

**В ЭТОМ НОМЕРЕ:****ПОЖАРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ**

<b>ОБОСНОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЯ НАДЕЖНОСТИ ПОЖАРНОЙ АВТОМАТИКИ КАК СПОСОБА СНИЖЕНИЯ ПОЖАРНОЙ И ПРОМЫШЛЕННОЙ ОПАСНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ</b>	
<i>Королев Д. С.</i> .....	<b>3</b>
<b>ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМЫ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД НЕФТЕПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕГО ПРЕДПРИЯТИЯ С ПОМОЩЬЮ ФРАКТАЛЬНОГО АНАЛИЗА</b>	
<i>Нафикова Э. В., Александров Д. В., Мартынова О. Г., Ахметшин Р. И., Чувашаева К. Р.</i> .....	<b>9</b>
<b>ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ГРАВИМЕТРИЧЕСКОГО МЕТОДА ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОГНЕЗАЩИТНЫХ СОСТАВОВ</b>	
<i>Добрынина Н. Ю., Пазникова С. Н., Якубова Т. В., Кокшаров А. В.</i> .....	<b>16</b>
<b>РАЗВИТИЕ ПОНЯТИЯ РИСКА В СФЕРЕ УПРАВЛЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТЬЮ НА СОВРЕМЕННОМ ЭТАПЕ. ПРАКТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ</b>	
<i>Кононенко Е. В., Мокроусова О. А., Черкасский Г. А., Шархун С. В.</i> .....	<b>24</b>
<b>ПРОБЛЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ И СЦЕНАРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РАЗВИТИЯ ПОЖАРООПАСНОЙ СИТУАЦИИ НА НЕФТЕНАЛИВНОМ ТАНКЕРЕ</b>	
<i>Лоран Н. М., Калач А. В.</i> .....	<b>31</b>
<b>ОСОБЕННОСТИ РЕАГИРОВАНИЯ СИЛ И СРЕДСТВ ПОЖАРНЫХ ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ НА ПОЙМЕННЫЕ ПОЖАРЫ В БАССЕЙНАХ РЕК ХАНТЫ-МАНСИЙСКОГО АВТОНОМНОГО ОКРУГА – ЮГРЫ</b>	
<i>Морозова А. Г., Степанов О. И., Назаров С. А., Юдичев А. А.</i> .....	<b>37</b>
<b>СОЗДАНИЕ ПЕРЕНОСНОГО ДВУХФАЗНОГО УСТРОЙСТВА ПОЖАРОТУШЕНИЯ С ВЫСОКОСКОРОСТНОЙ ПОДАЧЕЙ ОГNETУШАЩЕЙ ЖИДКОСТИ</b>	
<i>Пахомов Г. Б., Тужиков Е. Н.</i> .....	<b>48</b>
<b>ПЕРСПЕКТИВНЫЙ ОБЛИК И ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОЖАРНОГО АВТОМОБИЛЯ ПЕРВОЙ ПОМОЩИ НА БАЗОВОМ ШАССИ ВЕЗДЕХОДА-АМФИБИИ</b>	
<i>Тарарыкин А. М., Калач А. В.</i> .....	<b>59</b>

**СОВРЕМЕННЫЕ СПОСОБЫ ПРИМЕНЕНИЯ ТАКТИЧЕСКОГО  
ВЕНТИЛИРОВАНИЯ ПРИ ПОЖАРАХ В ОГРАЖДЕНИЯХ**

*Карапузиков А. А., Горелик А. С., Дьяков М. В.,  
Дьяков В. Ф., Попова С. В., Кузьменко А. А.....* 66

**РАЗРАБОТКА РЕКОМЕНДАЦИЙ ПО СОСТАВЛЕНИЮ ТЕКСТА  
ДЛЯ РЕЧЕВОГО ОПОВЕЩЕНИЯ ВО ВРЕМЯ ПОЖАРА**

*Чумаков Н. А., Черанева И. С., Энс М. А.....* 73

**ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ТЕРМИЧЕСКОГО АНАЛИЗА  
ПРИ ИДЕНТИФИКАЦИИ ТЕРМОПЛАСТОВ И РЕАКТОПЛАСТОВ  
В РАМКАХ ПОЖАРНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЕРТИЗЫ**

*Беззапонная О. В., Хабибова К. И.....* 85

**О НЕКОТОРЫХ ПОДХОДАХ К ОЦЕНИВАНИЮ РЕЗУЛЬТАТИВНОСТИ  
И ЭФФЕКТИВНОСТИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ОРГАНОВ МЕСТНОГО  
САМОУПРАВЛЕНИЯ В СФЕРЕ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОЖАРНОЙ  
БЕЗОПАСНОСТИ МУНИЦИПАЛЬНЫХ ОБРАЗОВАНИЙ**

*Макаркин С. В., Воробьева Е. П., Щеткин О. Ю., Крылов А. А.....* 92

**ЭФФЕКТИВНЫЕ АЛГОРИТМЫ ОБРАБОТКИ СИГНАЛОВ  
ДЕТЕКТОРОВ СИСТЕМ ДИНАМИЧЕСКОГО РАДИАЦИОННОГО  
КОНТРОЛЯ**

*Сергеев И. Ю., Валуев Н. П.....* 107

**БЕЗОПАСНОСТЬ В ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ****ОТДЕЛЬНЫЕ ПОДХОДЫ К РАЗРАБОТКЕ МЕТОДИКИ ОЦЕНКИ  
ТАКТИКИ ПРИМЕНЕНИЯ БЕСПИЛОТНЫХ АВИАЦИОННЫХ СИСТЕМ  
В ПОДРАЗДЕЛЕНИЯХ МЧС РОССИИ**

*Логинов В. В., Вишняков А. В., Зубарев И. А., Осипчук А. О., Шмикин П. Л.....* 117

ПОЖАРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

УДК 614.838.43

otrid@rambler.ru

**ОБОСНОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЯ НАДЕЖНОСТИ ПОЖАРНОЙ  
АВТОМАТИКИ КАК СПОСОБА СНИЖЕНИЯ ПОЖАРНОЙ  
И ПРОМЫШЛЕННОЙ ОПАСНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ****SUBSTANTIATION OF THE APPLICATION OF THE RELIABILITY INDICATOR  
OF FIRE AUTOMATION, AS A WAY TO REDUCE FIRE AND INDUSTRIAL  
HAZARDS OF TECHNOLOGICAL PROCESSES**

*Королев Д. С., кандидат технических наук,  
Воронежский государственный  
технический университет, Воронеж*

*Korolev D.,  
Voronezh state technical university, Voronezh*

Мировое сообщество призывает максимально быстро осуществить энергетический переход от добычи и потребления полезных ископаемых к чистым видам топлива и низкоуглеродным технологическим процессам, в частности к использованию водорода. Поскольку водород – химически активное вещество, в чистом виде не встречающееся в природе, то он может легко вступать в реакцию взаимодействия с различными материалами, в том числе с емкостями для хранения или транспортировки. Кроме того, данное вещество является особо взрывоопасным и требует гибкого подхода в разработке системы обеспечения пожарной безопасности, а значит актуальность темы не вызывает сомнения. В настоящей работе рассматривается вопрос исследования критериев надежности и безотказной работы пожарной автоматики, осуществляющей контроль особо взрывоопасных технологических процессов. Установлено, что через один год круглосуточного использования срок службы системы снижается более чем на 30 %, а к концу пятого года потребуется замена отдельных элементов.

*Ключевые слова:* пожарная безопасность, процесс, контроль, надежность, энергопереход.  
The world community encourages the maximum to quickly implement the energy transition from the extraction and consumption of minerals to clean fuels and low-carbon technological processes, in particular to the use of hydrogen. Since the latter is a chemically active substance, in pure form, not occurring in nature, can easily join the reaction of interaction with various materials, including with tanks for storage or transportation. In addition, this substance is particularly explosive and requires a flexible approach to the development of a fire safety system, which means that the relevance of the topic is no doubt. In this paper, the issue of studying the criteria for the reliability and reliability of fire automation, which carries out the control of particularly explosive technological processes. It has been established that after one year round-the-clock use of the system, its service life is reduced by more than 30%, and by the end of the fifth year it will be necessary to replace individual elements.

*Keywords:* fire safety, process, control, reliability, power transfers.

Согласно статистическим данным Министерства энергетики Российской Федерации, потребность в экологически чистых видах топлива значительно вырастет. Прогноз составлен в соответствии с глобальным планом Евросоюза достичь полной углеводородной нейтральности к 2050 г., что позволит обеспечить равенство вредных выбросов, выделяемых в атмосферу за счет развития углеродно-отрицательных проектов [1].

Отечественные крупные энергетические компании полностью поддерживают переход к низкоуглеродной экономике, о чем сравнительно недавно заявил В. В. Путин, выступая в октябре 2021 г. с докладом «Изменение климата и окружающая среда» на пленарном заседании саммита G20 [2]. Отмечено, что Россия активно развивает технологии в области энергоизменений, тем самым планируя обеспечить себе место крупного поставщика природного газа и водорода на глобальном или локальном рынке. При этом, мировой рынок представляет собой сбыт «чистого» топлива по аналогии с северными потоками, а местный рынок подразумевает потребление и производство в рамках одной страны, т. е. происходит дальнейшее развитие направления «двойной циркуляции» о чем детально говорилось в статье [3].

На начальном этапе по достижению поставленной цели, экспертами профильных министерств и ведомств РФ разработана Концепция развития водородной энергетики до 2024 г., содержащая основной алгоритм действий государства, успешная реализация которого позволит экспортировать свыше 35 млн тонн экологически чистых энергетических ресурсов, обеспечивая доход федеральному бюджету в 100 млрд долларов в год.

Однако в работах [4, 5] неоднократно поднимался актуальный вопрос о необходимости совершенствования системы управления и обеспечения пожарной безопасности в условиях энергопере-

хода, что обусловлено взрывопожароопасностью водорода, который планируется использовать как топливо во многих отраслях. Поскольку потенциальный источник энергии не представлен в окружающей среде в чистом виде, это характеризует его как химически активное вещество, легко вступающее во взаимодействие с любыми веществами и материалами, включая емкости для хранения, газотранспортной системы и газораспределительной системы.

С научно-технической точки зрения использование существующего инженерного фонда для транспортировки водорода практически невозможно:

- *происходит* колоссальная утечка через микротрещины;
- *происходит* деградация внутренней поверхности труб;
- *происходит* повышение требований к материалу изготовления в связи с увеличением давления сжатия.

Обеспечить исправное функционирование системы возможно, но при условии разбавления транспортируемого природного газа 30–70 % водорода, в зависимости от года постройки перекачивающей системы. Не менее сложная ситуация обстоит с декарбонизацией в промышленных масштабах, используемым оборудованием в производстве, поскольку для минимизации рисков возникновения чрезвычайных ситуаций [6]:

- производственное оборудование должно изготавливаться из материалов, работающих при очень высоких или криогенных температурах, иметь теплоизоляцию и узлы компенсации температурных деформаций;
- обеспечение герметичности должно достигаться за счет применения сварных соединений высокой прочности, а разъемные соединения должны быть сведены к минимуму;
- в резервуаре должно постоянно поддерживаться избыточное давление, исключая вероятность образования взрывопожароопасных смесей;

– необходимо применение предохранительных клапанов и разрывных мембран и т. д.

