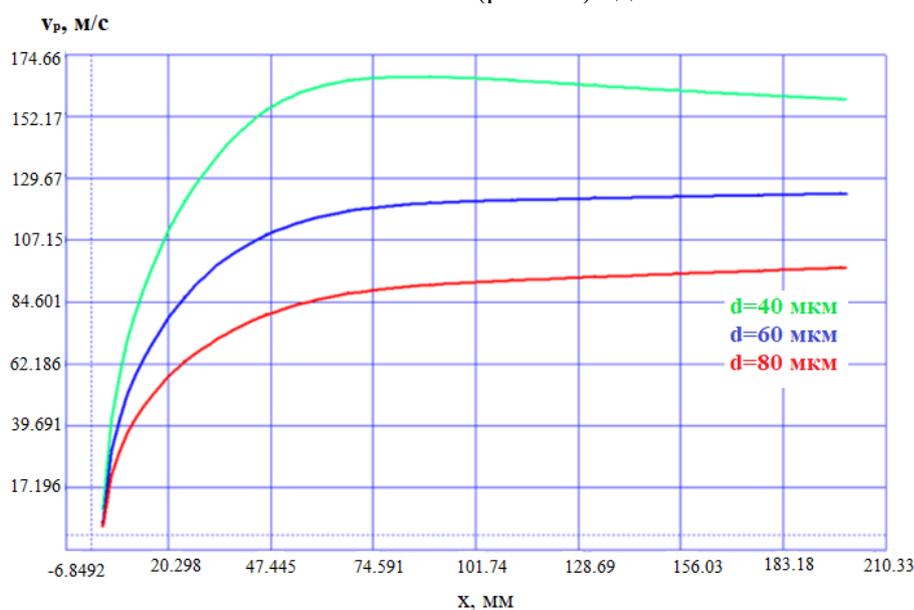
Отклонение частиц от осевого движения обусловлено следующими факторами: радиальной скоростью компонентов окружающего газа; вращательной составляющей, обусловленной особенностью

плазменного разряда в плазмотроне, начальным импульсом частиц. При приближении к оси плазменной струи, за счет повышения температуры, вязкость газа

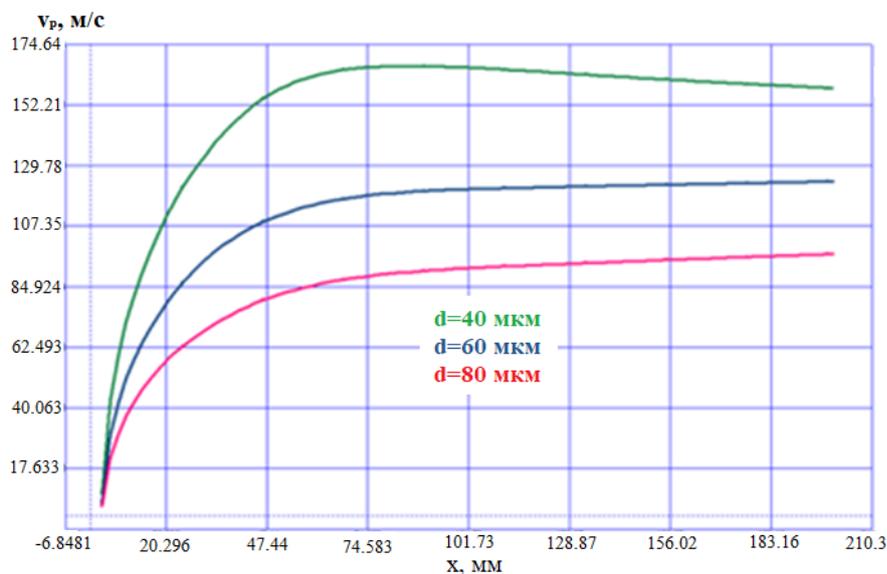
увеличивается, соответственно, увеличивается сила лобового сопротивления. Создается барьер, который может быть преодолен частицами с большим диаметром, имеющими большую инерционность. Частицы с меньшим диаметром не могут преодолеть осевую линию плазменного факела и не достигают высокотемпературных и высокоскоростных участков струи, для них характерно движение по периферии плазменного потока. Время нахождения их

в струе больше, поэтому они могут достигать больших скоростей и нагреваться до более высоких температур.

При вводе частиц порошка в плазменную струю происходит их ускорение. Скорость частиц меньшего диаметра выше за счет их малой инерционности и, соответственно, более крупные частицы летят с меньшими скоростями. На рис. 6 представлено изменение скорости частиц порошковых материалов ПГСР-2 (рис. 6а) и ПГСР-4 (рис. 6б) вдоль оси плазменной струи.



а



б

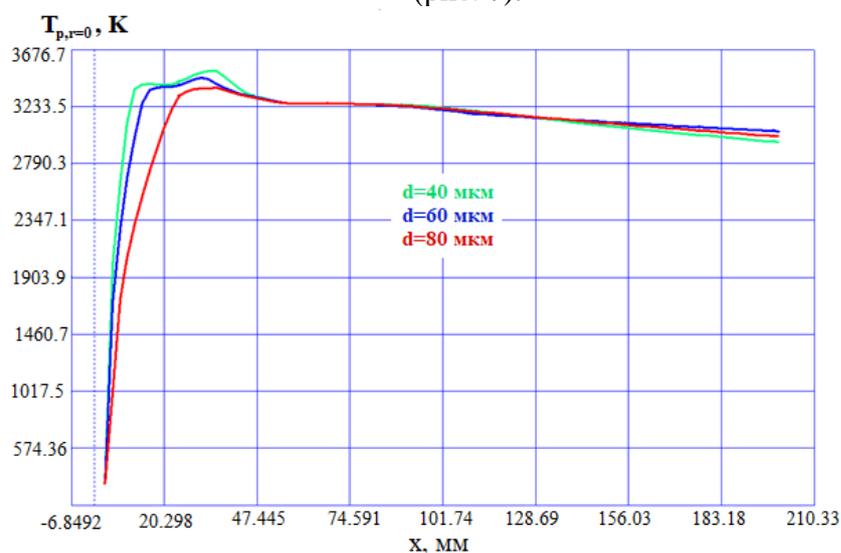
Рисунок 6. Изменение скорости частиц порошка вдоль оси плазменной струи:
а – ПГСР-2; б – ПГСР-4

Частицы порошка ПГСР-2 диаметром 40 мкм достигают максимальной скорости 170 м/с на дистанции 70–90 мм; частицы диаметром 60 мкм и 80 мкм максимально ускоряются в конце дистанции. Скорости частиц в момент соударения с подложкой составляют 160 м/с для частиц диаметром 40 мкм, 126 м/с для частиц диаметром 60 мкм и 97 м/с у частиц диаметром 80 мкм. Частицы порошка ПГСР-4 диаметром 40 мкм достигают максимальной скорости 170 м/с на расстоянии 80–90 мм от среза сопла плазмотрона. Частицы диамет-

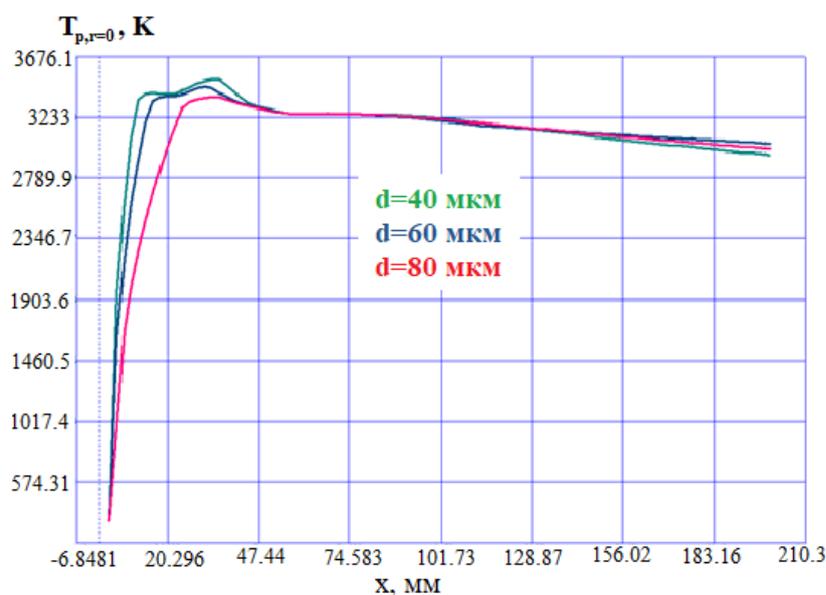
ром 60 мкм и 80 мкм достигают максимальной скорости в конце дистанции. Скорости частиц в момент соударения с подложкой составляют 160 м/с для частиц диаметром 40 мкм, 125 м/с для частиц диаметром 60 мкм и 98 м/с у частиц диаметром 80 мкм.

Моделирование нагрева частиц порошковых материалов ПГСР-2 и ПГСР-4 в плазменной струе

Проведено моделирование изменения температуры в центре частиц при ее движении вдоль оси плазменной струи (рис. 7).



а



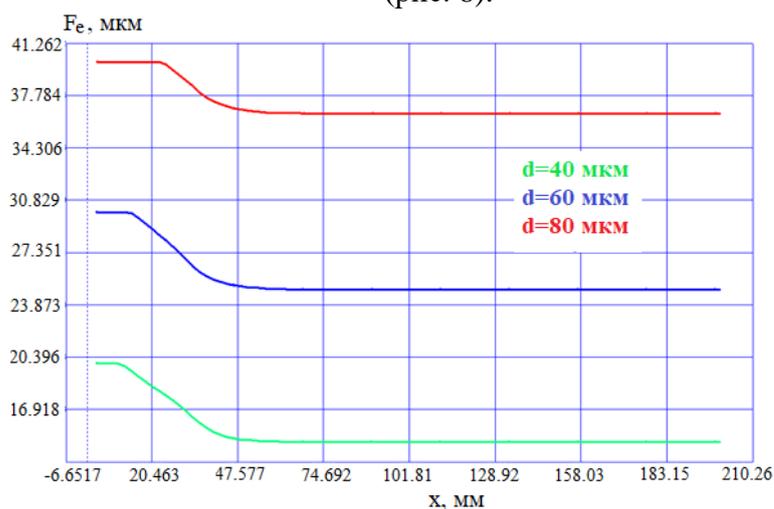
б

Рисунок 7. Изменение температуры в центре частиц порошка вдоль оси плазменной струи: а – ПГСР-2; б – ПГСР-4

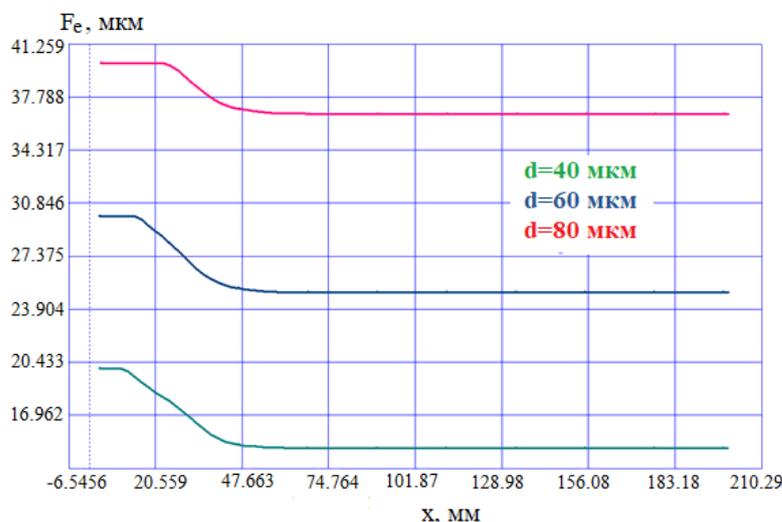
Частицы порошка ПГСР-2 различных фракций прогреваются до температуры плавления ($T_{пл} \approx 1050$ °С) на дистанции 8–12 мм, температура кипения достигается на участке 15–30 мм от среза сопла. Температура плавления частиц порошкового материала ПГСР-4 ($T_{пл} = 950$ °С) достигается на расстоянии 8–10 мм от среза сопла плазмотрона, температура кипения –

на участке 15–30 мм. При дальнейшем движении частица начинает охлаждаться вследствие уменьшения температуры плазменной струи.

Проведено исследование изменения фронта испарения (F_e) порошковых частиц в зависимости от дистанции напыления. Показано, что вследствие испарения происходит уменьшение диаметра частиц (рис. 8).



а



б

Рисунок 8. Динамика фронта испарения частиц порошковых материалов:
а – ПГСР-2; б – ПГСР-4

Частицы диаметром 40 мкм теряют до 25 % от первоначального размера (для обоих порошков), частицы диаметром 60 мкм – до 15 % (ПГСР-2) и 17 % (ПГСР-4), а частицы диаметром 80 мкм – до 9 % (ПГСР-2) и 8 % (ПГСР-4).

Моделирование структуры покрытия

Моделирование структуры покрытия показывает, что при различных диа-

метрах частиц получают различные топологии поверхностей и пористости полученных покрытий. Программный комплекс «Plasma 2002» позволяет смоделировать слои покрытия при каждом проходе плазменной струи. В качестве примера на рис.

9 представлены структуры покрытий, полученных из ПГСР-2 (рис. 9а) и ПГСР-4 (рис. 9б), диаметр частиц порошка 30–50 мкм.