Это не полный перечень превентивных мероприятий и в условиях риск-ориентированного подхода, система обеспечения будет комплексной и дифференцированной, а при расчете пожарных рисков производственного объекта будет учитываться вероятность эффективного срабатывания технического средства при моделировании пожара (пожаров).

Отметим, что управление крупными производственными объектами защиты осуществляется максимально дистанционно, минимизируя участие человека во взрывоопасных зонах, что их и объединяет. Контроль проводится пожарной автоматикой, в частности датчиками, расположенными на оборудовании выполненными во взрывозащищенном электроисполнении с применением взрывозащиты вида – искробезопасные электрические цепи. Считываемая информация, независимо от режима работы, выводится на пульт дежурного

оператора, и в случае необходимости принимаются оперативные управленческие решения.

Отсюда целью исследования является анализ надежной работы системы длительного использования. В качестве объекта исследования определены пожарные извещатели пламени, основная область применения которых связана с реагированием на горение горючих газов и легковоспламеняющихся жидкостей. Процесс определения безотказности и вероятности нормального функционирования технического устройства – представят предмет исследования. Исходные данные для проведения расчетов:

- техническое оборудование – ИП-329 (извещатель пламени, во взрывозащищенном исполнении);
  - срок эксплуатации системы – 10 лет;
  - наработка на отказ – 60000 часов.
- Общая надежность определяется по формуле (1):

$$P_{\Pi}(t) = P_0 \cdot P(t) + (1 - P_0) \cdot V \cdot (t) \cdot P \cdot (t - t), \quad (1)$$

$P_0 = K_2$  – параметр вероятности начального состояния системы, при котором она исправна и численно равна коэффициенту готовности;

$P(t)$  – показатель безотказной работы к конкретному значению времени;

$$P(t) = e^{-t/T_m}; \quad (2)$$

$(1 - P_0)$  – численный показатель неспособного состояния технической системы к начальному моменту времени по ее применению;

$V(t)$  – вероятность определения и дальнейшего устранения отказа и проверки работоспособности системы, определяемая по формуле (3):

$$V(t) = 1 - e^{-t/T_B}; \quad (3)$$

$P(t-t)$  – численный показатель безотказной работы технической системы за промежутки времени;

$T_B$  – время, необходимое на восстановление системы.

$T_m$  – нормативное время безотказной работы системы;

Определить интенсивность отказов системы можно по формуле (4), а вероятность отказа системы за определенный

промежуток времени работы по формуле (5):

$$\lambda = 1/T_0, \tag{4}$$

$$Q = \lambda \cdot t, \tag{5}$$

$\lambda$  – вероятность отказов;  
 $T_0$  – возможная наработка на отказ;  
 $t$  – период работы системы.

Результаты расчетов представлены в табл. 1, а для наглядности вероятности отказа системы длительного использования рассмотрим график, представленный на рис.

Таблица 1  
 Сводная таблица результатов расчета

Наименование параметра	Продолжительность работы									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Срок эксплуатации, лет	8760	17520	26280	35040	43800	52560	61320	70080	78840	87600
Срок эксплуатации, часов	60000									
Наработка на отказ, часов	60000									
Интенсивность отказов	1,14E-04	5,71E-05	3,81E-05	2,85E-05	2,28E-05	1,90E-05	1,63E-05	1,43E-05	1,27E-05	1,14E-05
Вероятность отказа за определенный период, P1	0,29	0,59	0,88	1,17	1,46	1,76	2,05	2,34	2,64	2,93
Вероятность безотказной работы	0,87	0,75	0,64	0,57	0,49	0,43	0,32	0,29	0,18	0,13
Средняя интенсивность отказов	3,34357E-05									

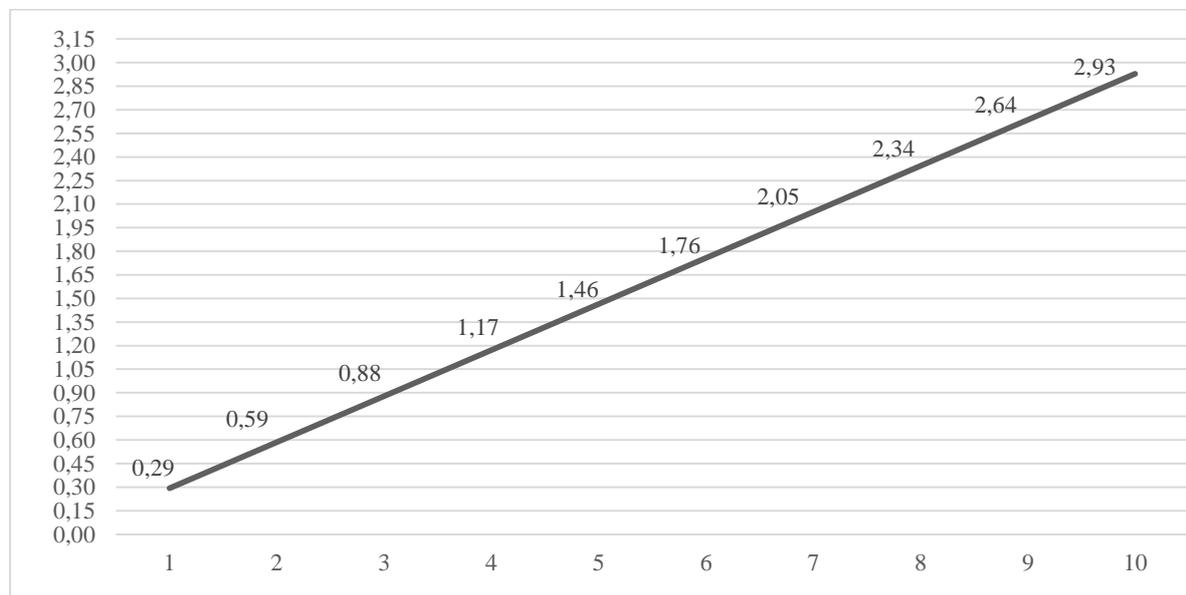


Рисунок. Вероятность отказа системы за определенный промежуток времени

Если проанализировать график вероятности отказа системы длительного использования, то надежность после первого года эксплуатации технического оборудования снижается почти на 30 %. А к концу

четвертого года этот показатель становится выше единицы, что свидетельствует о необходимости частичной замены отдельных элементов или всей системы к

концу пятого года использования. Склады-вающаяся ситуация коренным образом влияет на своевременность и достоверность получаемой информации от пожарной автоматики, а значит, вероятность раннего обнаружения опасных факторов пожара или отступлений от требований регламента технологического процесса снижается. При этом риск возникновения чрезвычайных ситуаций увеличивается.

Таким образом, одним из способов повышения надежности работы системы, в соответствии с [7], является увеличение количества технических средств извещения. Так, если рассмотреть пожарную сигнализацию, где извещатели включены параллельно в систему, то применим расчетную формулу (6):

$$P_N = 1 - (1 - P_1)^N. \quad (6)$$

Используя исходные значения, представленные в табл. 1, а также ранее полученные параметры при первом расчете,

определим вероятность отказа системы при использовании двух пожарных извещателей (табл. 2).

Таблица 2  
Расчет безотказной работы при 2-кратном увеличении устройств

Наименование параметра	Продолжительность работы									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Срок эксплуатации, лет	8760	17520	26280	35040	43800	52560	61320	70080	78840	87600
Срок эксплуатации, часов	8760	17520	26280	35040	43800	52560	61320	70080	78840	87600
Наработка на отказ, часов	60000									
Интенсивность отказов	1,14E-04	5,71E-05	3,81E-05	2,85E-05	2,28E-05	1,90E-05	1,63E-05	1,43E-05	1,27E-05	1,14E-05
Вероятность отказа за определенный период, P1	0,29	0,59	0,88	1,17	1,46	1,76	2,05	2,34	2,64	2,93
Вероятность безотказной работы, P1	0,87	0,75	0,64	0,57	0,49	0,43	0,32	0,29	0,18	0,13
Вероятность безотказной работы, P2	0,98	0,93	0,87	0,81	0,73	0,67	0,53	0,49	0,32	0,24
Средняя интенсивность отказов	3,34357E-05									

Анализ полученных данных показывает, что при увеличении количества извещателей системы длительного пользования, вероятность безотказной работы повышается с 0,87 до 0,98. При этом необходимо учитывать экономическую составляющую, поскольку требуются финансовые затраты на разработку проекта и монтаж

системы, техническое обслуживание и ремонт. Таким образом, научное обоснование исследования критерия надежности пожарной автоматики, в частности пожарной сигнализации, позволит своевременно обновлять систему предотвращения возникновения пожара и обеспечит снижение пожарной и промышленной опасности технологических процессов.

#### Литература

1. Достижение углеродной нейтральности к 2050 году: самая неотложная глобальная задача. URL: <https://www.un.org/sg/ru/content/sg/articles/2020-12-11/carbon-neutrality-2050-the-world%E2%80%99s-most-urgent-mission>
2. Выступление В. Путина на саммите G20. URL: <https://ria.ru/20211031/putin-1757070044.html>
3. Королев Д. С., Калач А. В., Кончаков С. А. Математический аппарат оперативной обработки информации при принятии управленческого решения в условиях пожарной опасности // Вестник Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России. 2022. № 3. С. 137–144.

4. Королев Д. С., Калач А. В. Прогнозирование, основанное на молекулярных дескрипторах и искусственных нейронных сетях, как способ исключения образования горючей среды // Пожары и чрезвычайные ситуации: предотвращение, ликвидация. 2016. № 2. С. 68–72.

5. Королев Д. С. Выбор температурного класса взрывозащищенного электрооборудования при проектировании производственных помещений с использованием дескрипторов и нейронных сетей // Вестник Воронежского института ГПС МЧС России. 2015. № 1 (14). С. 27–31.

6. ГОСТ Р 56248–2014. Водород жидкий. Технические условия: национальный стандарт Российской Федерации / ФКП «Научно-испытательный центр ракетно-космической промышленности». М., 2019.

7. СП 484.1311500.2020. Системы противопожарной защиты. Системы пожарной сигнализации и автоматизация систем противопожарной защиты. Нормы и правила проектирования.

#### References

1. Dostizhenie uglerodnoj nejtral'nosti k 2050 godu: samaya neotlozhnaya global'naya zadacha. URL: <https://www.un.org/sg/ru/content/sg/articles/2020-12-11/carbon-neutrality-2050-the-world%E2%80%99s-most-urgent-mission>

2. Vystuplenie V. Putina na sammite G20. URL: <https://ria.ru/20211031/putin-1757070044.html>

3. Korolev D. S., Kalach A. V., Konchakov S. A. Matematicheskij apparat operativnoj obrabotki informacii pri prinyatii upravlencheskogo resheniya v usloviyah pozharnoj opasnosti // Vestnik Sankt-Peterburgskogo universiteta GPS MCHS Rossii. 2022. № 3. S. 137–144.

4. Korolev D. S., Kalach A. V. Prognozirovaniye, osnovannoye na molekulyarnykh deskriptorah i is-kusstvennykh nejronnykh setyah, kak sposoby isklyucheniya obrazovaniya goryuchej sredy // Pozhary i chrezvy-chajnye situacii: predotvrashcheniye, likvidaciya. 2016. № 2. S. 68–72.

5. Korolev D. S. Vybor temperaturnogo klassa vzryvozashchishchennogo elektrooborudovaniya pri proektirovaniy proizvodstvennykh pomeshchenij s ispol'zovaniem deskriptorov i nejronnykh setej // Vestnik Voronezhskogo instituta GPS MCHS Rossii. 2015. № 1 (14). S. 27–31.

6. GOST R 56248–2014. Vodorod zhidkiy. Tekhnicheskie usloviya: nacional'nyj standart Rossijskoj Federacii / FKP «Nauchno-ispytatel'nyj centr raketno-kosmicheskoy promyshlennosti». M., 2019.

7. SP 484.1311500.2020. Sistemy protivopozharnej zashchity. Sistemy pozharnej signalizacii i avtomatizaciya sistem protivopozharnej zashchity. Normy i pravila proektirovaniya.

УДК 628.3

chuvashayeva@gmail.com

**ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМЫ ОЧИСТКИ  
СТОЧНЫХ ВОД НЕФТЕПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕГО ПРЕДПРИЯТИЯ  
С ПОМОЩЬЮ ФРАКТАЛЬНОГО АНАЛИЗА**

**EVALUATION OF THE EFFICIENCY OF THE WASTEWATER  
TREATMENT SYSTEM OF AN OIL REFINERY  
USING FRACTAL ANALYSIS**

*Нафикова Э. В., кандидат географических наук,  
Александров Д. В., Мартынова О. Г., кандидат технических наук,  
Ахметшин Р. И., Чувашаева К. Р.,  
Уфимский государственный авиационный технический университет, Уфа*

*Nafikova E., Alexandrov D., Martynova O.,  
Akhmetshin R., Chuvashaeva K.,  
Ufa State Aviation Technical University*

Статья посвящена исследованию метода сравнительной оценки эффективности очистки сточных вод для очистных сооружений нефтеперерабатывающего завода с помощью фрактального анализа. Сравнительными показателями являются величины фрактальной размерности полей компасов-диаграмм кратности превышения ПДК загрязняющими веществами сточных вод.

*Ключевые слова:* сточные воды, предельно допустимая концентрация, загрязняющие вещества, наилучшие доступные технологии, кратность превышения допустимой концентрации, степень очистки, очистные сооружения, фрактальный анализ, фрактальная размерность.

The article studies the method of comparative evaluation of the efficiency of wastewater treatment for oil refinery treatment facilities using fractal analysis. Comparative indicators are the fractal dimension values of the compasses-diagrams fields of the multiplicity of exceeding the MPC by wastewater pollutants.

*Keywords:* wastewater, maximum allowable concentration, pollutants, best available technologies, multiplicity of exceeding the allowable concentration, degree of purification, treatment facilities, fractal analysis, fractal dimension.

При добыче и переработке нефти, а также производстве нефтехимической продукции образуются сложно компонентные сточные воды. Для достижения установленных нормативов загрязнения стоков при очистке сточных вод сложным комплексным составом требуется специальное оборудование и технологические комплексы.

В рамках больших вызовов, развития приоритетных направлений в контексте природоохранных директив Европей-

ского союза в Российской Федерации применяется комплексный подход к внедрению наилучших доступных технологий (НДТ) для экономически обоснованного контроля и предотвращения негативного воздействия на окружающую среду с применением конкретных технологий [1].

При переходе на технологическое нормирование перед многими предприятиями встает вопрос модернизации очистных сооружений.

Для выбора оптимальной технологии системы очистки сточных вод необходимо проведение комплексной и сравнительной оценки ее эффективности.

В настоящее время для контроля эффективности очистки сточных вод объектов экономики наибольшее распространение получили способы, которые отдельно оценивают эффективность очистки сточных вод единичными аппаратами общей системы. Так, А. В. Рязонов в работе [2], показал неэффективность системы очистки сравнивая каждый аппарат очистного сооружения. Некоторые исследователи [3–5] в своих работах проводили оценку эффективности очистки сточных вод по отношению разности концентрации загрязняющего вещества до и после очистки к концентрации этого вещества до очистки. В исследованиях В. В. Михайленко и А. Е. Капустин [6] в качестве показателя эффективности очистки сточных вод выбрано химическое потребление кислорода, по его изменению оценивали эффективность анаэробного сбраживания. М. А. Помыкалова и другие в [7] эффективность биологической очистки сточных вод рассчитывали как разность показателей концентраций до и после биологической.

Ряд исследователей применяют более комплексные подходы к оценке эффективности очистки всех показателей сточных вод с помощью математических моделей. В работе [8] оценивалась эффективность коагуляционной очистки сточной воды с помощью уравнений регрессии для выходных параметров, которые позже сводили в матрицу планирования. Исследователи [9] оценивали эффективность очистки методом критериальной оценки – с точки зрения достижения целей разного порядка, сравнивая единичные показатели и совокупность показателей. Единичный показатель характеризует преимущества системы по одному показателю, совокупность различных значений характеризуется комплексным показателем системы, представляя общую схему в качестве взаимосвязанных простых процессов.

Фрактальный анализ – это универсальный математический метод, позволяющий характеризовать большинство природных объектов и процессов. Единый методический подход к расчету фрактальной размерности дает возможность получить численное описание организации природных структур различного происхождения и сравнить их между собой [10, 11]. Величина фрактальной размерности позволяет единым численным значением описать изменение в качестве показателей многокомпонентных сточных вод.

Многие структуры обладают фундаментальным свойством геометрической регулярности, известной как инвариантность по отношению к масштабу, или «самоподобие». Если рассматривать эти объекты в различном масштабе, то постоянно обнаруживаются одни и те же фундаментальные элементы. Эти повторяющиеся закономерности определяют дробную, или фрактальную, размерность структуры. Фрактальная геометрия описывает природные формы так, как не удастся описать евклидовой геометрии [12].

В настоящей работе предлагается оценка эффективности очистки многокомпонентных сточных вод предприятия графоаналитическим методом по величине фрактальной размерности – показателя, интегрирующего разнородную информацию о системе очистки по всем показателями качества воды. Свертка разнородной информации о системе очистки определяется по фрактальному анализу поля компасов-диаграмм кратности превышения ПДК показателей сточных вод до и после очистки в анализируемой системе. Поля компасов-диаграмм кратности превышения ПДК загрязняющими веществами сточных вод в едином масштабе являются некой экологической сверткой существующих загрязняющих веществ (ЗВ) на предприятии. Графическое представление компасов-диаграмм кратности превышения ПДК исследуемых загрязняющих веществ представляет собой секторограмму, на ко-

торой единицей измерения является кратности превышения ПДК загрязняющих веществ. Кратностью превышения ПДК загрязняющего вещества является отношение концентрации исследуемого загрязняющего вещества к норме допустимой его концентрации.

Цель настоящего исследования является отработка методики сравнительной оценки эффективности очистки многокомпонентных промышленных сточных вод в очистных сооружениях нефтеперерабатывающего предприятия с применением фрактальной геометрии.

В качестве объекта исследования для апробации предлагаемой оценки эффективности очистки сточных вод рассматривались сточные воды нефтеперерабатывающего предприятия с многокомпонентными загрязняющими веществами.

Очистка сточных вод на данном объекте проходит следующие степени: механическая очистка, физико-химическая, электрохимическая, биологическая. Данная система очистных сооружений не способна довести концентрацию показателей

загрязняющих веществ до нормативного значения.

Исследуемое функционирующее очистное сооружение является устаревшим и требует мероприятий по его улучшению или полной замене. Предлагается введение новых очистных сооружений на нефтеперерабатывающем предприятии.

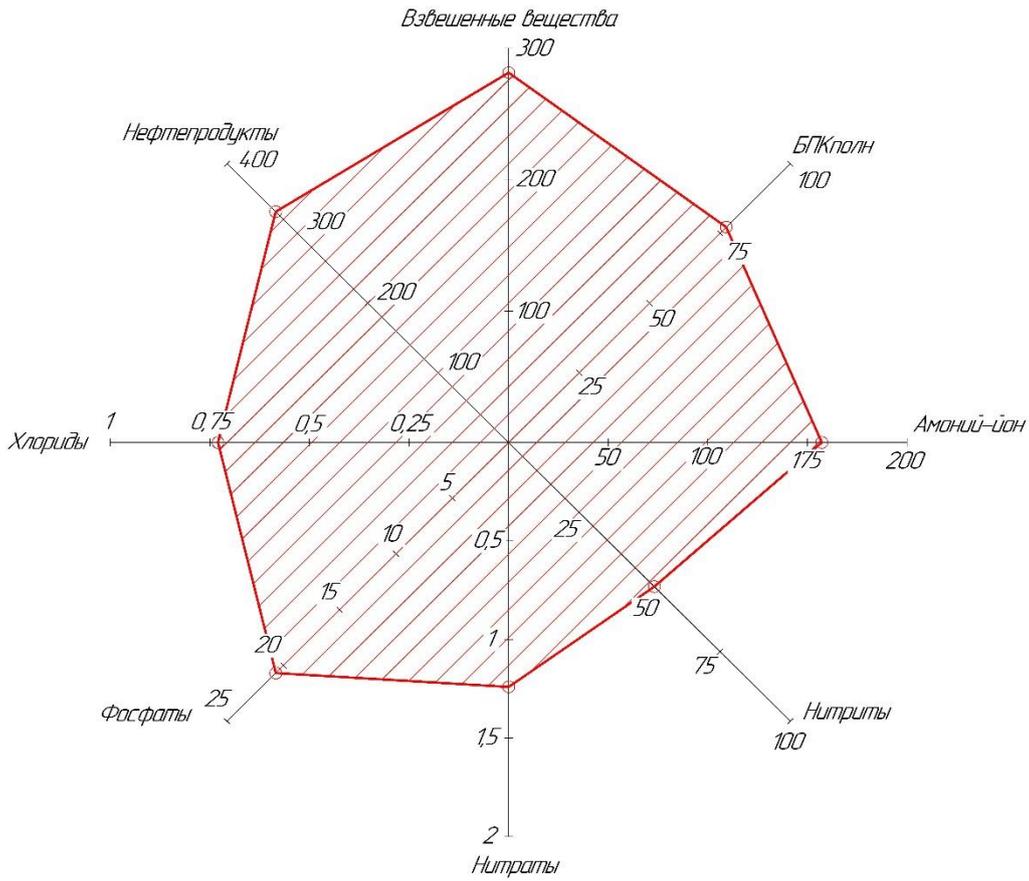
Планируемая очистка сточных вод, поступающих на очистные сооружения, обеспечивается прохождением нескольких стадий очистки, а именно: механической, биологической и тонкой через аппараты: пескочловик, аэратор, отстойник, биофильтры, угольный фильтр, песчаный фильтр.

Проведен расчет аппаратов существующей системы очистки и планируемой к введению, и определены планируемые концентрации загрязняющих веществ после их прохождения. Кратность превышения ПДК загрязняющими веществами, образующимися на предприятии сточных вод, а также, согласно расчетам, на выходе из существующих и планируемых к введению очистных сооружений, приведены в табл. 1.