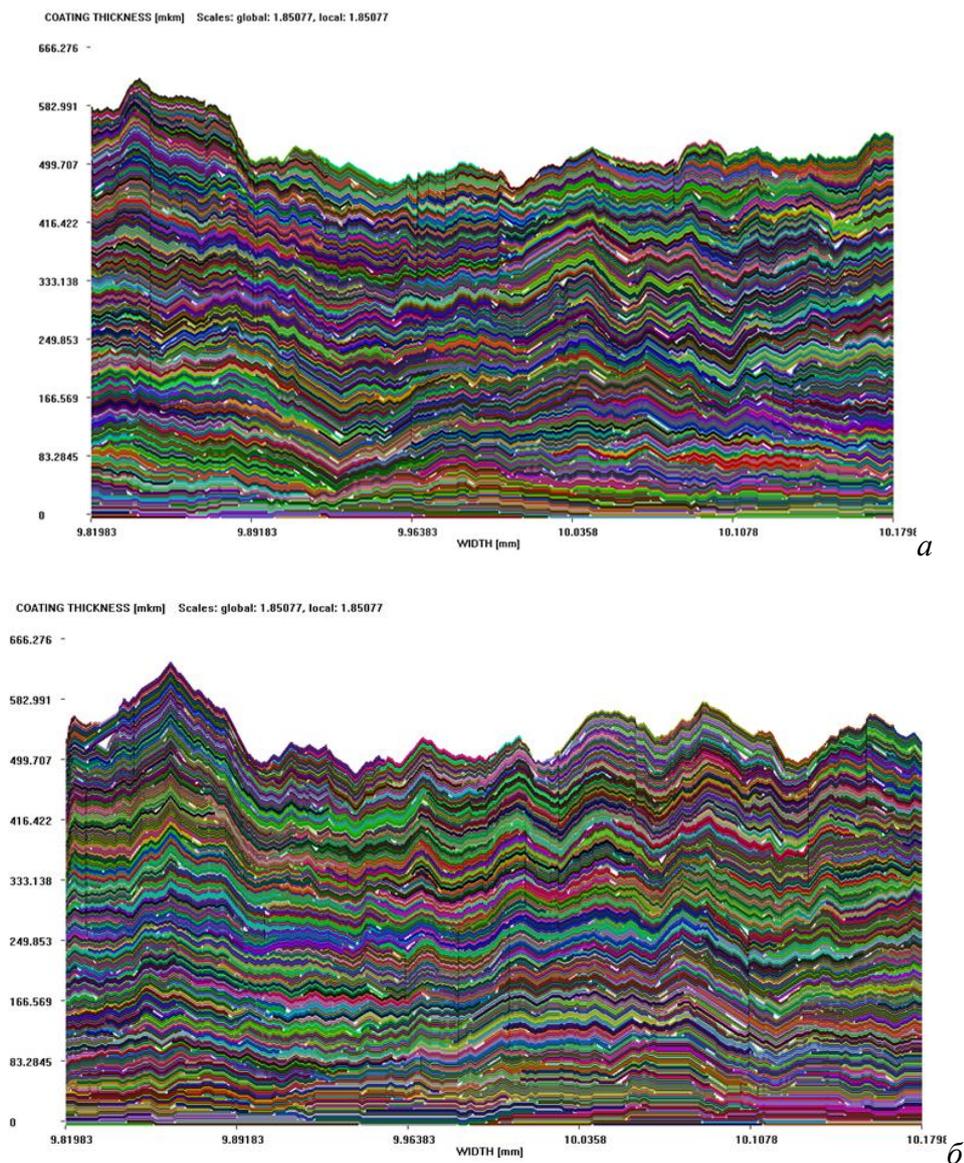


Рисунок 9. Структура покрытия ПГСР-2 (а) и ПГСР-4 (б). Диаметр частиц порошка 30–50 мкм

Показано, что пористость покрытий, полученных при нанесении ПГСР-2 на подложку, изменяется от 2,9 % до 7,5 %, а шероховатость R_{\max} – от 140 до 166 мкм при изменении диаметра частиц порошка ПГСР-2 от (30–50) до (70–90) мкм. Для ПГСР-4 изменения пористости и шероховатости R_{\max} составляют 2,6–7,3 %

и 66 – 120 мкм соответственно. Таким образом, полученные результаты позволяют сделать вывод, что использование порошковых материалов с меньшим диаметром позволяет получить покрытия с более низкими значениями пористости и шероховатости.

Полученные данные были использованы для проведения лабораторного эксперимента.

Лабораторный эксперимент по нанесению и исследованию покрытий

Покрытия из самофлюсующихся порошков на основе никеля ПГСР-2 и ПГСР-4 напылялись на установке «МАК-

100» дозвуковым плазмотроном при следующих параметрах: состав плазмообразующего газа – 90 % воздух + 10 % пропан, рабочий ток 150 А, напряжение 300 В, давление газа 0,4 МПа, расстояние до образца 300 мм, скорость плазменного потока 250–300 м/с. Микроструктура полученных покрытий представлена на рис. 10.

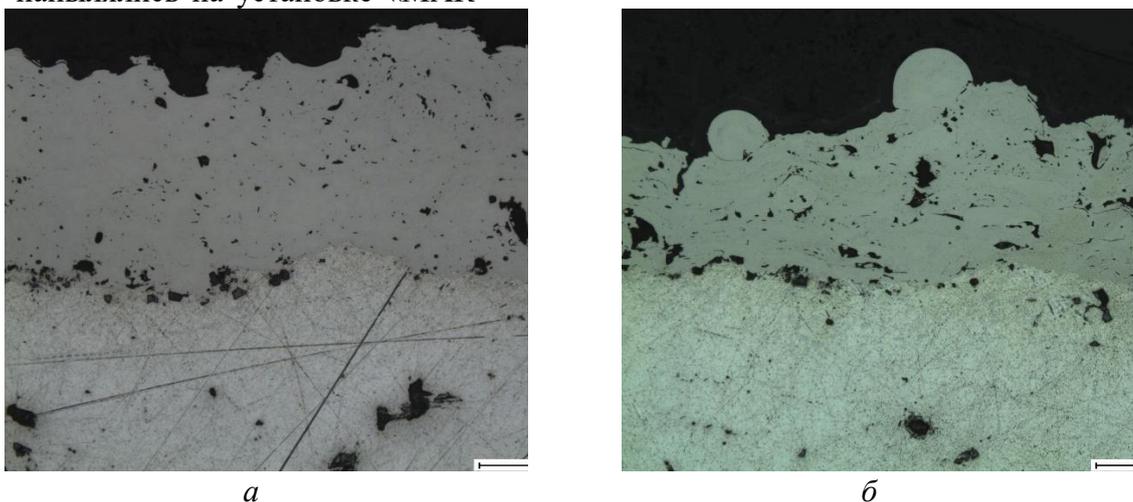


Рисунок 10. Микроструктура покрытий ПГСР-2 (а) и ПГСР-4 (б), полученных с помощью дозвукового плазменного напыления на подложку из алюминиевого сплава

Микроструктура покрытия ПГСР-2 представлена на рис 10а. Важнейшей особенностью структур, получаемых при плазменном напылении, является высокая степень дисперсности, которая определяет комплекс эксплуатационных характеристик. Покрытие характеризуется низкой пористостью и высокой плотностью. Поры малы, расположены далеко друг от друга, вероятно образование этих пор обусловлено дегазацией расплавленного материала порошинок во время их кристаллизации. Оксидные пленки тонкие, располагаются вдоль границ раздела основы с покрытием, что говорит о «выгорании частиц порошка».

Микроструктура покрытия ПГСР-4 представлена на рис. 10б. Покрытие характеризуется высокой плотностью и наличием пор по всей толщине. Поры имеют неправильную форму и размеры от нескольких микрон до 40 мкм. Участок

покрытия на границе с подложкой характеризуется равномерной структурой.

У покрытий ПГСР-2 и ПГСР-4 на границе покрытие – подложка частицы порошка достаточно проплавлены, покрытия имеют слоистую структуру с хорошо деформированными частицами по всему телу покрытия. Поры имеют как округлую, так и вытянутую форму. Линия сплавления с подложкой достаточно ровная и плотная.

Для определения прочностных характеристик полученных покрытий, а также косвенной оценки их эксплуатационных свойств была измерена **твердость по Роквеллу**. Измерение твердости проводили ультразвуковым измерителем УЗИТ-3 (пределы измерения от 20–70 HRC, погрешность измерения не более $\pm 2,0$ HRC). Твердость сплава АЛ-9 измерялась на цилиндрических образцах диаметром $D = 30$ мм, высотой $H = 16$ мм и составила 29,1

HRC. Результаты измерения твердости покрытий на образцах ПГСП-2 и ПГСП-4 представлены в табл.1.

Таблица 1
Значения твердости покрытий, HRC

№ замера Материал	1	2	3	4	5	6	7	8
ПГСП-2	54,6	58,9	53,9	59,1	61,3	58,6	55,1	54,0
ПГСП-4	71,1	64,5	65,8	69,4	62,3	65,0	62,5	66,9

Разброс значений твердости связан с особенностями строения покрытия, его слоистой структурой, а также с многофазностью нанесенного многокомпонентного материала, в котором содержатся области с разной твердостью. Измерения твердости по Роквеллу дают усредненную картину твердости в направлении, перпендикулярном плоскости слоя.

Шероховатость покрытий оценивали с использованием профилометра TR-200, который применяется для контроля поверхностей металлических и неметаллических изделий, различных машиностроительных деталей в условиях производства, цехах, в лабораториях, метрологических, научно-исследовательских центрах. Полученные данные представлены в табл. 2.

Таблица 2
Значения шероховатости поверхностей покрытий ПГСП- 2 и ПГСП-4, полученных с помощью дозвукового плазменного напыления

№ образец	Порошок	Кол. шт.	Шероховатость, Ra	Шероховатость, Rz
1	ПГСП-2	1	5,87	29,39
1,1		1	5,42	28,1
2	ПГСП-4	1	6,32	25,04
2,1		1	7,94	31,85

Выводы

Анализ результатов моделирования показывает, что скорости движения частиц и температура их нагрева зависят от траектории движения частицы в плазменной струе, площади поверхности частицы и ее массы, а также времени нахождения частицы в плазменной струе. Начальная скорость ввода частицы в плазменную струю существенно влияет на температуру, скорость и время пребывания частицы в струе. Моделирование позволяет оптимизировать траекторию полета частиц до столкновения с основанием. Методом подбора начальных параметров задается движение частицы в центральной зоне плазменной

струи для получения максимального ускорения и теплового воздействия.

В результате моделирования были подобраны параметры технологии нанесения частиц методом плазменного напыления.

Для порошкового материала ПГСП-2:

– для фракции 40 мкм оптимальная скорость ввода составила $v = 9,50$ м/с, координаты ввода относительно оси плазматрона $x = 3$ мм, $y = -2,5$ мм;

– для частиц фракции 60 мкм: $v = 4,52$ м/с, $x = 3$ мм, $y = -1,5$ мм;

– для частиц фракции 80 мкм: $v = 3,27$ м/с, $x = 3$ мм, $y = -1,5$ мм.

Для порошкового материала ПГСР-4:

- для фракции 40 мкм оптимальная скорость ввода составила $v = 8,45$ м/с, координаты ввода относительно оси плазмотрона $x = 3$ мм, $y = -2,5$ мм;
- для частиц фракции 60 мкм: $v = 5,2$ м/с, $x = 3$ мм, $y = -1,5$ мм;
- для частиц фракции 80 мкм: $v = 3,75$ м/с, $x = 3$ мм, $y = -1,5$ мм.

При данных параметрах ввода порошкового материала в плазменную струю частицы порошка достигают следующих максимальных скоростей:

- частицы порошка ПГСР-2 диаметром 40 мкм достигают максимальной скорости 170 м/с на дистанции 70–90 мм; частицы диаметром 60 мкм и 80 мкм максимально ускоряются в конце дистанции. Скорости частиц в момент соударения с подложкой составляют 160 м/с для частиц диаметром 40 мкм, 126 м/с для частиц диаметром 60 мкм и 97 м/с у частиц диаметром 80 мкм;
- частицы порошка ПГСР-4 диаметром 40 мкм достигают максимальной скорости 170 м/с на расстоянии 80–90 мм от среза сопла плазмотрона. Частицы диаметром 60 мкм и 80 мкм достигают максимальной скорости в конце дистанции. Скорости частиц в момент соударения с подложкой составляют 160 м/с для частиц диаметром 40 мкм, 125 м/с для частиц диаметром 60 мкм и 98 м/с у частиц диаметром 80 мкм.

Моделирование структуры покрытия показывает, что пористость покрытий, полученных при нанесении ПГСР-2 на подложку, изменяется от 2,9% до 7,5%, а шероховатость R_{\max} – от 140 до 166 мкм при изменении диаметра частиц порошка ПГСР-2 от (30–50) до (70–90) мкм, а пористость покрытий ПГСР-4 изменяется от 2,6

до 7,3 %, шероховатость R_{\max} составляет и 66 – 120 мкм.

Результаты компьютерного эксперимента были использованы при выборе параметров для нанесения покрытий методом дозвукового плазменного напыления.

Исследования покрытий в реальном эксперименте показали хорошую сходимость с результатами компьютерного моделирования. По данным микроструктуры образцов видно, что покрытия ПГСР-2 и ПГСР-4 характеризуются низкой пористостью и высокой плотностью, а также слоистой структурой с хорошо деформированными частицами по всему объему покрытия. Поры имеют как округлую, так и вытянутую формы. Линия сплавления с подложкой довольно ровная и плотная.

Результаты измерения твердости по Роквеллу показали, что твердость образцов с покрытием более чем в два раза превышает твердость алюминиевого сплава АЛ-9. Средние значения твердости для покрытия ПГСР-2 составили 57,6 НРС, для покрытия ПГСР-4 – 65,9 НРС. При этом значение твердости сплава АЛ-9 составило 29,1 НРС.

Таким образом, полученные результаты позволяют сделать вывод, что покрытия из порошковых самофлюсующихся материалов, нанесенные на детали пожарного оборудования, существенно улучшают поверхностные свойства деталей и механизмов пожарной техники, в частности, рабочего колеса и корпуса пожарного насоса. Использование данных покрытий приводит к уменьшению воздействия кавитации на корпус деталей, а также повышению износостойкости крыльчатки пожарного насоса, что, в свою очередь, способствует продлению срока службы пожарного оборудования и применению его при высоких температурах пожара.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 20-21-00063_Росатом

Литература

1. Фарберов В. Я, Миськевич Л. В., Родионов П. В. Первоначальная подготовка пожарных-спасателей. 2-е изд., испр. и доп. Юрга, 2015. 387 с.
2. Пожарные автомобили. СПб., 2006. 507 с.
3. Пожарная и аварийно-спасательная техника / М. Д. Безбородько и др. М., 2011.
4. Кривоорогова А. С. и др. Использование гидрофобных пропиток, нанесенных на плазмонапыленные поверхности деталей пожарной техники // Актуальные проблемы и инновации в обеспечении безопасности: сборник материалов Дней науки (26–28 октября 2022 г.): в 2 ч. Екатеринбург, 2022. Ч. 1. С. 96–100.
5. Эркабаева Е. О., Чешун Ю. А. Кавитация в центробежных насосах // Актуальные проблемы энергетики – 2018: материалы студ. науч.-техн. конф. Минск, 2018. С. 620–621.
6. Кривоорогова А. С., Беззапонная О. В. Исследование физико-химических свойств самофлюсующего порошка на основе никеля, используемого для упрочнения поверхностей деталей пожарно-технического вооружения // Техносферная безопасность. 2019. № 2 (23).
7. Ilinykh N. et al. Thermodynamic modeling of composition and properties of self-fluxing materials based on the nickel // MATEC Web of Conferences. 2020. 329 (6) 02026. URL: <https://doi.org/10.1051/mateconf/202032902026>.
8. Гельчинский Б. Р. и др. Способ получения защитного покрытия: патент на изобретение 2741040 С1, 22.01.2021.
9. Хасуй А., Моригаки О. Наплавка и напыление. М., 1985. 240 с.
10. Кудинов В. В. Плазменные покрытия. М., 1977. 184 с.
11. R. C. Tucker, Jr. Introduction to Coating Design and Processing // ASM Handbook. 1994. Vol. 5. Pp. 497–509.
12. Тушинский Л. И., Плохов А. В. Исследование структуры и физико-механических свойств покрытий. Новосибирск, 1986. 199 с.
13. Zimoglyadova T. A. et al. Structure and Properties of Functional Self-Fluxing Nickel-Containing Coatings Obtained by Non-Vacuum Electron-Beam Cladding // Metal Science and Heat Treatment. 2019. Vol. 60, No 9-10 633–40. DOI: 10.1007/s11041-019-00330-4.
14. Simunovic K. et al. Modeling and Optimization in Investigating Thermally Sprayed Ni-Based Self-Fluxing Alloy Coatings: A Review, Materials. 2020. Vol. 13, No 20. 4584. <https://doi.org/10.3390/ma13204584>.
15. Hemmati I. et al. Microstructure and Phase Formation in a Rapidly Solidified Laser Deposited Ni-Cr-B-Si-C Hardfacing Alloy // Metallurgical and materials transactions. 2014. Vol. 45A. Pp. 878–892.
16. Ilinykh N. et al. Thermodynamic modeling of composition and properties of self-fluxing materials based on the nickel // MATEC Web of Conferences. 329(2020) 02026. DOI: 10.1051/mateconf/202032902026.
17. Мухин В. С., Шехтман С. Р. Поверхность технического объекта: физика, химия, механика, нанотехнология модифицирования // Вестник УГАТУ. 2007. Т. 9, № 1 (19). С. 84–91.
18. Vatolin N. A., Moiseev G. K., Trusov B. G. Thermodynamic modeling in the high-temperature inorganic systems. М., 1994.
19. Trusov B. G. Programmatic system for modeling phase and chemical equilibria at high temperatures // Vestnik MGTU im. N. E. Bauman. Ser. Priborostroenie. 2012. Pp. 240–249.
20. Belov G. V., Trusov B. G. Thermodynamic modeling of chemically reacting systems. М., 2013.
21. Kundas S. Simulation and experimental studies of particles interaction with plasma jet in vacuum plasma spraying processes // Journal of advanced materials. 2000. Vol. 32, № 3. P. 3–11.
22. Кундас С. П., Тонконогов Б. А., Кашко Т. А. Компьютерное моделирование технологических процессов: доклады БГУИР. 2004. 3. С. 38–49.
23. Kundas S., Piyuschenko A. Computer simulation and control of plasma spraying processes // Materials and Manufacturing Processes. 2006. Vol. 17, Issue 1. Pp. 85–96. DOI 10.1081/AMP-120002799.
24. He-Ping Li, E. Pfende. Three Dimensional Modeling of the Plasma Spray Process // Journal of Thermal Spray Technology. 2007. Vol. 16 (2). Pp. 245–260. DOI: 10.1007/s11666-007-9023-x.
25. Mariaux G. Modeling of the plasma spray process: from powder injection to coating formation // High Temperature Material Processes. 2001. 5(1). Pp. 61–85. DOI: 10.1615/HighTempMatProc.v5.i1.50.
26. Okulov R. A. et al. Development of the computer model of the plasma installation // Journal of Physics: Conference Series. 2021. DOI:10.1088/1742-6596/2064/1/012044.

References

1. Farberov V. Ya. Pervonachal'naya podgotovka pozharny`x-spasatelej / V. Ya. Farberov, L. V. Mis`kevich, P. V. Rodionov. 2-e izd., ispr. i dop. Yurga, 2015. 387 s.
2. Pozharny`e avtomobili. Sankt- Peterburg, 2006. 507 s.
3. Pozharnaya i avarijno-spasatel'naya texnika / M. D. Bezborod`ko, S. G. Czarichenko, M. V. Aleshkov, V. V. Roenko, A. V. Rozhkov i dr. / pod red. M. D. Bezborod`ko. М., 2011.

4. Krivorogova A. S., Il'iny`x S. A., Korolev O. A., Il'iny`x N. I. Ispol`zovanie gidrofobny`x propitok, nanesenny`x na plazmonapy`lenny`e poverxnosti detalej pozharnoj texniki Aktual`ny`e problemy` i innovacii v obespechenii bezopasnosti: sbornik materialov Dnej nauki c mezhdunarodny`m uchastiem, posvyashheny`x 90-letiyu Grazhdanskoj oborony` Rossii (26–28 oktyabrya 2022 g.) v 2 ch. / red. koll. M. V. Elfimova, O. Yu. Demchenko, O. V. Bezzaponnaya [i dr.]. – Ekaterinburg : Ural`skij institut GPS MChS Rossii, 2022. Ch. 1. s. 96–100.
5. E`rkabaeva, E. O., Cheshun Yu. A. Kavitaciya v centrobezhy`x nasosax // Aktual`ny`e problemy` e`nergetiki – 2018: materialy` studencheskoj nauchno-texnicheskoj konferencii. Minsk, 2018. S. 620–621.
6. Krivorogova A. S., Bezzaponnaya O. V. Issledovanie fiziko-ximicheskix svojstv samoflyusuyushhegosya poroshka na osnove nikelya, ispol`zuemogo dlya uprochneniya poverxnostej detalej pozharno-texnicheskogo vooruzheniya // Texnosfernaya bezopasnost`. 2019. № 2 (23).
7. N. Ilinykh, A. Krivorogova, B. Gelchinski, S. Ilinykh, L. Kovalev, Thermodynamic modeling of composition and properties of self-fluxing materials based on the nickel, MATEC Web of Conferences. 329(2020) 02026 DOI: 10.1051/mateconf/202032902026
8. Gel`chinskij B.R., Il'iny`x S.A., Krashanin V.A., Krivorogova A.S. Sposob polucheniya zashhitnogo pokry`tiya. Patent na izobretenie 2741040 C1, 22.01.2021.
9. Xasuj A., Morigaki O. Naplavka i napy`lenie, per. s yaponskogo. M., 1985. 240 s.
10. Kudinov V. V. Plazmenny`e pokry`tiya. M., 1977. 184 s.
11. R.C. Tucker, Jr., Introduction to Coating Design and Processing, ASM Handbook, 1994, V.5. PP. 497-509.
12. Tushinskij L. I., Ploxov A. V. Issledovanie struktury` i fiziko-mexanicheskix svojstv pokry`tij. Novosibirsk, 1986. 199 s.
13. T.A. Zimoglyadova, H. Saage, V.A. Pasichnik, A.S. Egorova and O. Matts, Structure and Properties of Functional Self-Fluxing Nickel-Containing Coatings Obtained by Non-Vacuum Electron-Beam Cladding, Metal Science and Heat Treatment. V.60, No 9-10 (2019) 633–40 DOI: 10.1007/s11041-019-00330-4.
14. K. Simunovic, S. Havrlisan, T. Saric and D. Vukelic. Modeling and Optimization in Investigating Thermally Sprayed Ni-Based Self-Fluxing Alloy Coatings: A Review, Materials, V.13, No20, (2020) 4584 <https://doi.org/10.3390/ma13204584>
15. I. Hemmati, V Ocel`k, Microstructure and Phase Formation in a Rapidly Solidified Laser Deposited Ni-Cr-B-Si-C Hardfacing Alloy, Metallurgical and materials transactions. 2 (2014) 878-892.
16. N. Ilinykh, A. Krivorogova, B. Gelchinski, S. Ilinykh, L. Kovalev, Thermodynamic modeling of composition and properties of self-fluxing materials based on the nickel, MATEC Web of Conferences. 329(2020) 02026 DOI: 10.1051/mateconf/202032902026
17. Muxin V. S., Shextman S. R. Poverxnost` texnicheskogo ob`ekta: fizika, ximiya, mexanika, nanotexnologiya modifirovaniya // Vestnik UGATU. 2007. T. 9, № 1 (19). S. 84–91.
18. Vatolin N. A., Moiseev G. K., Trusov B. G. Thermodynamic modeling in the high-temperature inorganic systems. M., 1994.
19. B. G. Trusov, Programmatic system for modeling phase and chemical equilibria at high temperatures, Vestnik MGTU im. N.E. Baumana. Ser. Priborostroenie. (2012) 240-249 (In Russian).
20. G. V. Belov, B. G. Trusov, Thermodynamic modeling of chemically reacting systems, Moscow, Bauman Moscow State Technical University, (2013) (in Russian).
21. S. Kundas, V. Gurevich, A. Ilyuschenko, V. Okovity, Simulation and experimental studies of particles interaction with plasma jet in vacuum plasma spraying processes, Journal of advanced materials. V.32, №3 (2000) P.3-11.
22. Kundas S. P., Tonkonogov B. A., Kashko T. A., Komp`yuternoe modelirovanie texnologicheskix processov, Doklady` BGUIR. 3 (2004) 38–49.
23. S. Kundas, A. Ilyuschenko, Computer simulation and control of plasma spraying processes, Materials and Manufacturing Processes. V.17, Issue 1 (2006) 85–96 DOI 10.1081/AMP-120002799
24. He-Ping Li and E. Pfende, Three Dimensional Modeling of the Plasma Spray Process, Journal of Thermal Spray Technology. V. 16(2) (2007) 245–260 DOI: 10.1007/s11666-007-9023-x
25. G. Mariaux, P. Fauchais, A. Vardelle, B. Pateyron, Modeling of the plasma spray process: from powder injection to coating formation, High Temperature Material Processes 5(1) (2001) 61–85 DOI: 10.1615/HighTempMatProc.v5.i1.50.
26. R. A. Okulov, E. V. Popov, B. R. Gelchinsky, A. A.Rempel, Development of the computer model of the plasma installation, Journal of Physics: Conference Series.2064 (2021) 012044 doi:10.1088/1742-6596/2064/1/012044

УДК 614.841

basumatorovaea.21@mti.gausz.ru

**АНАЛИЗ ПОСЛЕДСТВИЙ ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ
В ТЮМЕНСКОЙ ОБЛАСТИ****ANALYSIS OF THE CONSEQUENCES OF FOREST FIRES
IN THE TYUMEN REGION**

*Басуматорова Е. А.,
Дронова М. В., кандидат экономических наук, доцент,
Александрой В. И.,
Винокуров В. Н.,
Романов С. В., кандидат технических наук, доцент,
ГАУ Северного Зауралья, Тюмень*

*Basumatorova E., Dronova M., Aleksandroj V., Vinokurov V., Romanov S.,
GAU of the Northern Trans-Urals, Tyumen*

В статье приведены и рассмотрены статистические данные о лесных пожарах по отчетам Главного управления МЧС России по Тюменской области. В ходе анализа были выявлены наиболее пожароопасные периоды, источники лесных пожаров, а также определены их возможные последствия. Ежегодно на территории Российской Федерации лесные пожары охватывают около 10 млн га, гибнет около 3 млн га леса, что в несколько раз превышает объем вырубки лесов. Экономический ущерб стране исчисляется миллиардами рублей. Сложная ситуация с лесными пожарами отмечается в Тюменской области, где более 70 % общей площади занимают леса [1]. Статистика лесных пожаров в регионе показывает неутешительные результаты, количество и площадь пожаров растут с каждым годом. Поэтому одним из путей выхода из сложившейся ситуации является модернизация мер по предупреждению и предотвращению лесных пожаров.

Ключевые слова: анализ, последствия, лесные пожары, лесной фонд, порода, древесина, ущерб, климатические условия, сезон

The article presents statistical data on forest fires according to the reports of the Main Directorate of the Ministry of Emergency Situations of Russia for the Tyumen region. During the analysis, the most fire-dangerous periods, sources of forest fires, as well as their possible consequences were identified. Annually in the territory of the Russian Federation, forest fires cover about 10 million hectares, about 3 million hectares of forest die, which is several times higher than the amount of deforestation. The economic damage to the country is estimated in billions of rubles. A difficult situation with forest fires is noted in the Tyumen region, where more than 70% of the total area is occupied by forests. The statistics of forest fires in the region shows disappointing results, the number and area of fires are growing every year. Therefore, one of the ways out of this situation is the modernization of measures to prevent forest fires.

Keywords: analysis, consequences, forest fires, forest fund, breed, wood, damage, climatic conditions, season

Объектом исследования является оценка лесных пожаров в Тюменской области.

В Тюменской области земли лесного фонда занимают 11 396,4 тыс. га. Это 71 % территории области. На рис. 1 лесной

покров Тюменской области составляет 44,1 % и варьируется в зависимости от лесного хозяйства: от 17 до 63 %. Лесные угодья занимают площадь 7048,8 тыс. га (62 % площади земель лесного фонда), из которых 37 % покрыто ценными хвойными породами, 63 % – мягколиственными породами и кустарниками [2, 3].