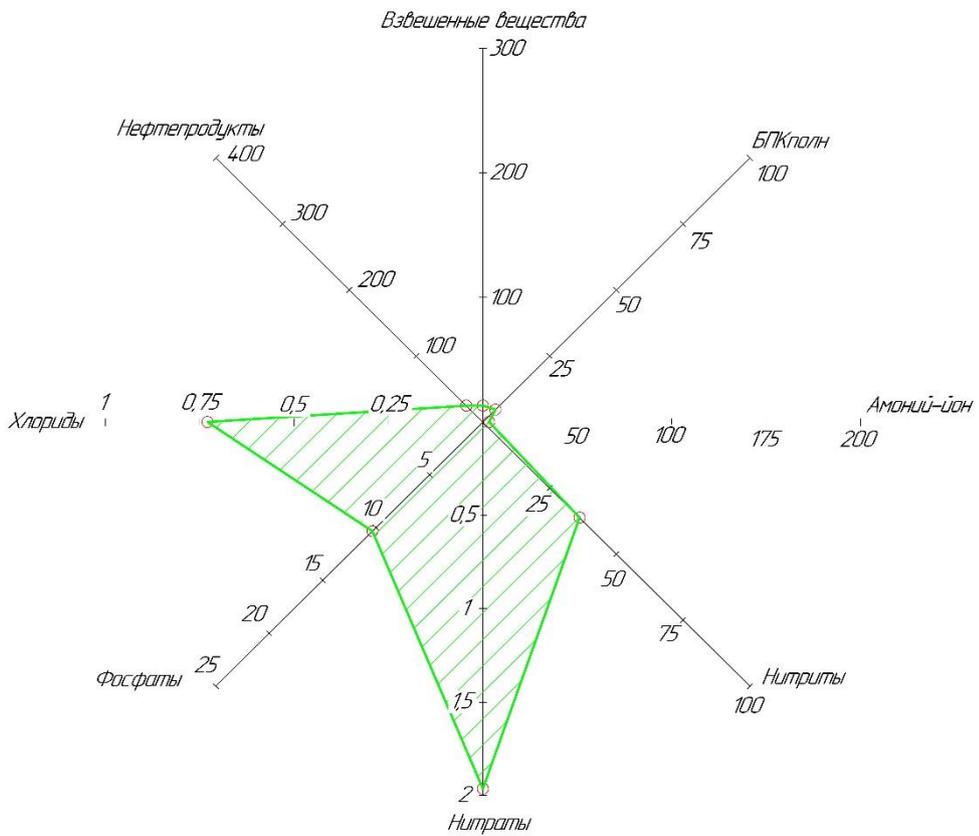
*Таблица*  
*Кратность превышения ПДК загрязняющими веществами*  
*нефтеперерабатывающего предприятия на входе в очистные сооружения*  
*и после очистки различными системами*

Показатель	Кратность превышения ПДК ЗВ после очистки существующей технологией очистки	Кратность превышения ПДК ЗВ после очистки внедряемой технологии очистки
Взвеш. в-ва, мг/л	281,36	13,24
БПК, мг/л	77,23	4,68
Аммоний-ион, мг/л	157,23	3,31
Нитриты, мг/л	51,72	36,2
Нитраты, мг/л	1,24	1,96
Фосфаты, мг/л	20,68	10,34
Хлориды, мг/л	0,73	0,72
Нефтепродукты, мг/л	331,01	24,82

По данным табл. построены поля компасов-диаграмм кратности превышения ПДК загрязняющими веществами исследуемых сточных вод (рис.).



а



б

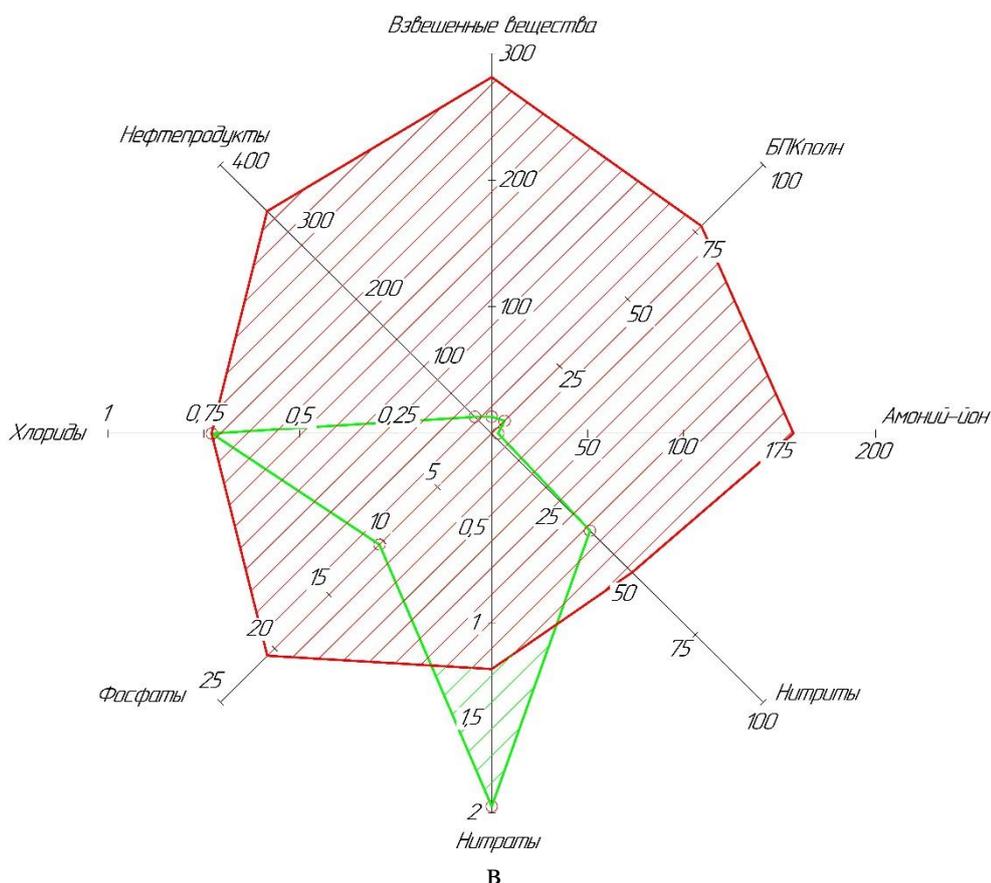


Рисунок. Диаграммы значений кратности превышения ПДК загрязняющими веществами сточных вод после очистки существующей технологией очистки (а), после очистки планируемыми к введению очистными сооружениями (б), диаграммы, наложенные друг на друга (в)

Для отработки предлагаемой методики оценки эффективности очистки сточных вод в математическом пакете MathLab с заранее прописанным программным кодом фрактального анализа методом квадратов (box counting) определились фрактальные размерности каждого поля компасов-диаграмм кратности превышения ПДК загрязняющими веществами сточных вод до введения новых очистных сооружений и после (рис.) и сравнивались между собой по наименьшему значению. По результатам расчета получены величины фрактальных размерностей полей компасов-диаграмм кратностей превышения ПДК загрязняющими веществами: со старыми очистными сооружениями – 1,87; после очистки планируемыми к введению очистными сооружениями предприятия – 1,72.

По результатам анализа общей картины очистки сточных вод по всем многокомпонентным показателям качества воды можно сделать вывод о том, что на предприятии система очистки работает в штатном режиме и эффективно очищает поступающие загрязняющие вещества. Но при введении новых очистных сооружений поля сбалансированных компасов-диаграмм кратности превышения ПДК загрязняющими веществами сточных вод изменились, что отразилось на величине фрактальной размерности. Эффективность планируемого к введению очистного сооружения лучше, чем у старого, т. к. фрактальная размерность меньше ( $1,87 > 1,72$ ).

Проведенное исследование может помочь в сравнении, комплексном описании и проведении экологической свертки об информации о разных природных объектах. Но стоит сказать, что фракталы – не

обязательно физические формы: они могут быть пространственными или временными структурами. В общем, фрактал – это любой тип бесконечно масштабируемого и повторяющегося рисунка, демонстрирующего свойства самоподобия на ограниченном интервале пространственных масштабов. По этой причине важно иметь в виду, что теоретические фракталы являются абстракциями, но субъекты фрактального анализа, такие как цифровые изображения, ограничены разрешением, и, как правило, не являются истинными фракталами в строгом смысле этого слова. Поэтому методы расчета фрактальной размерности могут приводить к неточным результатам для естественных фрактальных объектов. В общем виде результаты расчета фрактальной размерности есть функция распределения темных пикселей (дисперсия). Величина фрактальной размерности зависит от количества ячеек, шага анализа и величины первой и последней ячейки. И поэтому невозможно проводить сравнитель-

ный анализ между фрактальными размерностями самоафинных (природных) объектов, рассчитанных в разных программах с использованием разных алгоритмов и настроек. Поэтому в работе при определении фрактальной размерности поля компасов-диаграмм кратности превышения ПДК ЗВ разных систем важно выполнить анализ в едином масштабе. Так же стоит отметить, что появляется возможность автоматизации проведения оценки эффективности системы очистки за счет быстрого анализа большого количества данных и изображений.

Исходя из этого, можно сделать вывод: с помощью фрактального метода можно комплексно оценить эффективность очистки для разных очистных сооружений одного предприятия. Данный метод будет уместен при оценке любых очистных сооружений на любом предприятии. Метод фрактальной геометрии позволяет дать оценку эффективности системы очистки, не прибегая к сложным математическим расчетам.

#### Литература

1. ГОСТ Р 56828.35–2018. Наилучшие доступные технологии. Водопользование. Термины и определения. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200159342>
2. Рязанов А. В. Оценка эффективности работы очистных сооружений г. Тамбова // Вестник российских университетов. Математика. 2013. № 6 (2). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-effektivnosti-raboty-ochistnyh-sooruzheniy-g-tambova> (дата обращения: 14.03.2022).
3. Гарзанов А. Л. и др. Наилучшие доступные технологии очистки сточных вод при убое животных и птицы на мясокомбинатах // Международная научно-практическая конференция, посвященная памяти В. М. Горбатова. М., 2016. № 1. С. 86–90.
4. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-effektivnosti-raboty-ochistnyh-sooruzheniy-g-tambova/viewer>
5. Чиркова В. С., Собгайда Н. А., Шайхиева К. И. Оценка эффективности очистки сточных вод от ионов хрома (VI) отходами металлообработки предприятия // Вестник Казанского технологического университета. 2014. Т. 17. № 19. С. 226–228.
6. Сулова С. В., Сироткин А. С. Оценка эффективности биологической очистки сточных вод оптико-механического производства с использованием различных схем смешения потоков // Вестник Казанского технологического университета. 2014. Т. 17. № 21. С. 211–213.
7. Михайленко В. В., Капустин А. Е. Оценка эффективности очистки сточных вод методом анаэробного сбраживания. 2016. Т. 3. С. 72–76.
8. Помыкалова М. А. Оценка эффективности биологической очистки сточных вод в условиях замкнутого водооборота целлюлозно-картонного производства // Международная научно-практическая конференция молодых ученых «Азиатско-тихоокеанский регион: история и современность – XI». Улан-Удэ, 2017. С. 10–15.
9. Седова Е. Л., Повжик Б. С., Воронцов К. Б. Оценка эффективности коагуляционной очистки сточной воды от промывки целлюлозы // НАУКА-RASTUDENT.RU. 2015. № 7 (19). С. 33.
10. Антонова Н. А., Домашненко Ю. Е., Васильев С. М. Определение многоцелевой эффективности системы очистки природной воды для капельного орошения методом критериальной оценки // Инновации в сельском хозяйстве. 2017. № 1 (22). С. 260–267.

11. Насонов А. Н. и др. Фракталы в науках о Земле. Воронеж, 2018. 82 с.

12. Тунакова Ю. А. и др. Разработка методики определения самоочищающей способности рек на основе фрактальной геометрии для установления допустимого антропогенного воздействия // Вестник Технологического университета. 2015. Т. 18. № 19. С. 249–253.