Целью работы является выявление причин возникновения лесных пожаров, а также разработка профилактических мер по минимизации последствий пожаров.

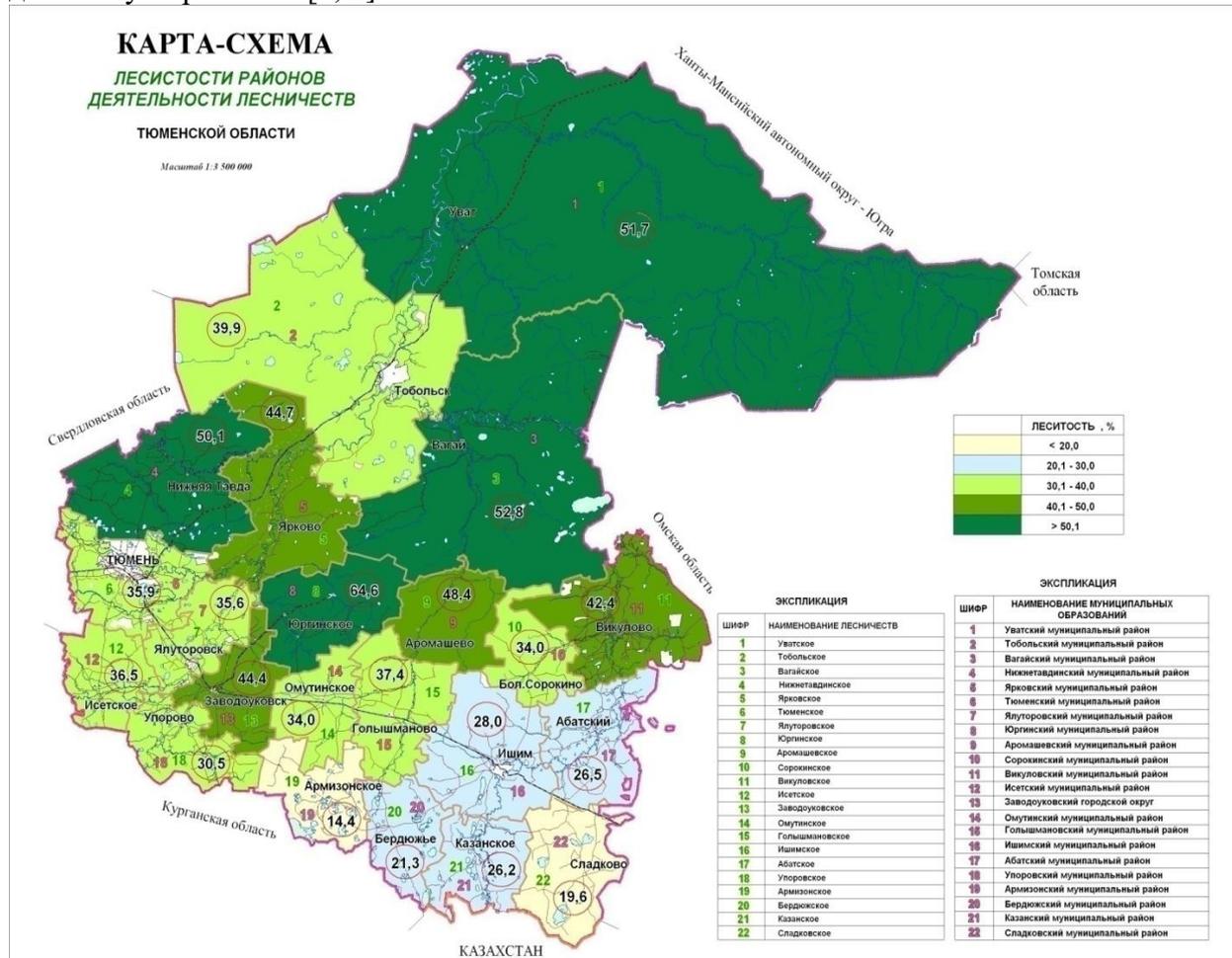


Рисунок 1. Карта-схема лесистости районов деятельности лесничеств

Для нашей страны лес имеет большое значение, поскольку лесной фонд занимает более половины территории страны. На этой территории площадью около 1690 млн га находится пятая часть всех мировых лесов и половина хвойных лесов. Доля пожаров естественного происхождения по сравнению с пожарами, вызванными антропогенной деятельностью, незначительна [2].

Исследованные статистические данные не позволяют проследить динамику лесных пожаров по годам, и поэтому

прогнозирование количества лесных пожаров возможно только на основе метеорологических условий местности.

Легче предотвратить пожары, чем ликвидировать их, однако в нашей стране недостаточно развита система лесного надзора, что приводит к несвоевременному оповещению о возникновении пожара.

Важность темы исследования заключается в том, что лесные пожары наносят большой ущерб экосистеме страны, их последствия негативны как для биоты, так и для атмосферы, гидросферы, литосферы.

А экономический ущерб от лесного пожара выражается миллиардами рублей в год.

Опасность лесных пожаров — это гибель людей, особенно если огонь приближается к населенному пункту. Дым от пожара также негативно влияет на здоровье людей [3].

Лесные пожары повреждают или уничтожают ценную древесину и отрицательно влияют на возобновление ее ресурсов. Лишая почву растительного покрова, они приводят к серьезному и долгосрочному ухудшению состояния водоразделов, снижают рекреационную и научную ценность ландшафтов. В то же время страдают или погибают дикие животные, сгорают жилые дома и другие постройки, гибнут люди [3].

Опасность лесных пожаров для людей связана не только с непосредственным действием огня, но и с высокой вероятностью отравления из-за сильного раскисления атмосферного воздуха, резкого повышения концентрации угарного газа, окиси углерода и других вредных примесей.

Последствия лесных пожаров могут быть плачевными. Экономический ущерб, причиненный пожаром, предельно ясен и легко поддается измерению – вы всегда

можете подсчитать, сколько гектаров леса было сожжено и сколько материалов потеряло человечество. Гораздо сложнее подсчитать ущерб по отношению к природе. Возгорание лесов затрагивает все аспекты окружающей среды, что оказывает влияние на жизнь людей [4, 5].

В Тюменской области континентальный климат, характеризуется непостоянством увлажнения: влажные годы периодически чередуются с засушливыми. Продолжительность периодов возникновения пожаров в лесах различных типов варьируется в течение пожароопасного сезона [6].

Возрастной и породный состав древостоев в Тюменской области не отличается особым разнообразием, что обусловлено климатическими и почвенными условиями региона. В лесах, расположенных на юге области, преобладают мягколиственные насаждения, среди которых преобладает береза. В северном направлении увеличивается доля хвойных насаждений. Основной хвойной лесообразующей породой является сосна [7].

Земли лесного фонда, где в течение всего пожароопасного сезона возможны низовые пожары, составляют около 33 % от общей площади земель области.

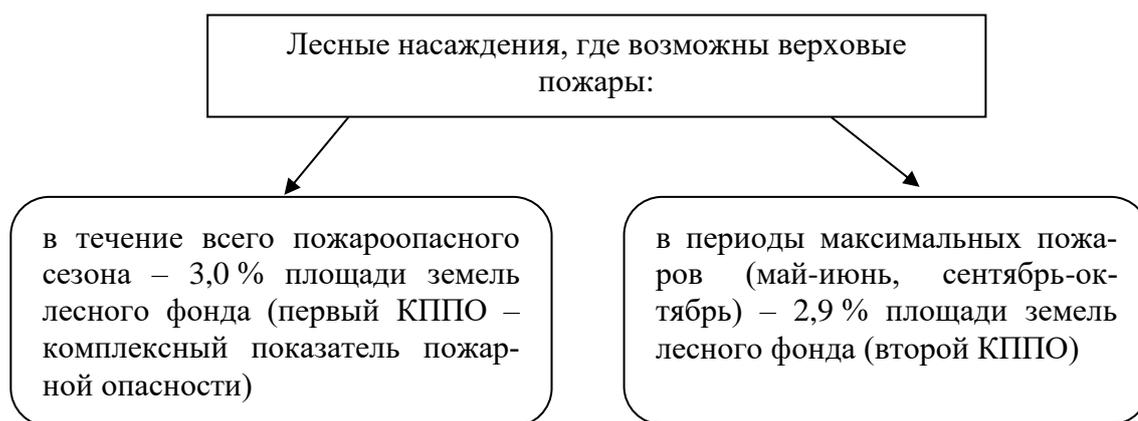


Рисунок 2. Верховые пожары

В лесостепной лесорастительной зоне средний класс естественной пожарной опасности составляет 3,5, что выше, чем в подтаежных лесах (3,8) и в таежной лесорастительной зоне – 4,1.

В табл. 1 приведены последствия лесных пожаров в Тюменской области за 2021–2021 г.

Таблица 1
Сведения о лесных пожарах в Тюменской области

Показатели	Годы		
	2019	2020	2021
Количество пожаров, шт	205	254	84
Общая площадь пожаров, га	643,995	4 351	481
Площадь лесных пожаров, га	464	1 753	424
Начало пожароопасного периода	23 апреля	21 апреля	20 апреля
Конец пожароопасного периода	25 октября	22 октября	26 октября
Общее кол-во дней пожароопасного периода	186	198	203

Продолжительность пожароопасного сезона напрямую зависит от климатических условий и класса естественной пожарной опасности леса. Как видно из таблицы 1, продолжительность пожароопасного сезона в 2019 г. составила 186 дней (сезон открылся 23 апреля), в 2020 г. – 198 дней (21 апреля), в 2021 г. – 203 дня (20 апреля). Как видно, в 2020 году площадь пожаров (включая лесные пожары) в несколько раз больше, чем в 2019 и 2021 гг.,

это напрямую связано со сложной гидрометеорологической обстановкой в весенне-летний период этого года, низкой влажностью, относительно высокой температурой, сильными ветрами и отсутствием осадков.

Предотвращение лесных пожаров заключается в своевременном обнаружении и оперативном тушении пожаров. Наибольшее количество лесных пожаров за пожароопасный сезон в 2021 г. видно в табл. 2.

Таблица 2
Сведения по лесным пожарам в пожароопасный сезон

№	Лесничество	Кол-во лесных пожаров	Площадь, га
1	Уватское	29	445,39
2	Абатское	28	188,20
3	Тюменское	24	21,17
4	Ишимское	21	135,88

По данным таблицы можно сделать вывод, что Уватское лесничество преобладает в показателях лесных пожаров на площадь 445,39 га.

Проведение профилактических мероприятий на территории Тюменской области Уральского федерального округа по минимизации последствий пожаров до начала пожароопасного периода должно включать:

– проведение работ по обустройству минерализованных полос на

границах населенных пунктов с лесными массивами;

– создание условий для забора воды из внешних источников водоснабжения, расположенных в сельских населенных пунктах и на прилегающих территориях;

– проведение работ по обустройству подъездов к источникам противопожарного водоснабжения в соответс-

твии с требованиями пожарной безопасности, а также опор для установки на них пожарных машин;

– проведение работ по установке противопожарных разрывов и содержанию существующих противопожарных разрывов на границах населенных пунктов с лесными массивами.

Основными причинами распространения лесных пожаров на большие территории являются гидрометеорологические условия в пожароопасный период, а также задержки с обнаружением очагов, задержки с началом тушения, задержки с развертыванием сил и средств пожаротушения [8].

В целях раннего обнаружения лесных пожаров авиационное патрулирование лесов в зоне мониторинга осуществляется пилотами-наблюдателями Тюменской авиационной и наземной базы охраны лесов по четырем основным маршрутам. Общая протяженность маршрутов воздушного патрулирования составляет 2265 км.

Также используются для нахождения очагов пожара беспилотные авиационные системы, с помощью которых спаса-

тели проводят разведку как в случае ухудшения лесопожарной обстановки, так и в плановом режиме. Во время полета оператор, просматривая изображение, передаваемое дроном в режиме реального времени, обрабатывает информацию о пожарах и передает данные в Центр управления в кризисных ситуациях Главного управления МЧС России по региону или в оперативно-диспетчерскую службу лесного хозяйства.

При проведенном анализе последствий лесных пожаров в Тюменской области использовались статистические данные о лесных пожарах по отчетам Главного управления МЧС России по Тюменской области и лесной план Тюменской области за 2021 г. Как показал анализ, главной причиной лесных пожаров стала деятельность человека и нарушение правил пожарной безопасности в лесах, свыше 50 % всех лесных пожаров возникает из-за неосторожного обращения с огнем местного населения, 31 % – из-за переноса огня с других категорий земель, 2 % – с линейных объектов и 1 % занимают пожары, перенесенные из соседних районов. Из-за естественных причин – грозовой активности – произошло только 5 % лесных пожаров.

Литература

1. Удилов Т. В., Винокуров В. Н., Александрой В. И. Анализ мероприятий по защите вахтовых поселков от последствий природных пожаров // Безопасность жизнедеятельности. 2018. № 7 (211). С. 43–46.
2. Удилов Т. В., Винокуров В. Н., Александрой В. И. Организация защиты объектов транспортировки нефти и газа от лесных пожаров // Международный научно-исследовательский журнал. 2017. № 8-3 (62). С. 77–80.
3. Щетинский Е. А. Тушение лесных пожаров. Изд. 3-е. М., 2012. 104 с.
4. Воробьев Ю. Л., Акимов В. А., Соколов Ю. И. Лесные пожары на территории России: состояние и проблемы. М., 2004. 312 с.
5. Удилов Т. В., Винокуров В. Н., Александрой В. И. О математическом моделировании процессов возгорания торфа и динамики торфяного пожара // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 1-1. С. 82.
6. Орловский С. Н. Лесные и торфяные пожары. Красноярск, 2003. 163 с.
7. Терещнев В. В., Артемьев В. В., Подгрушный А. В. Противопожарная защита и тушение пожаров. Кн. 5: Леса, торфяники, лесосклады М., 2007. 356 с.
8. Александрой В. И., Винокуров В. Н. Беспилотные летательные аппараты на службе МЧС России // Инженерные технологии в сельском и лесном хозяйстве: материалы Всерос. национ. науч.-практ. конф. 2020. С. 97–99.