#### References

1. GOST R 56828.35–2018. Nailuchshie dostupnye tekhnologii. Vodopol'zovanie. Terminy i opredeleniya. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200159342>

2. Ryazanov A. V. Ocenka effektivnosti raboty ochistnyh sooruzhenij g. Tambova // Vestnik rossijskih universitetov. Matematika. 2013. № 6 (2). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-effektivnosti-raboty-ochistnyh-sooruzhenij-g-tambova> (data obrashcheniya: 14.03.2022).

3. Garzanov A. L. i dr. Nailuchshie dostupnye tekhnologii ochistki stochnyh vod pri uboe zhivotnyh i pticy na myasokombinatah // Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferenciya, posvyashchennaya pa-myati V. M. Gorbatova. M., 2016. № 1. S. 86–90.

4. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-effektivnosti-raboty-ochistnyh-sooruzhenij-g-tambova/viewer>

5. CHirkova V. S., Sobgajda N. A., SHajhieva K. I. Ocenka effektivnosti ochistki stochnyh vod ot ionov hroma (VI) othodami metalloobrabotki predpriyatiya // Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta. 2014. T. 17. № 19. S. 226–228.

6. Suslova S. V., Sirotkin A. S. Ocenka effektivnosti biologicheskoy ochistki stochnyh vod optiko-mekhanicheskogo proizvodstva s ispol'zovaniem razlichnyh skhem smesheniya potokov // Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta. 2014. T. 17. № 21. S. 211–213.

7. Mihajlenko V. V., Kapustin A. E. Ocenka effektivnosti ochistki stochnyh vod metodom anaerobnogo sbrazhivaniya. 2016. T. 3. S. 72–76.

8. Pomykalova M. A. Ocenka effektivnosti biologicheskoy ochistki stochnyh vod v usloviyah zamknutogo vodooborota cellyulozno-kartonnoogo proizvodstva // Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferenciya molodyh uchenykh «Aziatsko-tihookeanskiy region: istoriya i sovremennost' – XI». Ulan-Ude, 2017. S. 10–15.

9. Sedova E. L., Povzhik B. S., Voroncov K. B. Ocenka effektivnosti koagulyacionnoj ochistki stochnoj vody ot promyvk cellyulozy // NAUKA-RASTUDENT.RU. 2015. № 7 (19). S. 33.

10. Antonova N. A., Domashnenko YU. E., Vasil'ev S. M. Opredelenie mnogocелеvoj effektivnosti sistemy ochistki prirodnoj vody dlya kapelnogo orosheniya metodom kriterial'noj ocenki // Innovacii v sel'skom hozyajstve. 2017. № 1 (22). S. 260–267.

11. Nasonov A. N. i dr. Fraktaly v naukah o Zemle. Voronezh, 2018. 82 с.

12. Tunakova YU. A. i dr. Razrabotka metodiki opredeleniya samoochishchayushchej sposobnosti rek na osnove fraktal'noj geometrii dlya ustanovleniya dopustimogo antropogennoogo vozdejstviya // Vestnik Tekhnologicheskogo universiteta. 2015. T. 18. № 19. S. 249–253.

УДК 614.841

NatalyaDYu@mail.ru

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ГРАВИМЕТРИЧЕСКОГО МЕТОДА ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОГНЕЗАЩИТНЫХ СОСТАВОВ****STUDY OF THE POSSIBILITY OF USING THE GRAVIMETRIC METHOD TO RESEARCH THE EFFICIENCY OF FLAME RETARDANT COMPOUNDS**

*Добрынина Н. Ю., кандидат химических наук, доцент,  
Пазникова С. Н., кандидат технических наук, доцент,  
Якубова Т. В., кандидат химических наук,  
Кокшаров А. В., кандидат химических наук, доцент,  
Уральский институт ГПС МЧС России», Екатеринбург*

*Dobrynina N., Paznikova S., Yakubova T., Koksharov A.,  
The Ural Institute of State Firefighting Service of Ministry  
of Russian Federation for Civil Defense, Yekaterinburg*

В статье представлены результаты применения гравиметрического метода для исследования эффективности огнезащитных составов. Разработанный метод является экспресс-методом и основан на применении установки «огневая труба» для первичной оценки эффективности огнезащитных составов. В отличие от применяемой установки, модифицированная позволяет исследовать потерю массы образца во времени. Для исследований использовали промышленные огнезащитные составы (ОЗС) I и II группы огнезащитной эффективности с различным механизмом действия. Результаты исследований совпадают с заявленной производителем эффективностью антипиренов, что позволяет судить о возможности применения разработанного метода.

*Ключевые слова:* гравиметрический метод, огневые испытания, потеря массы образца, огнезащитная эффективность, термическая деструкция древесины.

The article presents the results of the gravimetric method for the study of the of flame retardant compounds efficiency. The developed method is an express method. It is based on the use of the «Fire Pipe» installation for the initial evaluation of the flame retardant compounds efficiency. Unlike the conventional installation, the modified one allows to study the loss of the sample mass by time. Industrial flame retardants of groups I and II with a different action mechanism were used. The results of the research correspond with the manufacturer's claimed efficiency of flame retardants, which enables to judge about the possibility of using the suggested method.

*Keywords:* gravimetric method, fire tests, loss of sample mass, fire retardant efficiency, thermal destruction of wood.

**Введение**

Древесина легкий и в то же время прочный материал, экологически чистый, хорошо сопротивляется статическим и динамическим нагрузкам. Древесина легко поддается механической обработке, хорошо клеивается, удерживает металлические крепления. Вместе с тем древесина обладает и некоторыми недостатками,

ограничивающими область ее применения, одним из них является высокая пожароопасность. Огнезащита деревянных конструкций играет важную роль в системе обеспечения пожарной безопасности. Она предназначена для снижения пожарной опасности объектов и обеспечения их требуемой огнестойкости. Таким образом,

проблема применения огнезащитных составов для деревянных конструкций и изучение их огнезащитной эффективности является актуальной задачей.

Процесс горения древесины является многостадийным в связи со сложной структурой древесины – природного полимера [1]. Выделяют следующие органические компоненты древесины: целлюлоза, гемицеллюлоза, лигнин и экстрактивные вещества. Соотношение четырех структурных компонентов меняется в зависимости от породы древесного материала. Компоненты отличаются термостабильностью и разлагаются в разных температурных диапазонах. В целом, начало разложения происходит при 220 °С, завершается при 480 °С. Выявлено, что для древесины хвойных пород стадия перехода от пламенного горения к стадии горения кокса начинается раньше по времени и характеризуется большей скоростью выгорания древесины и кокса [2].

Для исследования термической деструкции древесины ученые применяли методы термогравиметрии, дифференциально-термического анализа, дифференциальной сканирующей калориметрии. Использовались сложные, дорогостоящие установки: Thermoscan-2, Netzsch [2–4]. Авторы работы [4] выявили сходство «термических портретов» всех исследованных пород древесины. Обнаружены четыре термических диапазона с изменяющейся скоростью потери массы и один с очень малой скоростью убыли массы образцов. В зависимости от породы древесины различались кинетические параметры процесса разложения: положения температурных интервалов, значения изменений массы или скорости изменений массы, а также энергии активации термического разложения. В работе [2] использовали топахимическое описание двухстадийной реакции горения древесины сосны, не учитывающее структурную составляющую древесины. Меньшая скорость термодеструкции после обработки антипиренами не связана с энергией

активации реакции горения, которая снижается: для первой стадии со 165 до 134 кДж/моль, для второй стадии со 113 до 84 кДж/моль. По мнению исследователей, значительный вклад оказывает энтропийный фактор или предэкспоненциальный множитель в уравнении Аррениуса. Этим авторы [2] объясняют возникновение затруднений при движении зоны горения вглубь древесины, обработанной антипиренами.

Применение антипиренов позволяет повысить эксплуатационные свойства древесины, обеспечивает защиту древесины от воспламенения и горения, делая ее трудногораемой. По мнению ряда исследователей, это происходит за счет повышения температуры возгорания [2; 5]. При этом степень термостойкости древесины зависит от химической природы используемого реагента, который определяет механизм взаимодействия с древесным материалом. Было исследовано влияние следующих реагентов, растворимых в воде, на температуру возгорания березы и сосны: гидроксид натрия, борная кислота, сульфат аммония и фторид натрия. Наибольший прирост по температуре возгорания (на 280 °С – у березы, более 300 °С – у сосны) был выявлен для фторида натрия, молекулы которого ингибируют скорость появления активных частиц в пламени. Борная кислота, образующая стеклообразную пленку на поверхности древесины, сульфат аммония, разлагающийся с образованием негорючих газов, показали значительно меньший прирост температуры возгорания.

Группу огнезащитной эффективности (ОЗЭ) определяют по потере массы образцов при горении в определенных условиях с фиксированным временем огневого испытания [6]. Выделяют две группы огнезащитной эффективности материалов. Первая группа обеспечивает получение трудногорючей древесины, если потеря массы образца при горении составляет не более 9 %. Вторая группа огнезащитной эффективности обеспечивает получение трудновоспламеняемой древесины (потеря

массы 9–25 %). Исследование потери массы образцов древесины непосредственно в процессе горения ранее не проводилось. Тем не менее, экспериментальные данные позволили бы исследовать кинетические закономерности горения древесины, обработанной различными огнезащитными составами. Целью данного исследования является оценка возможности применения гравиметрического метода для определения огнезащитной эффективности антипиренов.

#### Методика исследования

Для определения кинетики горения древесины был использован модифицированный экспресс-метод – метод огневой трубы модифицированный. Установка «огневая труба модифицированная» представляет собой вертикально расположенную металлическую трубу диаметром 50 мм и

высотой 165 мм 4, которая закреплена на штативе 1 держателем 9 и снабжена держателем образца – стальной проволокой 3, а также смотровым зеркалом 7 и спиртовкой 6 с фитилем диаметром 5 мм. Размеры образцов древесины 5 составляли 5×30×100 мм. У испытуемых образцов на расстоянии 10 мм от одного из торцов выполнены отверстия диаметром 2–3 мм для подвешивания образца в трубе. В отличие от традиционной методики, масса образца в процессе испытаний уравнивалась с помощью противовеса – гири 10, закрепленного с помощью держателя гири 8 к коромыслу механических весов 2. Противовес помещали на электронных весах 11, которые фиксировали убыль массы образца в процессе испытаний. Схема экспериментальной установки представлена на рис. 1.

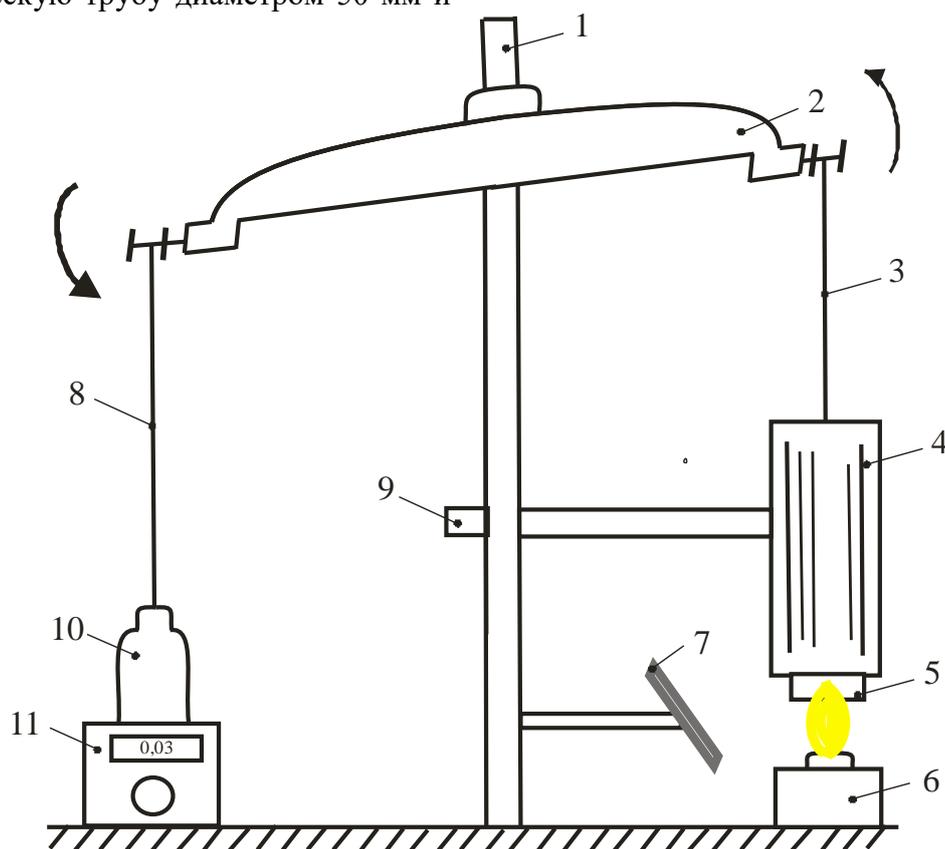


Рисунок 1. Схема установки «огневая труба модифицированная»  
 1 – штатив; 2 – коромысло; 3 – держатель образца; 4 – стальная труба;  
 5 – образец древесины; 6 – спиртовка; 7 – зеркало; 8 – держатель гири;  
 9 – держатель трубы; 10 – гиря; 11 – весы электронные

### Порядок проведения эксперимента

Образцы взвешивали до проведения огневых испытаний на электронных весах с точностью до 0,01 г. Образец подвешивали в центр огневой трубы так, чтобы нижний конец выступал из трубы на 5 мм и находился на 10 мм выше горелки. Помещали спиртовку под образец так, чтобы пламя действовало на середину нижнего торца образца. Запускали секундомер через 30 с после начала эксперимента. Фиксировали убыль массы образца в процессе огневого воздействия с шагом 15 с, а также после удаления источника зажигания до достижения постоянных значений убыли массы образца. Через 2,0 (3,0; 4,0; 5,0 ...

минут) источник зажигания удаляли и устанавливали чашку Петри под стальную трубу для сбора продуктов горения. После проведения огневых испытаний проводилась статистическая обработка результатов.

Исследовали образцы древесины, обработанные следующими огнезащитными составами промышленного производства: Огнебио I/II, Фенилакс, КСД, Профивуд (Profiwud), Фактура I (Faktura), Огнебиоцит. Огнезащитная эффективность, указанная производителем на канистрах, и другие характеристики этих составов представлены в табл. 1.

Таблица 1

*Огнезащитная эффективность и область применения огнезащитных составов*

Название	Группа ОЗЭ/ расход, г/м <sup>3</sup>	Способ применения	Область применения ОЗС, условия эксплуатации изделий и конструкций
Огнезащитные составы невоспучивающегося типа			
Огнебио	II/300	нанесение на поверхность «мокрым по мокрому» в 2 этапа с интервалом 20–40 мин, вымачивание в течении 1,5 ч (60 °С), 3ч (20 °С), пропитка под давлением / вакуумом	Обработка деревянных и других аналогичных материалов, готовых конструкций и изделий внутри и снаружи в условиях, исключающих попадание воды на обрабатываемую поверхность помещений
Профивуд (Profiwud)	II/310	нанесение на поверхность «мокрым по мокрому» в 2–3 этапа с интервалом 20–40 мин, вымачивание	Для обработки неокрашенных деревянных поверхностей, внутри помещения и на открытом воздухе без контакта с грунтом, воздействия атмосферных осадков и почвенной влаги
КСД	II/300	Нанесение на поверхность «мокрым по мокрому», вымачивание, пропитка под давлением, пропитка под вакуумом	Обработка стропильной системы зданий и сооружений, обработка полов, лаг, стен деревянных поверхностей интерьера; на открытом воздухе (под навесом)
Огнезащитные составы вспучивающегося типа			
Фенилакс	I/500	Нанесение на поверхность	Применяется внутри и снаружи помещений «под наве-

			сом» по всем деревянным несущим конструкциям: новым или старым (неокрашенным или очищенным от старого покрытия) деревянным поверхностям; по материалам на основе древесины (ДВП, ДСП, фанера, MDF, клееный брус)
Фактура I (Faktura)	I/400	Нанесение на поверхность	Обработка деревянных конструкций внутри жилых, производственных, административных, учебных зданий
Огнебиоцит	I/600	Нанесение на поверхность с помощью кисти, валика, краскораспылителя	Для защиты деревянных сооружений

Образцы, обработанные составами КСД, «Профивуд», «Огнебио», в ходе огневых испытаний обугливались. Для образцов, покрытых составами «Фенилакс», «Фактура» и «Огнебиоцит», на поверхности наблюдалось формирование «шапки» из вспенившегося под действием высокой температуры источника зажигания огнезащитного покрытия. Таким образом, во время огневых испытаний не наблюдалось пламенного горения ни для одного из исследуемых составов.

#### Результаты исследований

Результаты исследования потери массы образцов представлены на рис. 2. Из рис. 2 можно выделить два вида зависимостей потери массы образцов древесины от времени. Первый вид – это контрольный образец (древесина необработанная) и образцы древесины, обработанные антипиренами второй группы огнезащитной эффективности (кривые 2, 3, 4). Независимо от времени огневого испытания, кривые выходят на постоянную величину потери массы (ПМ). Максимальная у контрольного образца 85–87 % и у обработанных

образцов антипиренами «невспучивающегося» типа (кривые 2, 3, 4) 50–60 %. За фиксированное время горения образцов древесины невспучивающегося типа, равное 2 минутам, масса образцов уменьшается на 12–25 %, что соответствует второй группе огнезащитной эффективности. Второй вид кривых – это образцы, обработанные огнезащитными составами первой группы огнезащитной эффективности «вспучивающегося» типа (кривые 5, 6, 7). Зависимости близки к линейным. Для времени огневого испытания 6 мин. суммарные потери массы составляют: 5 – «Фенилакс» около 20 %; 6 – «Фактура I» около 10 %; 7 – Огнебиоцит около 7,5 %. За фиксированное время 2 мин. потеря массы образцов вспучивающегося типа составляет не более 9 %, что соответствует первой группе огнезащитной эффективности. Таким образом, результаты исследований совпадают с заявленной производителем эффективностью антипиренов, что позволяет судить о возможности применения разработанного метода.

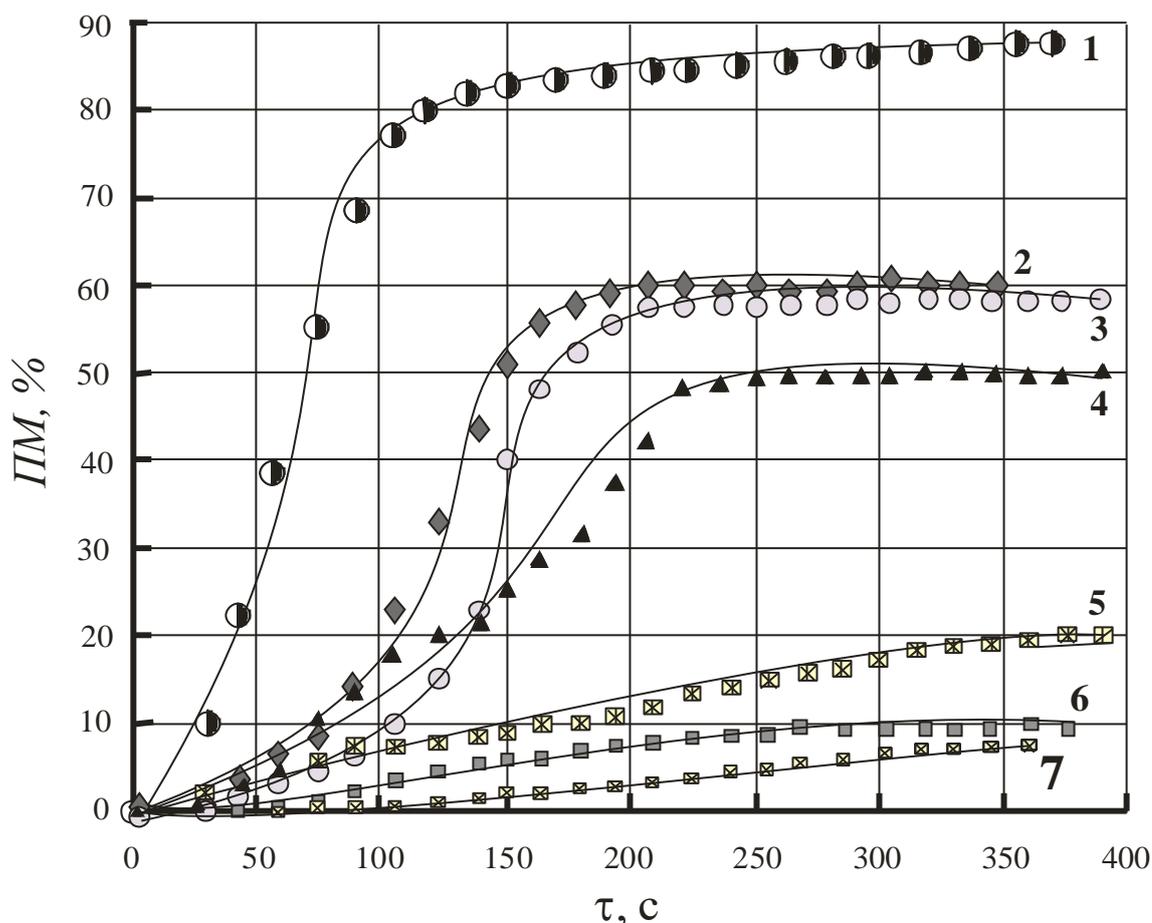


Рисунок 2. Зависимость потери массы образцов древесины, обработанных различными огнезащитными составами от времени:

1 – контрольный образец (древесина необработанная); 2 – «Огнебио»; 3 – КСД; 4 – «Профивуд»; 5 – «Фенилакс»; 6 – «Фактура I»; 7 – «Огнебиоцист»

Для выявления процессов, протекающих в ходе испытания, были построены зависимости первой производной потери массы образцов древесины ( $\Delta m/\Delta \tau$ ) от времени огневого испытания, представленные на рис. 3. Из рис. 3 видно, что наблюдаются максимумы первой производной для контрольного образца и образцов, обработанных ОЗС невспучивающегося типа. Пики отличаются по высоте и положению во времени. Для древесины необработанной – наибольший пик по высоте наблюдается

при  $\tau \sim 45$  с; затем кривые становятся более пологими, а максимальные значения первой производной потери массы понижаются: «Профивуд» – максимум при  $\tau \sim 80$  с; «Огнебио» –  $\tau \sim 115$  с; КСД –  $\tau \sim 165$  с. Таким образом, снижение интенсивности потери массы образцов связано с замедлением процесса деструкции материала. Для покрытий вспучивающегося типа максимумы практически не выражены и смещены во времени относительно контрольного образца.