References

1. Udilov T. V., Vinokurov V. N., Aleksandroy V. I. Analysis of measures to protect shift settlements from the effects of natural fires // Life safety. 2018. N 7 (211). Pp. 43–46.
2. Udilov T. V., Vinokurov V. N., Aleksandroy V. I. Organization of protection of oil and gas transportation facilities from forest fires // International Scientific Research Journal. 2017. N 8-3 (62). Pp. 77–80.
3. Shchetinsky E. A. Extinguishing forest fires (Manual for forest firefighters). 3rd edition. M., 2012. 104 p.

4. Vorobyov Yu. L., Akimov V. A., Sokolov Yu. I. Forest fires on the territory of Russia: State and problems. M., 2004. 312 p.
5. Udilov T. V., Vinokurov V. N., Aleksandroy V. I. On mathematical modeling of peat ignition processes and peat fire dynamics // Modern problems of science and education. 2015. № 1-1. P. 82.
6. Orlovsky S. N. Forest and peat fires Krasnoyarsk, 2003. 163 p.
7. Terebnev V. V., Artemyev V. V., Podgrushny A. V. Fire protection and fire extinguishing. Book 5: Forests, peat bogs, forest gardens. M., 2007. 356 p.
8. Aleksandroy V. I., Vinokurov V. N. Unmanned aerial vehicles in the service of the Ministry of Emergency Situations of Russia // Engineering technologies in agriculture and forestry. Materials of the All-Russian National Scientific and Practical Conference. 2020. Pp. 97–99.

УДК 699.81

chief.mr-nazar@yandex.ru

**МЕТОДИКА РАСЧЕТА ОЦЕНКИ ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКИХ
МЕРОПРИЯТИЙ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ
НА ОБЪЕКТАХ НЕФТЕДОБЫВАЮЩЕЙ ОТРАСЛИ. ЧАСТЬ 1.
ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПОДХОДА**

**METHODOLOGY FOR CALCULATING THE ASSESSMENT
OF ORGANIZATIONAL AND TECHNICAL FIRE SAFETY MEASURES
AT THE FACILITIES OF THE OIL INDUSTRY. PART 1. THEORETICAL
FOUNDATIONS OF THE APPROACH**

*Мухаметзянов Н. З.,
Султанов Р. М., доктор технических наук,
Хафизов И. Ф., доктор технических наук,
Уфимский государственный нефтяной технический университет, Уфа*

*Mukhametzyanov N., Sultanov R., Hafizov I.
Ufa State Petroleum Technological University, Ufa*

В статье ставится задача разработки методики оценки организационно-технических мероприятий по обеспечению пожарной безопасности объектов капитального строительства нефтедобывающей отрасли на основе количественного показателя. Разработка такой методики обусловлена необходимостью оценки соответствия разрабатываемых в проектной документации решений уровню обеспечения пожарной безопасности объекта. Для решения поставленной задачи показана возможность применения таких инструментов теоретического исследования, как метод дерева целей; метод структуризации целей; механизм анализа иерархий; метод решающих матриц, метод экспертных оценок. Результатом использования перечисленных инструментов теоретического исследования стала разработка методики оценки эффективности организационно-технических мероприятий. Такая методика позволяет получить количественную оценку эффективности организационно-технических мероприятий, преобразовать ее в качественную оценку и, таким образом, получить информацию об эффективности разрабатываемых в проектной документации организационно-технических мероприятий по обеспечению пожарной безопасности. Предложенный подход к оценке организационно-технических мероприятий на основе количественного параметра обладает потенциалом достижения на этапах проектной подготовки объектов к строительству объектов необходимой и достаточной степени пожарной безопасности при эксплуатации объектов нефтедобывающей отрасли. Кроме этого, практическое применение такой методики позволяет увеличить степень снижения пожарной опасности, установить общие правила обеспечения пожарной и промышленной безопасности при строительстве объектов повышенной опасности.

Ключевые слова: количественный показатель, дерево целей, метод структуризации целей, метод экспертных оценок, качественная характеристика оценки

The article sets the task of developing a methodology for assessing organizational and technical measures to ensure fire safety of capital construction facilities of the oil industry on the basis of a quantitative indicator. To solve this problem, the possibility of using such

tools of theoretical research as the goal tree method, the goal structuring method, the hierarchy analysis mechanism, the method of solving matrices, the method of expert assessments is shown. The development of such a methodology is due to the need to assess the compliance of the solutions developed in the project documentation with the level of fire safety of the facility. The result of using these theoretical research tools was the development of a methodology for evaluating the effectiveness of organizational and technical measures. This technique allows you to obtain a quantitative assessment of the effectiveness of organizational and technical measures, convert it into a qualitative assessment and, thus, obtain information about the effectiveness of organizational and technical measures developed in the project documentation to ensure fire safety. The proposed approach to assessing organizational and technical measures based on a quantitative parameter has the potential to achieve at the stages of project preparation of facilities for the construction of facilities the necessary and sufficient degree of fire safety during the operation of oil industry facilities. In addition, the practical application of such a technique makes it possible to increase the degree of fire hazard reduction, establish general rules for ensuring fire and industrial safety during the construction of high-risk facilities.

Keywords: quantitative indicator, goal tree, goal structuring method, the method of expert assessments, qualitative characteristics of the assessment

Как показывает анализ существующих методов и научных разработок в области совершенствования процедуры экспертизы проектной документации на строительство объектов нефтедобывающей отрасли, таким вопросам, как использование количественного показателя для проверки эффективности разрабатываемых организационно-технических мероприятий по обеспечению пожарной безопасности, практически не уделяется внимания [1–4]. Хотя очевидно, что проведение такой работы позволило бы снизить степень пожарной опасности, установить общие правила обеспечения пожарной и промышленной безопасности при строительстве объектов повышенной опасности, к которым относятся объекты нефтедобывающей отрасли [5–8].

Отсюда актуальной является разработка оценки проектируемых организационно-технических мероприятий из-за отсутствия методических рекомендаций, касающихся количественной оценки эффективности организационно-технических мероприятий по обеспечению пожарной безопасности.

Для анализа эффективности и качества организационно-технических меро-

приятий по обеспечению пожарной безопасности наибольшие возможности предоставляет подход к описанию поставленной цели, основанный на использовании метода структуризации целей, базирующегося на совмещении цели определения количественного показателя со структурой факторов, определяющих этот показатель.

В рамках такого подхода цель представляется в виде иерархической системы. Главная идея метода структуризации целей заключается в признании взаимосвязей и взаимозависимостей всех элементов в одной системе. В соответствии с этими теоретическими положениями оценка организационно-технических мероприятий рассматривается как обобщенный показатель, увязывающий и учитывающий взаимовлияние и воздействие всех составляющих мероприятий на конечную оценку.

Оценка организационно-технических мероприятий разрабатывается с точки зрения достаточности и качества выявленных организационных и технических мероприятий по обеспечению пожарной безопасности. При решении поставленной задачи в соответствии с методом структуризации целей, цель определения оценки совмещается со структурой факторов, определяющих эту величину. Основой методики

является выделение цели и определение уровня соответствия организационных и технических мероприятий требованиям пожарной безопасности, от которых зависит реализация поставленной цели.

Разработка методики состоит из следующих этапов:

Этап 1. На этом этапе производится формирование дерева целей (см. рис. 1). Для этого общая цель преобразовывается в совокупность качественных показателей, выражающих и определяющих структуру оценки организационно-технических мероприятий.



Рисунок 1. Декомпозиция задачи разработки оценки организационно-технических мероприятий по обеспечению пожарной безопасности в иерархию

На уровне 2 представлены три элемента (см. рис. 1), от которых зависит оценка организационно-технических мероприятий.

В практической деятельности при оценке организационно-технических мероприятий по обеспечению пожарной безопасности предприятий нефтедобывающей отрасли по методу экспертных оценок в качестве целей второго уровня принимаются следующие задачи:

1) прогнозирование исполнения разработанных организационно-технических мероприятий;

2) оценка величины удовлетворенности разработанных организационно-технических мероприятий требуемому уровню пожарной безопасности;

3) оценка эффективности организационно-технических мероприятий.

Уровень 3 представлен совокупностью критериев, от которых зависят элементы второго уровня и оценка организационно-технических мероприятий (см. таб. 1) [9].

Таблица 1
Элементы оценки организационно-технических мероприятий

Фактор	Критерии уровня 3
Организационные мероприятия	3.1.1 Разработка и внедрение 3.1.2 Организация и обеспечение
Технические мероприятия	3.2.1 Активная противопожарная защита 3.2.2 Пассивная противопожарная защита 3.2.3 Системы предотвращения возникновения пожара

Этап 2. С использованием механизма анализа иерархий фиксируется влияние каждого элемента второго уровня на оценку, т. е. на главную цель.

Для этого предлагается следующий алгоритм:

1. Формируется определенное количество матриц для попарного сравнения конкретного элемента нижнего уровня.

При этом каждому элементу, находящемуся на верхнем уровне, соответствует одна матрица (см. рис. 1).

Степень влияния на направляемый элемент нижних элементов определяется при попарном сопоставлении, и результат представляется в виде квадратной матрицы суждений (см. табл. 2).

Таблица 2
Квадратная матрица суждений

	β_1	...	β_n
β_1			5
...			
β_n	1/5		

Такие сопоставления производятся в терминах доминирования сопоставляемых элементов и формализуются в виде целых чисел.

При попарном сравнении элементов учитывается доминирующее положение одного элемента над другим. Для этого используется шкала, описанная в табл. 3 [10].

Таблица 3
Шкала интенсивности оценок

Интенсивность относительной важности	Определение	Объяснения
1	Равная важность	Равный вклад двух видов деятельности в цель
3	Умеренное превосходство над другим	Опыт и суждения дают легкое превосходство одному виду деятельности над другим
5	Существенное или сильное превосходство	Опыт и суждения дают сильное превосходство одному виду деятельности над другим
7	Значительное превосходство	Одному виду деятельности дается настолько сильное превосходство, что оно становится практически значительным
9	Очень сильное превосходство	Превосходство одного вида деятельности над другим подтверждается наиболее сильно
2, 4, 6, 8	Промежуточные решения между двумя соседними суждениями	Применяются в компромиссном случае

2. Определяется совокупная сумма собственных векторов каждой из матриц

всех уровней дерева целей. Для этого используется иерархический синтез весов

критериев при оценке собственных векторов матриц

3. Взвешивается и оценивается согласованность иерархии. Данная процедура проводится до получения приемлемого варианта.

После этого получается вектор β с компонентами β_j ($j=1,2,\dots,n_\beta$), характеризующий обоснованность целей второго уровня для решения главной задачи дерева целей. Ограничением является следующее условие:

$$\sum_{j=1}^{n_\beta} \beta_j = 1 \quad (1)$$

Этап 3. Сопоставление матриц сравнения, по которым определяется воздействие элементов на элемент, находящийся уровнем выше, дает возможность провести набор локальных приоритетов [10]. Для получения оценки вектора приоритета вычисляется множество векторов и результат нормализуется на единицу.

Чтобы вычислить вектор приоритета, используется алгоритм, представленный в табл. 4.

Таблица 4

Порядок вычисления вектора приоритетов

Матрица					Вычисление оценки компоненты собственного вектора по строкам	Оценка вектора приоритета
	A ₁	A ₂	...	A _n		
A ₁	a ₁₁	a ₁₂	...	a _{1n}	$\sqrt[n]{a_{11}a_{12} \dots a_{1n}} = a$	$\frac{a}{a + b + \dots + n} = x_1$
A ₂	a ₂₁	a ₂₂	...	a _{2n}	$\sqrt[n]{a_{21}a_{22} \dots a_{2n}} = b$	$\frac{b}{a + b + \dots + n} = x_2$
...
A _n	a _{n1}	a _{n2}	...	a _{nn}	$\sqrt[n]{a_{n1}a_{n2} \dots a_{nn}} = n$	$\frac{n}{a + b + \dots + n} = x_n$

Этап 4. На данном этапе для обобщения приоритетов используется принцип обобщения. Местные приоритеты умножаются на приоритет критерия верхнего уровня и суммируются для каждого элемента в соответствии с критериями, которым этот элемент назначается. Это дает общий или общий приоритет каждого элемента уровня 2, который затем используется для взвешивания местных приоритетов элементов по сравнению с ним в качестве критерия и уровней, расположенных ниже.

На этом этапе исследуется вся сумма экспертных мнений по оценке организационно-технических решений для обеспечения пожарной безопасности. В качестве экспертов для определения оценки организационно-технических мероприятий целесообразно включать тех специали-

стов, которые, как непосредственно участвуют в экспертизе проектной документации, так и являются специалистами в области пожарного надзора за эксплуатацией объекта.

Оценка организационно-технических решений устанавливается по предложенной автором модификации метода решающих матриц [10]. Суть метода решающих матриц состоит в том, что с его помощью можно последовательно установить взаимозависимость между мероприятиями и количественной и качественной их оценкой.

Предложенная автором модификация метода решающих матриц состоит в следующем: формируется перечень ϕ (вектор с компонентами ϕ_i , $i=1,2,\dots,n_\phi$) – перечень экспертных мнений по достаточности и качеству разрабатываемых меро-

приятий, от которых зависят подцели второго уровня и которые сгруппированы по

организационным и техническим признакам. Результаты этой процедуры представляются в виде табл. 5

Таблица 5
Матрица отображения достаточности организационно-технических мероприятий для реализации подцелей второго уровня

Мероприятия	1	2	3
1 (3.1.1)	$a_{11}^{\varphi} \cdot \mu_{11}^{\varphi}$	$a_{12}^{\varphi} \cdot \mu_{12}^{\varphi}$	$a_{13}^{\varphi} \cdot \mu_{13}^{\varphi}$
2 (3.1.2)	$a_{21}^{\varphi} \cdot \mu_{21}^{\varphi}$	$a_{22}^{\varphi} \cdot \mu_{22}^{\varphi}$	$a_{23}^{\varphi} \cdot \mu_{23}^{\varphi}$
3 (3.2.1)	$a_{31}^{\varphi} \cdot \mu_{31}^{\varphi}$	$a_{32}^{\varphi} \cdot \mu_{32}^{\varphi}$	$a_{33}^{\varphi} \cdot \mu_{33}^{\varphi}$
4 (3.2.2)	$a_{41}^{\varphi} \cdot \mu_{41}^{\varphi}$	$a_{42}^{\varphi} \cdot \mu_{42}^{\varphi}$	$a_{43}^{\varphi} \cdot \mu_{43}^{\varphi}$
5 (3.2.3)	$a_{51}^{\varphi} \cdot \mu_{51}^{\varphi}$	$a_{52}^{\varphi} \cdot \mu_{52}^{\varphi}$	$a_{53}^{\varphi} \cdot \mu_{53}^{\varphi}$

Составляющими вектора φ являются следующие элементы:

Элемент a_{ij}^{φ} – это положительное число, показывающее относительное значение каждого элемента номера i для цели номера j . Величина этого показателя нормируется:

$$\sum_{i=1}^{n_{\varphi}} a_{ij}^{\varphi} = 1 \quad (2)$$

Элемент μ_{ij}^{φ} – это оценка качества элемента i для достижения подцели j , $0 \leq \mu_{ij}^{\varphi} \leq 1$, для выставления оценок рекомендуется использовать шкалу качественных оценок (см. табл. 6 [11]).

Таблица 6
Шкала качественных оценок

Значение оценки	Качественная характеристика
1.00	Лучшее
0.80...1.00	Отличное
0.63...0.80	Хорошее
0.53...0.63	Удовлетворительное
0.37...0.53	Неудовлетворительное, нуждающееся в улучшении
0.20...0.37	Критическое
0.00..0.20	Абсолютно неприемлемое

Элемент σ^{φ} – оценка достаточности всей совокупности мероприятий для достижения требуемой эффективности.

$$\varphi_i = \sigma^{\varphi} \cdot \sum_{i=1}^{n_{\varphi}} a_{ij}^{\varphi} \mu_{ij}^{\varphi} \beta_j, \quad (3)$$

где σ^{φ} – оценка достаточности всей совокупности мероприятий для достижения требуемой эффективности;

a_{ij}^{φ} – число, показывающее относительное значение каждого элемента номера i для подцели номера j ;

μ_{ij}^{φ} – оценка качества функции i для достижения подцели j ;

β_j – оценка, характеризующая обоснованность целей второго уровня для решения главной задачи дерева целей.

Приведенная зависимость дает отображение множества организационно-технических мероприятий на множество подцелей нижнего уровня для решения

главной задачи дерева целей, по оценке организационно-технических мероприятий.

Этап 5. Заключительный этап, на котором оценивается эффективность организационно-технических мероприятий посредством предлагаемой авторами аддитивной свертки вектора φ :

$$K = \sum_{i=1}^{n_{\varphi}} \varphi_i, \quad (4)$$

где φ_i – перечень экспертных мнений по достаточности и качеству разрабатываемых мероприятий.

Для получения окончательной качественной характеристики оценки организационно-технических мероприятий предлагается использование приведенной шкалы качественных оценок (см. табл. 6 [10]).

Измерение и оценка организационно-технических мероприятий по обеспечению пожарной безопасности позволяют активно воздействовать на процессы проектирования объектов и тенденции их развития; устанавливать направления изменений проектных решений для достижения необходимого варианта; принимать решения об изменениях и прогнозировать их воздействие на ключевые параметры; выявлять наиболее важные факторы, влияющие на правильность принятия проектных решений роста; отслеживать и корректировать проектируемые мероприятия; а также планировать дальнейшее совершенствование процесса разработки проектной документации.

Литература

1. Мухаметзянов Н. З., Султанов Р. М. Анализ системы экспертизы проектной документации по обеспечению пожарной безопасности объектов строительства // Нефтегазовое дело. 2022. № 5. С. 21–38.
2. Шаров И. Н. Эффективность оценки соответствия требованиям пожарной безопасности в форме федерального государственного пожарного надзора: дис. ... канд. техн. наук. М., 2013. 256 с.
3. Трунева В. А. Совершенствование методов определения расчетных величин пожарного риска для производственных зданий и сооружений нефтегазовой отрасли: дис. ... канд. техн. наук. М., 2015. 175 с.
4. Мухаметзянов З. Р., Олейник П. П. Формирование организационно-технологических решений при строительстве отраслевых комплексов // Промышленное и гражданское строительство. 2019. № 11. С. 35–41.
5. О промышленной безопасности опасных производственных объектов: федер. закон № 116-ФЗ: принят Государственной Думой 20 июня 1997 г. М., 1997.
6. О техническом регулировании: федер. закон от 27 декабря 2002 г. № 184-ФЗ. URL: <http://base.consultant.ru>.
7. Рудченко Г. И. Совершенствование способов и методов обеспечения пожарной безопасности при проектировании и эксплуатации дошкольных образовательных учреждений: дис. ... канд. техн. наук. Волгоград, 2013. 184 с.
8. Нгуен С. Х. Обоснование противопожарных требований к конструкциям и объемно-планировочным решениям подземных автостоянок в многоэтажных зданиях Вьетнама: дис. ... канд. техн. наук. М., 2012. 170 с.
9. Мухаметзянов Н. З., Хафизов Ф. Ш. Классификация параметров организационно-технических мероприятий по обеспечению пожарной безопасности объектов нефтяной промышленности // Нефтегазовое дело. 2022. № 5. С. 39–54.
10. Моисеев Н. Н. Математические задачи системного анализа. М., 1981.
11. Саати Т., Кернс К. Аналитическое планирование. Организация систем. М., 1991.

References

1. Mukhametzyanov N. Z., Sultanov R. M. Analiz sistemy ekspertizy proektnoi dokumentatsii po obespecheniyu pozharnoi bezopasnosti ob"ektov stroitel'stva // Neftegazovoe delo. 2022. № 5. S. 21–38.
2. Sharov I. N. Effektivnost' otsenki sootvetstviya trebovaniyam pozharnoi bezopasnosti v forme federal'nogo gosudarstvennogo pozharnogo: dissertatsiya na soiskanie uchenoi stepeni kandidata tekhnicheskikh nauk. M., 2013. 256 s.
3. Truneva V. A. Sovershenstvovanie metodov opredeleniya raschetnykh velichin pozharnogo riska dlya proizvodstvennykh zdaniy i sooruzhenii neftegazovoi otrasli: dissertatsiya na soiskanie uchenoi stepeni kandidata tekhnicheskikh nauk. M., 2015. 175 s.
4. Mukhametzyanov Z. R., Oleinik P. P. Formirovanie organizatsionno-tekhnologicheskikh reshenii pri stroitel'stve otraslevykh kompleksov // Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo. 2019. № 11. S. 35–41.

5. Rossiiskaya Federatsiya. Zakony: Federal'nyi zakon N 116-FZ «O promyshlennoi bezopasnosti opasnykh proizvodstvennykh ob"ektov»: [prinyat Gosudarstvennoi Dumoi 20 iyunya 1997 g.]. M., 1997.
6. Federal'nyi zakon ot 27 dekabrya 2002 g. № 184-FZ «O tekhnicheskome regulirovanii». URL: <http://base.consultant.ru>.
7. Rudchenko G. I. Sovershenstvovanie sposobov i metodov obespecheniya pozharnoi bezopasnosti pri proektirovanii i ekspluatatsii doskol'nykh obrazovatel'nykh uchrezhdenii: dissertatsiya na soiskanie uchenoi stepeni kandidata tekhnicheskikh nauk. Volgograd, 2013. 184 s.
8. Nguen S. Kh. Obosnovanie protivopozharnykh trebovaniy k konstruktsiyam i ob"emno-planirovochnym resheniyam podzemnykh avtostoyanok v mnogoetazhnykh zdaniyakh V'etnama: dissertatsiya na soiskanie uchenoi stepeni kandidata tekhnicheskikh nauk. M., 2012. 170 s.
9. Mukhametzyanov N. Z., Khafizov F. Sh. Klassifikatsiya parametrov organizatsionno-tekhnicheskikh meropriyatii po obespecheniyu pozharnoi bezopasnosti ob"ektov neftyanoi promyshlennosti // Neftegazovoe delo. 2022. № 5. S. 39–54.
10. Saati T., Kerns K. Analiticheskoe planirovanie. Organizatsiya sistem. M., 1991.
11. Moiseev N. N. Matematicheskie zadachi sistemnogo analiza. M., 1981.

БЕЗОПАСНОСТЬ В ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ

УДК 614.8.086.5; 681.572

myrnik@yandex.ru

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РОБОТОТЕХНИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ ПРИ БОРЬБЕ С ПОЖАРАМИ НА РАДИАЦИОННО ОПАСНЫХ ОБЪЕКТАХ: ОБОБЩЕНИЕ ОПЫТА, ПРОБЛЕМЫ И ПУТИ РЕШЕНИЯ**USE OF ROBOTIC COMPLEXES IN FIGHTING FIRES AT RADIATION HAZARDOUS OBJECTS: GENERALIZATION OF EXPERIENCE, PROBLEMS AND THEIR SOLUTIONS***Вишняков А. В.¹, кандидат биологических наук, доцент**Мураев Н. П.¹, кандидат педагогических наук, доцент**Логинов В. В.¹, кандидат технических наук, доцент**Дьяков К. В.²,**¹Уральский институт ГПС МЧС России, Екатеринбург**²Специализированная пожарно-спасательная часть ФПС ГПС**Главного управления МЧС России по Свердловской области, Екатеринбург**Vishnyakov A., Muraev N., Loginov V., Dyakov K.**¹The Ural Institute of State Firefighting Service EMERCOM of Russia, Yekaterinburg**²Specialized fire and rescue unit of the Federal Fire Service of the State Fire Service of the Main Directorate of the EMERCOM of Russia, for the Sverdlovsk Region, Yekaterinburg*

Наличие на территории Российской Федерации значительного числа радиационно опасных объектов всегда предполагало возникновение на них различных чрезвычайных ситуаций, в том числе и сопровождающихся пожарами. Настоящее положение несмотря на предпринимаемые усилия компетентных структур разного уровня продолжает оставаться актуальным и в настоящее время. При этом пожар на указанных объектах является фактором, дополнительно усугубляющим масштаб техногенного происшествия за счет увеличения зоны радиоактивного заражения как следствие разноса радиоактивных частиц имеющими место термическими потоками воздуха. В этом случае при борьбе с огнем на радиационно опасных объектах будет иметь место значительный риск переоблучения лиц, участвующих в ликвидации радиационной аварии, вплоть до возникновения у них лучевой болезни различной степени. Указанное обстоятельство определяет использование в рассматриваемом случае различных робототехнических комплексов, позволяющих полностью исключить или свести к минимуму нахождение людей в опасной для жизни и здоровья зоне. В то же время применение подобных технических средств в силу объективных причин, в частности, негативного влияния радиации на конструкционные материалы данных комплексов предполагает предъявление к ним определенных требований. В настоящей статье авторами был проведен анализ различных технических средств с точки зрения возможности их применения для тушения пожаров на радиационно опасных объектах и прилегающих к ним территориям.

Ключевые слова: борьба с пожарами, ионизирующее излучение, отказ техники, радиационно опасный объект, дистанционное управление, робототехнический комплекс

The presence on the territory of the Russian Federation of a significant number of radiation-hazardous objects has always meant the occurrence of various emergency situations on them, including those accompanied by fires. This provision, despite the efforts made by the competent structures of various levels, continues to be relevant at the present time. At the same time, a fire at these facilities is a factor that further aggravates the scale of a man-made incident due to an increase in the zone of radioactive contamination as a result of the spread of radioactive particles by the thermal air currents that take place. In this case, when fighting fire at radiation-hazardous objects, there will be a significant risk of overexposure of persons participating in the liquidation of a radiation accident, up to the occurrence of radiation sickness of varying degrees. This circumstance determines the use in the case under consideration of various robotic systems that allow you to completely exclude or minimize the presence of people in a zone dangerous to life and health. At the same time, the use of such technical means due to objective reasons, in particular, the negative effect of radiation on the structural materials of these complexes, implies the presentation of certain requirements to them. In this article, the authors analyzed various technical means from the point of view of the possibility of their use for extinguishing fires at radiation-hazardous objects and territories adjacent to them.

Keywords: fire fighting, ionizing radiation, equipment failure, radiation hazardous object, remote control, robotic complex

В настоящее время на территории нашей страны без учета объектов Минобороны России функционирует более 70 организаций, эксплуатирующих радиационно опасные объекты (далее – РОО), включая регионы с высокими демографическими показателями [1]. Указанное обстоятельство подтверждает актуальность вопросов, решение которых направлено на преодоление радиационной опасности, при этом проявление опасных факторов стало приобретать новые формы и условия их реализации [2, 3, 4].

Среди особенностей радиационных аварий и катастроф также можно выделить быстрое распространение опасных факторов на значительное расстояние, определяющее необходимость незамедлительного проведения всего комплекса мероприятий по ликвидации их последствий или снижения проявления данных факторов до какого-либо приемлемого уровня. Статистические материалы по авариям на РОО указывают на то, что в большинстве случаев подобные происшествия сопровождаются пожарами. При этом пожар является при-

чиной возникновения термических потоков воздуха (термиков), содержащих различные радионуклиды, что способствует распространению воздушными массами радиоактивных веществ, высвободившихся при аварии, на значительные расстояния, приводя к возникновению угрозы для жизни и здоровья людей, а также к колоссальному ущербу экологии и экономике [2]. Только справившись с открытым огнем, становится возможным проводить дезактивацию очага радиоактивного заражения и целый ряд иных мер. Важно отметить, что сами источники ионизирующего излучения (далее – ИИ) способны вызывать у людей различные степени лучевой болезни, включая крайне тяжелую, даже находясь на достаточном удалении от них и при малом времени воздействия.

Таким образом, применение робототехнических комплексов (далее – РТК), в том числе и предназначенных для пожаротушения и позволяющих исключить нахождение людей в опасной зоне, является значимой и перспективной составляющей комплекса мер по ликвидации аварий на РОО [5].