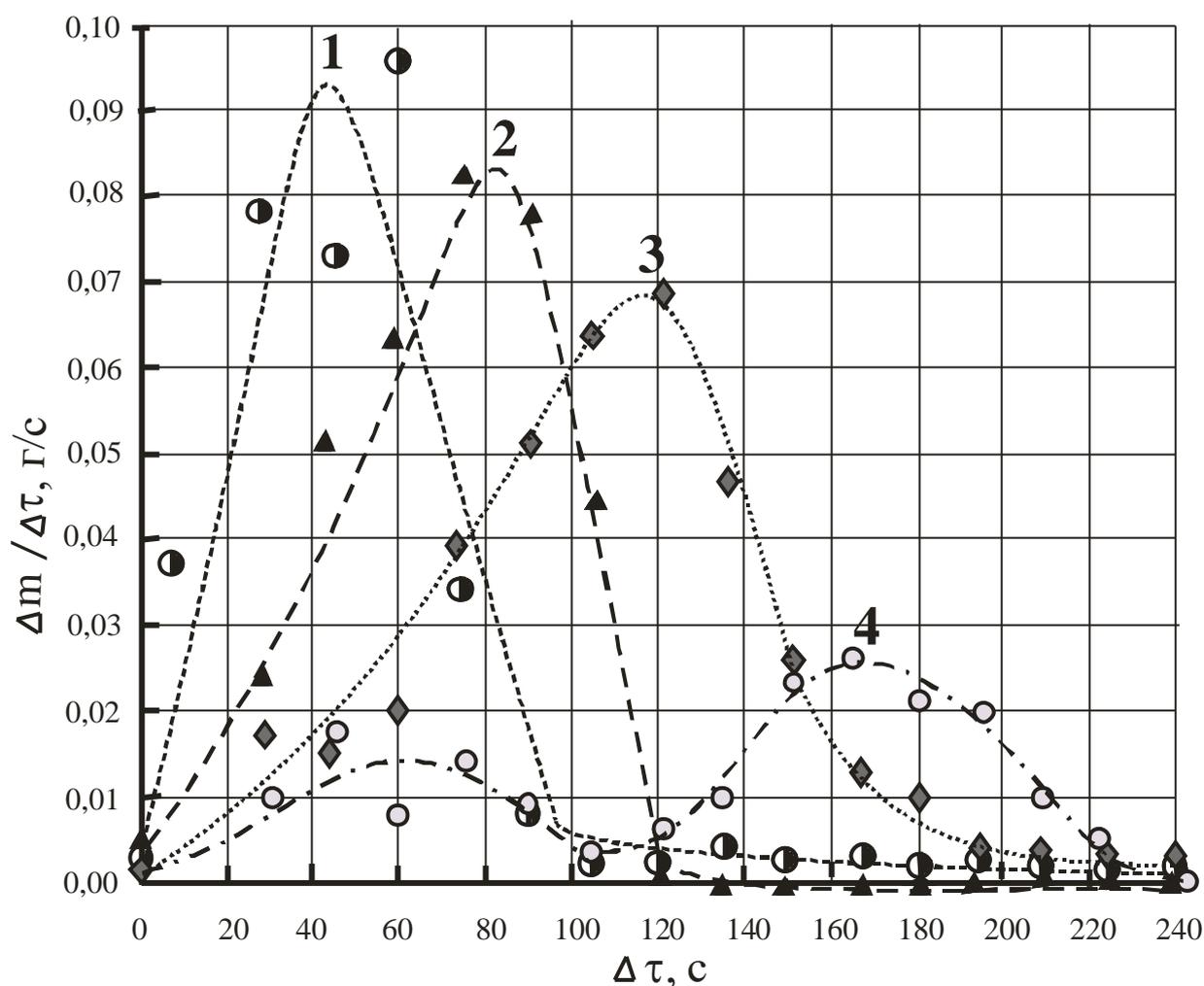


Рисунок 3. Зависимость первой производной убыли массы образцов древесины:  
1 – древесина необработанная; 2 – «Профивуд»; 3 – «Огнебио»; 4 – КСД

Отсутствие ярко выраженных максимумов у образцов, обработанных вспучивающимися антипиренами, свидетельствует о наибольшей эффективности огнезащитных составов.

### Выводы

Применение гравиметрического метода позволяет исследовать эффективность огнезащитных составов. Предложенный метод может использоваться в качестве экспресс-метода и основан на применении установки «огневая труба» для первичной оценки эффективности огнезащитных со-

ставов. В отличие от применяемой установки, модифицированная позволяет исследовать потерю массы образца во времени.

Результаты исследований совпадают с заявленной производителем эффективностью антипиренов, что позволяет судить о возможности применения вновь разработанного метода.

Дальнейшие исследования с применением модифицированного прибора позволят изучить механизм процесса термической деструкции древесины во времени, учитывая влияние не только типа антипирена, но и его расхода.

### Литература

1. Серков Б. Б., Асеева Р. М., Сивенков А. Б. Физико-химические основы горения и пожарная опасность древесины (Ч. 2) // Технологии техносферной безопасности. 2012. Вып. № 1 (41). URL: <http://agps-2006.narod.ru/ttb/2012-1/01-01-12.ttb.pdf>
2. Кошелева О. Э., Паули И. А., Николаев Н. Ю. Изучение термодеструкции древесины после обработки химическими реагентами // Известия вузов. Строительство. 2017. № 2. С. 101–108. URL: [elibrary\\_29410910\\_65578133.pdf](http://elibrary_29410910_65578133.pdf)
3. Кошелева О. Э., Логвиненко В. А. Термический анализ древесины. Ч. 2 // Известия вузов. Строительство. 2016. № 3. С. 95–99. URL: [elibrary\\_26299239\\_93513619.pdf](http://elibrary_26299239_93513619.pdf)
4. Лоскутов С. Р., Шапченкова О. А., Анискина А. А. Термический анализ древесины основных лесообразующих пород Средней Сибири // Сибирский лесной журнал. 2015. № 6. С. 17–30. URL: <https://Desktop/bf7590c7e60b8159553bbf6b80255f48%20.pdf>
5. Кулаков В. С. и др. Снижение пожарной опасности деревянных строительных конструкций способом глубокой пропитки древесины огнебиозащитным составом КСД-А (марка 1) // Пожаровзрывобезопасность. 2012. Т. 21. № 3. С. 31–38. URL: [elibrary\\_17821682\\_13141763.pdf](http://elibrary_17821682_13141763.pdf)
6. ГОСТ Р 53292–2009. Огнезащитные составы и вещества для древесины и материалов на ее основе. Общие требования. Методы испытаний. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200071904>

### References

1. Serkov B. B., Aseeva R. M., Sivenkov A. B. Fiziko-ximicheskie osnovy` gorenija i pozhar'naya opasnost` drevesiny` (Ch. 2) // Tehnologii texnosfer-noj bezopasnosti. 2012. Vy`p. № 1 (41). URL: <http://agps-2006.narod.ru/ttb/2012-1/01-01-12.ttb.pdf>
2. Kosheleva O. E` et al. Izuchenie termodestrukcii drevesiny` posle obrabotki ximicheskimi reagentami // Izvestiya vuzov. Stroitel`stvo. 2017. № 2. S. 101–108. URL: [elibrary\\_29410910\\_65578133.pdf](http://elibrary_29410910_65578133.pdf)
3. Kosheleva O. E`, Logvinenko V. A. Termicheskij analiz drevesiny`. Ch. 2 // Izvestiya vuzov. Stroitel`stvo. 2016. № 3. S. 95–99. URL: [elibrary\\_26299239\\_93513619.pdf](http://elibrary_26299239_93513619.pdf)
4. Loskutov S. R., Shapchenkova O. A., Aniskina A. A. Termicheskij analiz drevesiny` osnovny`x lesoobrazuyushhix porod Srednej Sibiri // Sibir-skij lesnoj zhurnal. 2015. № 6. S. 17–30. URL: <https://Desktop/bf7590c7e60b8159553bbf6b80255f48%20.pdf>
5. Kulakov V. S. et al. Snizhenie pozhar'noj opasnosti derevyanny`x stroitel`ny`x konstrukcij sposobom glubokoj propitki drevesiny` ognebiozashhitny`m sostavom KSD-A (marka 1) // Pozharovzry`vobezopasnost`. 2012. T. 21. № 3. S. 31–38. URL: [elibrary\\_17821682\\_13141763.pdf](http://elibrary_17821682_13141763.pdf)
6. GOST R 53292–2009. Ogneshhitny`e sostavy` i veshhestva dlya drevesiny` i materialov na ee osnove. Obshhie trebovaniya. Metody` ispy`tanij. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200071904>

УДК 614.842.864

ekononenko51@mail.ru

**РАЗВИТИЕ ПОНЯТИЯ РИСКА В СФЕРЕ УПРАВЛЕНИЯ  
БЕЗОПАСНОСТЬЮ НА СОВРЕМЕННОМ ЭТАПЕ.  
ПРАКТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ**

**DEVELOPING THE CONCEPT OF RISK IN THE FIELD  
OF SAFETY MANAGEMENT AT THE CURRENT STAGE.  
PRACTICAL ASPECTS**

*Кононенко Е. В., кандидат физико-математических наук,  
Мокроусова О. А., доктор педагогических наук, доцент,  
Черкасский Г. А., Шархун С. В., кандидат технических наук, доцент,  
Уральский институт ГПС МЧС России, Екатеринбург*

*Kononenko E., Mokrousova O., Cherkasskiy G., Sharhun S.,  
The Ural Institute of State Firefighting Service of Ministry  
of Russian Federation for Civil Defense, Yekaterinburg*

Статья посвящена анализу некоторых аспектов технического регулирования в области обеспечения пожарной безопасности, затронутых существенными изменениями в 2021 году. В настоящее время риск-ориентированный подход в техническом регулировании и обеспечении безопасности становится все более актуальным и находит широкое применение. Параллельно с развитием теоретических аспектов приобретает опыт практического использования оценки рисков, который отражается в нормативных правовых актах и документах по стандартизации. Интенсивно обновляется нормативная база установления обязательных технических требований по безопасности, при этом возникает риск применения устаревших документов.

*Ключевые слова:* риск, понятия риска и неопределенности, менеджмент риска, изменение законодательной базы, риск-ориентированный подход, менеджмент пожарной безопасности.

The article is devoted to the analysis of some aspects of technical regulation in the field of fire safety, affected by significant changes in 2021. Currently the risk-based approach in technical regulation and safety assurance is becoming more and more relevant and widely used. In parallel with the development of theoretical aspects, experience is gained in the practical use of risk assessment, which is reflected in regulatory legal acts and standardization documents. The regulatory framework for establishing mandatory technical safety requirements is being intensively updated, and there is a risk of using outdated documents.

*Keywords:* risk, concepts of risk and uncertainty, risk management, changes in the legal framework, risk-based approach, fire safety management.

В нашей стране, как и во всем мире, происходит интенсивное развитие практического применения философии безопасности, основанной на концепции приемлемого риска и используемой в современном техническом регулировании. Настоящая

статья посвящена анализу некоторых аспектов технического регулирования в области обеспечения пожарной безопасности, затронутых существенными изменениями в 2021 году, и является продолжением статьи «Развитие понятия риска в

сфере управления безопасностью на современном этапе» [1], в которой определены главные условия эффективной оценки рисков: совершенствование и правильное применение правовых и нормативных документов, и компетентность лиц, проводящих оценку.