В связи с этим целью исследования, отраженного в настоящей статье, стало изучение возможности использования в зонах радиоактивного заражения (далее – ЗРЗ) имеющихся в МЧС России отдельных моделей РТК, предназначенных для пожаротушения. Для достижения поставленной цели в качестве первой целевой задачи было определено рассмотрение опасности радиационного характера от источников ИИ в ЗРЗ для РТК, а в качестве второй – анализ технических возможностей, преимуществ и недостатков некоторых образцов РТК выбранной номенклатуры. Решение указанных задач стало возможным, опираясь на ряд положений:

1. Использование противопожарных РТК в рассматриваемых ситуациях позволяет полностью исключить опасное воздействие радиации на людей, принимающих участие в ликвидации аварии радиационного характера, т. е. в этом случае рассмотрению подлежит только опасность негативного воздействия ИИ на технику, приводящая к ее отказу.

2. Невозможность выполнения поставленной задачи по пожаротушению может быть обусловлена двумя причинами. Первая из них определяется тем, что ИИ могут воспрепятствовать поступлению на приемное устройство РТК радиосигнала, посылаемого с командного пункта, и передаче видеоизображения от РТК на командный пункт для осуществления адекватного управления данным комплексом. Вторую причину можно представить как выход из строя элементной базы системы управления комплексом.

3. Отказ системы управления противопожарных РТК не происходит в первый момент действия ИИ на комплекс, но обязательно наступает по мере накопления факторов, определяющих выход из строя этой системы. Скорость проявления неисправности (наступление события отказа) происходит прямо пропорционально длительности воздействия и мощности источника ИИ на РТК при его работе на зараженной территории.

4. Действие ИИ на РТК следует рассматривать в его максимальном негативном проявлении. К примеру, мощность источников гамма-излучения принимается равной 30 МэВ, также в этом случае действует условие, что ИИ при распространении в направлении РТК не встречают на своем пути каких-либо преград и т. д.

При решении первой задачи, зная, что ИИ имеют разную природу, представляется необходимым рассмотреть негативное воздействие на противопожарные РТК как корпускулярного излучения, так и излучения волнового характера.

При оценке потоков частиц, двигающихся в воздухе, альфа-частицы в случае их максимально регистрируемой скорости, а именно 25000 км/с, способны преодолевать расстояние менее 20 см. Двигаясь с максимальной скоростью в воздухе, равной 298000 км/с, бета-частицы проходят путь, не превышающий 1 метр. Если же, рассматривая ИИ корпускулярного свойства, говорить о нейтронах, то наибольшую длину свободного пробега имеют частицы, относящиеся к энергетической группе быстрых нейтронов, обладающих энергией от 500 КэВ до 20 МэВ, и эта длина не будет превышать 120 метров, т. е., согласно современным знаниям из этой области, будет максимальным свободным пробегом для ИИ, сформированных частицами. Это в первую очередь объясняется тем, что поперечное сечение ядер в миллионы раз меньше сечения атомов, т. е. пробег (проникающая способность) нейтронов значительно больше соответствующих характеристик заряженных частиц, передающих свою энергию прежде всего электронам облучаемой среды.

В то же время, благодаря отсутствию заряда, нейтроны не взаимодействуют с электронами, т. е. эти нуклоны, проходя через вещество, непосредственно не ионизируют атомы и молекулы, как заряженные частицы. Вместе с тем все же в отдельных случаях представляется возможным упомянуть, что при этом взаимодействии бу-

дет происходить смещение атомов из положения равновесия как следствие упругого взаимодействия быстрых нейтронов с ядром, при котором осуществляется передача ядру части кинетической энергии. Однако в подавляющем большинстве данных событий скорость смещенного в результате столкновения атома будет меньше скорости орбитальных электронов, что не приводит атом к ионизации [6].

Таким образом, если говорить о технике, то негативное воздействие от нейтронов на конструкционные материалы РТК практически равно нулю.

При рассмотрении действия радиоактивных частиц на элементную базу следует подчеркнуть, что негативное воздействие может проявляться на полимерных диэлектриках из состава изделий электронной техники, входящих в систему управления. В этом случае имеет место образование заряженных частиц в объеме материала. При этом концентрация носителей заряда в облучаемом полимере резко возрастает, что приводит к появлению радиационной электропроводности, выводящей из строя изделия электронной техники. Активные работы по предупреждению подобных отказов стали проводиться еще в 1970–1980-х годах, и в настоящее время специалистами были предложены определенные технические решения, позволяющие предупредить возникновение радиационной электропроводности, вызванной воздействием быстрых нейтронов в защищенной элементной базе [7–10].

То же можно и сказать и про воздействие нейтронного излучения на принимаемый РТК радиосигнал и передачу от данного комплекса на командный пункт видеосигнала, т. е. негативным действием нейтронного излучения здесь также можно пренебречь.

Последнее в полной мере относится и к иным ИИ, имеющим корпускулярный характер, таким как альфа и бета-излучения.

Если же рассматривать воздействие на противопожарные РТК ИИ волнового характера, то в этом случае будет иметь место обратная картина. Так, гамма-излучение полностью блокирует прохождение радиосигнала, оптимального по своей частоте для передачи информации, обеспечивающей устойчивое управление РТК.

Кроме того, указанный вид ИИ приводит к выходу из строя деталей элементной базы системы управления комплексом, т.к. при этом происходит либо накопление заряда, на полупроводниковых материалах, где этого не должно быть, либо, наоборот, стекание заряда. Кроме того, при воздействии гамма-излучения, когда, в частности, энергия излучения расходуется на смещение атомов облучаемого вещества, имеют место возникновение структурных дефектов решетки у керамических материалов и, как следствие, деградация их свойств. Технические решения по предотвращению этого явления в настоящее время, к сожалению, далеки от совершенства и позволяют лишь отсрочить наступление такого события, как отказ полупроводников.

Проблема защиты изделий электронной техники от воздействия радиации особо остро встала перед наукой и техникой в ходе ликвидации последствий Чернобыльской катастрофы, где имело место первое научно обоснованное использование РТК (рис. 1) [11–14]. К сожалению, эта проблема в полном объеме не решена и в настоящее время. То же в полной мере относится и к зарубежным исследованиям в указанной сфере.



Рисунок 1. Телеуправляемый робот СТР-1 за работой по удалению радиоактивного графита на крыше машинного зала четвёртого энергоблока ЧАЭС (фото из открытых источников)

Так, обращаясь к различным видам ИИ, можно говорить, что наибольшую опасность в рассматриваемом техногенном происшествии будут иметь излучения волновой природы, в частности гамма-излучение. Гамма-излучение – это коротковолновое электромагнитное излучение с длиной волны менее 1 нм, что соответствует энергии фотона около 1 кэВ. Последнее может объяснить проявление у указанного вида ИИ отдельных корпускулярных свойств.

Гамма-лучи вне земной атмосферы могут распространяться на астрономические расстояния, в пределах атмосферы Земли расстояние, которое данные лучи могут преодолеть, составляет несколько километров. Учитывая опыт ликвидации последствий аварии на Чернобыльской АЭС, когда в зоне аварийных работ, выполняемых на высотах до 100 метров, имело место наличие мощных источников гамма-излучения, стоит отметить, что дальность опасного для рассматриваемых технических средств действия этого вида излучения с гарантированным выходом из строя их системы управления не превышала 50 метров. Несмотря на то, что радиационная катастрофа на японской АЭС «Фукусима-1» произошла почти на 25 лет

позднее Чернобыльской и развитие полупроводниковой техники за этот период было значительным, но при воздействии источников гамма-излучения мощностью 30 МэВ, РТК, находящиеся на расстоянии менее 50 метров от указанных источников, гарантированно выходили из строя в течение времени от нескольких десятков минут до нескольких суток. Последнее обстоятельство в полной мере не может устраивать ни заказчиков, ни разработчиков РТК, относящихся к дорогостоящим изделиям.

Указанный показатель – 50 метров в полной мере можно отнести к условию устойчивой работы устройств передачи и получения радио- и видеосигнала из состава противопожарных РТК.

Таким образом, обращаясь ко второй целевой задаче, при рассмотрении имеющихся в МЧС России образцов РТК, предназначенных для пожаротушения, можно заключить, что основным критерием оценки указанных технических средств стала возможность тушения ими огня в ЗРЗ на расстоянии не менее чем 50 метров до источника ИИ.

Обобщение и анализ материалов, связанных с чернобыльским опытом примене-

ния РТК, свидетельствуют о том, что большая часть использовавшихся в тех условиях комплексов по своим техническим возможностям не отвечала поставленным задачам по целому ряду таких критериев, как, например, управляемость, надежность, стойкость к воздействию негативных разрушительных факторов и т. д. Если рассматривать эффективность лучших РТК, с помощью которых проводились специальные работы в зоне ЧАЭС, то этот важный показатель по вероятности выполнения операций не достиг значения 0,6 [15].

Использовавшаяся в последующие годы робототехника при ликвидации различных чрезвычайных ситуаций показала более высокую эффективность за счет повышенной оперативно-технической подготовленности и улучшенных ГТХ, в первую очередь мобильности и надежности. Эффективность применения РТК при ликвидации радиационной аварии в г. Сарове по вероятности выполнения задачи составила уже около 0,7 [16], что можно понимать как достаточно значимое достижение в развитии рассматриваемой номенклатуры технических средств.

Разработанные в середине 90-х гг. XX в. отечественные РТК и поступившие на оснащение аварийно-спасательных подразделений МЧС России зарубежные изделия хотя и имели по сравнению с РТК первого поколения заметные преимущества по ряду свойств (мобильность, надежность, дальность управления, автономность), но в целом не полностью соответствовали требованиям ведения аварийно-восстановительных и других работ в условиях ЧС. Указанное несоответствие, исходя из опыта применения РТК, сводилось к следующему:

недостаточная мобильность в зонах ЧС, обусловленная ограниченными проходимостью и скоростью маневрирования и, что немаловажно, дефицитом видеоинформации о месте и процессе работ;

недостаточная производительность из-за низкой скорости поиска источников

ЧС, отсутствия необходимого для данной ситуации технологического оснащения (рабочего оборудования, измерительного инструмента, выносных телекамер высокой четкости и др.);

недостаточная надежность по причине нестойкости к воздействию ионизирующих излучений телекамер и других элементов систем управления, а также относительно низкого уровня безотказности роботов в целом.

В целом опыт применения наземных РТК в рассмотренных случаях и возможность их использования в различных чрезвычайных ситуациях и опасных зонах свидетельствуют о потребности в мобильных робототехнических комплексах всех классов и типов [15].

Так в рамках решения задачи по пожаротушению в ЗРЗ были созданы и находят применение такие противопожарные РТК, как МРУП 112 ВР, «ЕЛЬ-4», «ЕЛЬ-10» и многие другие, но в настоящей статье авторами будут оценены только указанные. Все эти изделия являются средствами разных классов, поэтому в представляемом исследовании в интересах объективности не рассматриваются отдельные технические характеристики, имеющие значительное расхождение в цифровых показателях, например, объем возимого запаса воды для тушения пожара или использование воды из внешних источников, наличие или отсутствие инженерного вооружения и т. д. Определяющим критерием оценки возможности применения РТК при борьбе с пожарами в ЗРЗ, как уже было указано ранее, будет приниматься такой показатель, как дальность действия водяной пушки при подаче воды и пены.

В качестве первого образца будет рассматриваться мобильная радиоуправляемая установка пожаротушения МРУП 112 ВР (рис. 2). Этот РТК представляет собой самоходное транспортное средство и содержит установленные на ходовую часть корпус, на котором смонтированы бортовая система дистанционного управления

и радиотелеметрии, система пожаротушения, бортовая система видеонаблюдения,

а также лафетный пожарный ствол с дистанционным управлением.



Рисунок 2. Мобильная радиоуправляемая установка пожаротушения МРУП 112 ВР (фото авторов и фото из открытых источников)

Видеосистема данного РТК имеет в своем составе две водонепроницаемые телекамеры высокого разрешения с инфракрасной подсветкой. Установка дистанционно управляется с расстояния более 200 метров.

Данное техническое средство при пожаротушении может использовать водяную струю на дальности в 45, а пенную – на 15 метров. Малые габариты (длина – 85, а высота – 59 см) позволяют применять данный РТК, по утверждению разработчиков, в труднодоступных местах.

В то же время данный РТК имеет целый ряд недостатков, обнаруженных при практической работе с изделием специалистами Специализированной пожарно-спасательной части ФПС ГПС Главного управления МЧС России по Свердловской области.

Так, МРУП 112 ВР имеет в своей конструкции башню-надстройку над корпусом, выполненную из пластика. Данная надстройка является базой для лафетного ствола, формирующего струю воды или пены, кроме того, во внутреннем объеме надстройки размещаются провода электро-

проводки, передающей сигнал для управления гидравлической системой и видеокамерами РТК.

Воздействие высоких температур в условиях пожара, по мнению специалистов, может привести к деструкции пластика, что приведет к разрушению указанной надстройки, обуславливающей невозможность проведения пожаротушения и потерю управления установкой.

Кроме того, ходовая часть МРУП 112 ВР имеет колесное исполнение, что также негативно сказывается на маневренности установки. Так, к примеру, РТК не может преодолеть подъем даже в две ступеньки. При этом установка позиционируется разработчиками как устройство, способное действовать именно в труднодоступных местах, что в полной мере коррелируется с ее габаритными размерами. Помимо этого, РТК не может устойчиво двигаться в условиях пересеченной местности или вязкого грунта, например, при распутице. Также установка не может устойчиво передвигаться и при работе с более чем двумя рукавами диаметром 66 мм.

Продолжая рассматривать недостатки РТК МРУП 112 ВР, стоит отметить,

конструкционные материалы, из которых изготовлена червячная передача, посредством которой осуществляется движение башни-надстройки с лафетным стволом, имеют ненадлежащее качество. Указанная передача практически сразу после начала эксплуатации вышла из строя по причине разрушения штифта крепления червяка.

Кроме этого, РТК имеет достаточно сложное управление (рис. 3). Выполняя

действия с джойстиком управления лафетом при подаче струи, одновременно оператору при осуществлении перемещения установки также приходится работать еще двумя дополнительными джойстиками, т. к. повороты РТК в ходе его движения осуществляются при работе двух электродвигателей, передающих усилия на две полуоси с левой и правой сторон корпуса.



Рисунок 3. Пульта управления радиоуправляемой установки пожаротушения МРУП 112 ВР (фото авторов)

Помимо этого, две видеокамеры РТК расположены на одном уровне, разнесение этих устройств на разные уровни могло бы существенно повысить обзор для оператора при управлении устройством. Также отмечается проблемная составляющая транспортировки установки к месту пожара.

Рассматривая критерий оценки работы в условиях ЗРЗ с мощными источниками ИИ, определяемый как возможность пожаротушения при удалении 50 метров и выше от этих источников, то возвращаясь к техническим характеристикам данной

установки, можно с высокой долей вероятности предположить, что при воздействии источника мощностью 30 МэВ за счет утраты сигналов управления, а также деструкции материала башни-надстройки с последствиями, описанными выше, установка проводить пожаротушение не сможет.

Противопожарный РТК «ЕЛЬ-4» (рис. 4) является комплексом пожаротушения среднего класса. Комплекс предназначен для разведки, разборки завалов, спасательных работ и тушения огня в условиях

современных техногенных аварий, которые в том числе могут сопровождаться повышенным уровнем радиации.



Рисунок 4. Робототехнический комплекс «ЕЛЬ-4» при тушении лесного пожара (фото из открытых источников)

В качестве инженерного вооружения у РТК применяется комбинированный бульдозерный нож с гидравлическим схватом и трехзвенная рука-манипулятор, которая смонтирована в передней части комплекса. Важно отметить, что при проектировании данного манипулятора был предложен ряд новых конструкторских, не имеющих аналогов решений, позволяющих более функционально действовать указанным приспособлением.

Управление РТК выполняется по радиосигналу на расстоянии до 2000 м. Это расстояние из опыта работ в данном направлении считается оптимальным и достаточным при тушении пожаров. Дальность действия водяной пушки при подаче на пламя воды составляет 70, а пены – 50 метров.

Противопожарный РТК «ЕЛЬ-10» (рис. 5) также, как и ранее указанные комплексы, предназначен для работы в зонах повышенной опасности.

Комплекс выполняет разведку, разборку завалов, спасательные работы и, в частности, тушение огня в условиях радиационного заражения местности. Управление РТК реализуется с помощью радиосигнала от машины управления, которая может находиться на удалении от данного комплекса до 1500 м. Дальность действия водяной пушки при подаче на пламя воды составляет 90, а пены 70 метров.

Успешное применение комплексов «ЕЛЬ-4» и «ЕЛЬ-10» имело место при борьбе с крупными пожарами в санитарно-защитной зоне Российского федерального ядерного центра – Всероссийского научно-исследовательского института экспериментальной физики (г. Саров) [17], входящего в Перечень организаций, эксплуатирующих особо радиационно опасные и ядерно опасные производства и объекты [1].

Таким образом, из анализа представленной технической информации следует,

что РТК «ЕЛЬ-4» и «ЕЛЬ-10» в полной мере могут быть использованы как средства пожаротушения при авариях на РОО, приведших к образованию ЗРЗ с присутствием на ней мощных источников ИИ.

В то же время технические решения, реализованные на установке пожаротушения МРУП 112 ВР, ставят под сомнение возможность ее использования в ЗРЗ, образованной мощными источниками гамма-излучения.



*Рисунок 5. Робототехнический комплекс «ЕЛЬ-10»
(фото из открытых источников)*

Для решения проблемы, связанной с возможностью использования РТК МРУП 112 ВР при пожаротушении в ЗРЗ следует пересмотреть ее конструкцию с заменой отдельных конструкционных материалов, используемых при производстве указанного технического средства пожаротушения.

В заключении представляется возможным сделать следующие выводы:

1. В настоящее время в силу объективных причин на территории Российской Федерации сохраняются достаточно высокие риски возникновения радиационных аварий и катастроф. Подобные аварии и катастрофы с высокой вероятностью могут сопровождаться пожарами, при этом приступать к реализации целого ряда мероприятий по ликвидации последствий данных чрезвычайных ситуаций представляется возможным только после завершения пожаротушения.

2. Применение робототехнических комплексов при борьбе с огнем в зонах радиоактивного заражения позволяет полностью исключить негативное воздействие радиации на сотрудников МЧС России, участвующих в пожаротушении в указанных зонах.

3. Противопожарные робототехнические комплексы, являясь эффективными средствами пожаротушения, при определенных условиях и обстоятельствах могут не выполнить поставленные задачи в случае выхода из строя устройств передачи и получения радио- и видеосигнала, а также полупроводниковых деталей, входящих в систему управления данных комплексов. С целью исключения отказов эксплуатация робототехнических комплексов возможна только на определенном удалении от мощных источников ионизирующих излучений.

4. В настоящее время в распоряжении специализированных частей МЧС России имеются технические средства, способные эффективно бороться с огнём в зонах радиоактивного заражения, данным изделям, в частности, относятся комплексы

«ЕЛЬ-4» и «ЕЛЬ-10». Мобильная радиоуправляемая установка пожаротушения МРУП 112 ВР нуждается в определённых конструктивных доработках, в полной мере учитывающих опасности, исходящие от мощных источников ионизирующих излучений.

Литература

1. Перечень организаций, эксплуатирующих особо радиационно опасные и ядерно опасные производства и объекты (с изм. на 24 июня 2022 г.), утв. Распоряжением Правительства Российской Федерации от 14.09.2009 № 1311-р.
2. Владимиров В. А., Измалков В. И., Измалков А. В. Радиационная и химическая безопасность населения. М., 2005. 544 с.
3. Вишняков А. В., Мураев Н. П. Отдельные вопросы в области радиационной безопасности, решаемые в ходе исследований в Уральском институте ГПС МЧС России // Сб. материалов XVII Междунар. науч.-практ. конф. «Пожарная и аварийная безопасность». Иваново, 2022. С. 684–688.
4. РБК: Минобороны привело силы в готовность из-за «провокации с «грязной бомбой». URL: <https://www.rbc.ru/politics/24/10/2022/635673a49a79475581b62249> (дата обращения: 29.12.2022).
5. Логинов В. В. и др. Формирование перспективного технического облика робототехники, предназначенной для проведения аварийно-спасательных работ // Техносферная безопасность. 2022. № 4. С. 153–160.
6. Коршунов Ф. П., Богатырев Ю. В., Вавилов В. А. Воздействие радиации на интегральные микросхемы. Минск, 1986. 234 с.
7. Сидоров Н. Н., Князев В. К. Радиационная стойкость материалов радиотехнических конструкций. М., 1986. 590 с.
8. Безродных И. П., Тютнев А. П., Семенов В. Т. Радиационные эффекты в космосе. Ч. 3. Влияние ионизирующего излучения на изделия электронной техники. М., 2017. 64 с.
9. Вологдин Э. Н., Лысенко А. П. Радиационные эффекты в некоторых классах полупроводниковых приборов. М., 2001. 70 с.
10. Харламов М. С. и др. Деградиационные процессы устройств микросистемной техники // Ракетно-космическое приборостроение и информационные системы. 2018. № 3. С. 87–96.
11. Горбань Ю. И., Синельникова Е. А. Автоматические установки пожаротушения на базе роботизированных пожарных комплексов АУП РПК для защиты машинных залов АЭС, ТЭЦ и ГЭС // Пожарная безопасность. 2012. № 3. С. 136–142.
12. Шишкин П. Л., Вишняков А. В., Иванов Е. В. Опыт применения группировки сил гражданской обороны в ходе противоаварийных учений на Белоярской АЭС. Использование материалов учений в образовательном процессе // Техносферная безопасность. 2016. № 4. С. 3–10.
13. Сарипов И. М., Носков С. С. Применение робототехнических средств при ликвидации последствий аварии на Чернобыльской АЭС // Применение робототехнических комплексов специального назначения: сборник трудов XXVIII Междунар. науч.-практ. конф. «Предотвращение. Спасение. Помощь». Новгород, 2018. С. 80–87.
14. Шобохов М. В., Гудошников А. А. Применение робототехнических комплексов при ликвидации чрезвычайных ситуаций на атомных электростанциях // Применение робототехнических комплексов специального назначения: сборник трудов XXXII Междунар. науч.-практ. конф. «Предотвращение. Спасение. Помощь». Новгород, 2022. С. 182–185.
15. Годосейчук С. П., Самойлов К. И., Климачева Н. Г. Эффективность применения и перспективы развития наземных робототехнических средств // Технология гражданской безопасности. 2006. № 1 (7). С. 61–65.
16. Грязнов С. Н., Малышев В. П. Обоснование предложений по дальнейшему развитию системы технического оснащения спасательных сил МЧС России на долгосрочный период // Стратегия гражданской защиты: проблемы и исследования. 2015. № 1. С. 34–50.
17. ИНТЕРФАКС-ПОВОЛЖЬЕ: Лес в Сарове тушат робототехнические комплексы, обстановка остается сложной. URL: <https://www.interfax-russia.ru/volga/news/les-v-sarove-tushat-robototekhnicheskie-kompleksy-obstanovka-ostaetsya-slozhnoy> (дата обращения: 30.12.2022).

References

1. Perechen' organizacij, ekspluatiruyushchih osobu radiacionno opasnye i yaderno opasnye proizvodstva i ob"ekty (s izm. na 24 iyunya 2022 g.), utverzhdyonnyj Rasporyazheniem Pravitel'stva Rossijskoj Federacii ot 14.09.2009 № 1311-р.
2. Vladimirov V. A., Izmailov V. I., Izmailov A. V. Radiacionnaya i himicheskaya bezopasnost' naseleniya. M., 2005. 544 s.
3. Vishnyakov A. V., Muraev N. P. Otdel'nye voprosy v oblasti radiacionnoj bezopasnosti, reshaemye v hode issledovanij v Ural'skom institute GPS MCHS Rossii // Sbornik materialov XVII mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii «Pozharnaya i avarijnaya bezopasnost'». Ivanovo, 2022. S. 684–688.
4. RBK: Minoborony privelo sily v gotovnost' iz-za «provokacii s «gryaznoj bomboj». URL: <https://www.rbc.ru/politics/24/10/2022/635673a49a79475581b62249> (data obrashcheniya: 29.12.2022).
5. Loginov V. V. i dr. Formirovanie perspektivnogo tekhnicheskogo oblika robototekhniki, prednaznachennoj dlya provedeniya avarijno-spatatel'nyh rabot // Tekhnosfernaya bezopasnost'. 2022. № 4. S. 153–160.
6. Korshunov F. P., Bogatyryov YU. V., Vavilov V. A. Vozdejstvie radiacii na integral'nye mikroskhemy. Minsk, 1986. 234 s.
7. Sidorov N. N., Knyazev V. K. Radiacionnaya stojkost' materialov radiotekhnicheskikh konstrukcij. M., 1986. 590 s.
8. Bezrodnih I. P., Tyutnev A. P., Semyonov V. T. Radiacionnye efekty v kosmose. CH. 3. Vliyanie ioniziruyushchego izlucheniya na izdeliya elektronnoj tekhniki. M., 2017. 64 s.
9. Vologdin E. N., Lysenko A. P. Radiacionnye efekty v nekotoryh klassah poluprovodnikovyh priborov. M., 2001. 70 s.
10. Harlamov M. S. i dr. Degradacionnye processy ustrojstv mikrosistemnoj tekhniki // Raketno-kosmicheskoe priborostroenie i informacionnye sistemy. 2018. № 3. S. 87–96.
11. Gorban' YU. I., Sinel'nikova E. A. Avtomaticheskie ustanovki pozharotusheniya na baze robotizirovannyh pozharnyh kompleksov AUP RPK dlya zashchity mashinnyh zalov AES, TEC i GES // Pozharnaya bezopasnost'. 2012. № 3. S. 136–142.
12. SHishkin P. L., Vishnyakov A. V., Ivanov E. V. Opyt primeneniya gruppirovki sil grazhdanskoj oborony v hode protivooavarijnnyh uchenij na Beloyarskoj AES. Ispolzovanie materialov uchenij v obrazovatel'nom processe // Tekhnosfernaya bezopasnost'. 2016. № 4. S. 3–10.
13. Saripov I. M., Noskov S. S. Primenenie robototekhnicheskikh sredstv pri likvidacii posledstvij avarii na CHernobyl'skoj AES // Primenenie robototekhnicheskikh kompleksov special'nogo naznacheniya. Sbornik trudov HKHVIII Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii. «Predotvrashchenie. Spasenie. Pomoshch'». Novogorsk, 2018. S. 80–87.
14. Shobohov M. V., Gudoshnikov A. A. Primenenie robototekhnicheskikh kompleksov pri likvidacii chrezvyčajnyh situacij na atomnyh elektrostanciyah // Primenenie robototekhnicheskikh kompleksov special'nogo naznacheniya. Sbornik trudov HKHXII Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii «Predotvrashchenie. Spasenie. Pomoshch'». Novogorsk, 2022. S. 182–185.
15. Todosejchuk S. P., Samojlov K. I., Klimacheva N. G. Effektivnost' primeneniya i perspektivy razvitiya nazemnyh robototekhnicheskikh sredstv // Tekhnologiya grazhdanskoj bezopasnosti, 2006. № 1 (7). S. 61–65.
16. Gryaznov S. N., Malyshev V. P. Obosnovanie predlozhenij po dal'nejshemu razvitiyu sistemy tekhnicheskogo osnashcheniya spatatel'nyh sil MCHS Rossii na dolgosrochnyj period // Strategiya grazhdanskoj zashchity: problemy i issledovaniya. 2015. № 1. S. 34–50.
17. INTERFAKS-POVOLZHE: Les v Sarove tushat robototekhnicheskije komplekisy, obstanovka ostaetsya slozhnoj. URL: <https://www.interfax-russia.ru/volga/news/les-v-sarove-tushat-robototekhnicheskije-komplekisy-obstanovka-ostaetsya-slozhnoj> (data obrashcheniya: 30.12.2022).