Что касается первого условия, 1 января 2021 года вступил в действие целый ряд подзаконных актов и нормативных документов с установленными сроками действия (как правило, 6 лет в соответствии с Федеральным законом «Об обязательных требованиях в Российской Федерации» [2]) по вопросам обеспечения пожарной безопасности на основе применения риск-ориентированного подхода, что потребовало, в частности, пересмотра учебно-методических материалов для всех уровней подготовки (переподготовки) специалистов и изменения технологии пожарного аудита.

В целях развития применения Федерального закона от 31 июля 2020 г. № 248-ФЗ «О государственном контроле (надзоре) и муниципальном контроле в Российской Федерации» [3] реализована Программа профилактики нарушений обязательных требований в области пожарной безопасности при осуществлении федерального государственного пожарного надзора на 2021 год [4].

В 2021 году в практике надзорных мероприятий началось применение индекса индивидуализации при определении категории риска для каждого объекта защиты из группы объектов защиты, отнесенных к определенной категории риска, либо для принятия решения об изменении ранее присвоенной объекту защиты категории риска. Распоряжением МЧС России от 17.12.2021 № 1096 утверждена Программа профилактики рисков причинения вреда (ущерба) охраняемым законом ценностям в области пожарной безопасности при осуществлении федерального государственного пожарного надзора органами государственного пожарного надзора на 2022 год [5]. Программа предусматривает дальнейшее применение индивидуального подхода

к объектам проверки, использование самооценки (согласно статье 51 [3]), а также оценку соблюдения контролируемыми лицами требований к продукции, установленных национальным и межгосударственными техническими регламентами, содержащими требования пожарной безопасности.

В Программе [5] содержится анализ эффективности применения риск-ориентированного подхода, приведены результаты оценки ситуации за 2020 год и 9 месяцев 2021 года и имеется указание (пункт 1.3) на важность своевременного обеспечения заинтересованных лиц действующими правовыми и нормативными документами на официальном интернет-портале МЧС России (mchs.gov.ru) в разделе «Документы». Эта деятельность традиционно осуществляется во взаимодействии с Росстандартом. В соответствии с Распоряжением Правительства Российской Федерации от 2 марта 2021 года № 519-р завершена реорганизация Федерального государственного унитарного предприятия «Российский научно-технический центр информации по стандартизации, метрологии и оценке соответствия» (ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ») в Федеральное государственное бюджетное учреждение «Российский институт стандартизации» (ФГБУ «РСТ»).

Наличие у юридического лица или индивидуального предпринимателя официальных изданий нормативных документов по направлению деятельности является важным условием выполнения лицензионных требований и/или критериев аккредитации. Наряду с публикацией официальных документов по стандартизации ФГБУ «РСТ» осуществляет:

- формирование и ведение федерального информационного фонда стандартов;
- реализацию программы национальной стандартизации;
- проведение экспертизы документов по стандартизации, в том числе в части документов по стандартизации оборонной продукции;

- информационное обеспечение национальной системы стандартизации;
- обеспечение разработки, ведения и применения общероссийских классификаторов;
- проведение работ по международной и региональной стандартизации;
- создание и ведение федеральных информационных систем.

Можно считать крупным событием в области нормативного обеспечения риск-ориентированного подхода вступление в действие 1 января 2022 года национального стандарта ГОСТ Р МЭК 31010-2021 «Надежность в технике. Методы оценки риска» [6], идентичного международному стандарту 2019 года с тем же названием. Пользователями настоящего стандарта являются:

- все участники действий по оценке и менеджменту риска;
- специалисты, участвующие в разработке руководства по оценке риска в конкретных условиях;
- специалисты, принимающие решения в условиях неопределенности, включая специалистов, которые анализируют и интерпретируют результаты оценки.

Стандарт представляет собой руководство по выбору и применению качественных, количественных и полуколичественных методов оценки риска в широком диапазоне ситуаций. Эти методы используются при принятии решений в условиях неопределенности, для получения информации о конкретных видах риска, а также при организации процессов менеджмента риска.

Что касается апостериорного анализа данных, широко применяемого в управлении пожарной безопасностью при оценке интегральных рисков, индивидуализированных критериев и реализации принятых программ, то согласно стандарту, он может обеспечить:

- понимание прошлых последствий и вероятности их возникновения для приобретения опыта;

- информацию о тенденциях и закономерностях, включая периодичность, что позволяет делать прогнозы;

- данные корреляции для выявления возможных причин зависимостей, которые необходимо учитывать при проверке объектов защиты.

Имеющийся опыт применения риск-ориентированного подхода свидетельствует, что риск не всегда можно легко свести в таблицу в виде набора событий, их последствий и вероятностей. Это имеет особое значение для новых видов продукции, производственных и строительных технологий в части обеспечения пожарной безопасности. Создание новой продукции, в том числе той, которая должна соответствовать требованиям Технического регламента Евразийского экономического союза ТР ЕАЭС 043/2017 [7], Технического регламента о требованиях пожарной безопасности [8] и Распоряжению Правительства РФ 29.12.2020 № 3646-р [9], согласно представлениям об инновационных рисках, характеризуется высокой неопределенностью, так что обычные методы анализа могут оказаться бесполезными или бессмысленными.

Человеческий фактор, согласно [6], при оценке риска рассматривается как источник:

- неопределенности;
- влияния на выбор и применение методов;
- вариантов интерпретаций и использования информации (например, из-за различий восприятия риска).

Новая система контроля МЧС России действует с 1 июля 2021 года в соответствии с Постановлением Правительства РФ от 25.06.2021 № 1016 «О внесении изменений в Положение о федеральном государственном пожарном надзоре» [10]. Категория риска определяет частоту и объем надзорных мероприятий. Такой подход определяет необходимость обеспечения постоянного выполнения требований пожарной безопасности на объектах защиты

с использованием существующих разработок.

Фактор компетентности специалистов важен как при проведении надзорных мероприятий, так и при проведении независимой оценки пожарных рисков – пожарного аудита. Правила аттестации должностных лиц, осуществляющих деятельность в области оценки пожарного риска, утверждены Постановлением Правительства РФ от 26.05.2018 № 602 (в ред. от 10.07.2020 № 1017) [11].

С целью упорядочения деятельности по оценке пожарных рисков в России в 2020 году были приняты и 1 января 2021 года вступили в действие два важных подзаконных акта: Постановления Правительства от 22.07.2020 № 1084 «О порядке проведения расчетов по оценке пожарного риска» [12] и от 31.08.2020 № 1325 «Об утверждении Правил оценки соответствия объектов защиты (продукции) установленным требованиям пожарной безопасности путем независимой оценки пожарного риска» [13].

Следует отметить, что практическая деятельность по независимой оценке пожарных рисков (так же, как и по ряду других видов деятельности по оценке соответствия в рамках технического регулирования) затрудняется «отменой без замены» административных регламентов, содержащих подробную информацию по процедуре оценки, включая формы возникающих документов. Так, с июля 2021 года не действует Административный регламент исполнения государственной функции по надзору за выполнением требований пожарной безопасности, утвержденный Приказом МЧС России от 30.11.2016 № 644. При этом сегодня надзорная деятельность базируется на риск-ориентированном подходе, предполагающем учет результатов независимой оценки рисков с проведением расчетов.

Независимая оценка пожарного риска (аудит пожарной безопасности) предусмотрена статьей 144 Технического

регламента о требованиях пожарной безопасности [8] и направлена на повышение уровня защищенности населения, территорий, имущества юридических лиц и индивидуальных предпринимателей, а также на обеспечение прозрачности процедур надзора в целях предупреждения проявлений коррупции в этой сфере деятельности. Независимая оценка пожарного риска (НОР) призвана снизить административную нагрузку на субъекты предпринимательской деятельности; снизить нагрузку на органы пожарного надзора, обеспечивая их объективной информацией о малозначительных объектах. Кроме того, заключения независимых экспертов могут быть использованы при определении страховых сумм.

Важнейшая цель проведения независимого аудита и самообследования по вопросам пожарного состояния предпринимательского объекта – вовлечь хозяев бизнеса в процесс действительного контроля над обеспечением безопасности, снизив административные барьеры и подняв уровень ответственности. Срок действия декларации соблюдения обязательных требований определяется положением о виде контроля, но не может составлять менее одного года и более трех лет с момента регистрации указанной декларации контрольным (надзорным) органом.

После того как между предпринимателем-собственником и организацией-аудитором заключен договор о предстоящей проверке, в котором согласованы ее стоимость, сроки и условия, осуществляются следующие процедуры:

- первичный визит на объект и осмотр его с целью определить объем предстоящих работ;
- анализ законодательных актов, регулирующих пожарную безопасность объекта; отбор условий, на соответствие которым необходимо проверить объект защиты;
- изучение документальных результатов предыдущих проверок: как

государственных, так и независимого аудита;

- полное обследование состояния пожарной безопасности объекта;
- проверка соответствия имеющейся системы обеспечения пожарной безопасности законодательным требованиям (документарная и выездная);
- констатация наличия средств для локализации, предупреждения и тушения пожаров;
- проверка уровня знаний и умений персонала и руководства по поведению при пожароопасной ситуации;
- при необходимости – проведение экспертиз, расчетов, экспериментов;
- количественное определение уровня допустимого пожарного риска;
- оформление и выдача аудиторского заключения с выводами относительно соответствия проверяемого объекта требованиям безопасности и с рекомендациями по устранению нарушений и проведению дополнительных мероприятий.

Должностные лица, аттестованные на осуществление деятельности в области оценки пожарного риска, несут ответственность за правильность заключений и подлежат переаттестации каждые 5 лет [11]. В условиях быстрого изменения информационной, в частности, нормативной, базы НОР этот срок представляется чрезмерно большим, либо требуется проведение семинаров на уровне руководства МЧС России по актуальным вопросам оценки пожарных рисков, подобных семинару по разъяснению порядка и критериев отнесения объектов защиты к определенной категории риска, проведенному 17 ноября 2020 года под председательством заместителя Министра МЧС России – главного государственного инспектора Российской Федерации по пожарному надзору А. М. Супруновского.

Одним из действенных риск-ориентированных подходов к обеспечению пожарной безопасности предприятий и организаций в настоящее время является применение системы менеджмента пожарной

безопасности, которая встраивается в современные системы менеджмента качества (СМК) и экологического менеджмента с элементами менеджмента риска и проектного менеджмента, а также охраны здоровья и безопасности труда, путем разработки локальных нормативных актов. При разработке внутренних документов по менеджменту рисков в организации ориентируются на принципы:

- интегрированности управления рисками в общую систему управления организацией (предприятием);
- адаптированности системы менеджмента пожарной безопасности к особенностям организации,
- вовлечения персонала различных уровней в обеспечение безопасности;
- постоянного развития и совершенствования системы с учетом изменений правового и нормативного обеспечения деятельности по пожарной безопасности и необходимости проведения обучающих мероприятий.

Наличие системы менеджмента в организации по ИСО 9001:2015 предполагает обязательное проведение внутренних аудитов и/или самооценки этой системы. С 01.07.2021 внутренние аудиты проводятся в соответствии с ГОСТ Р ИСО 19011-2021 «Руководящие указания по проведению аудита систем менеджмента» [14]. Для самооценки используется ГОСТ Р ИСО 9004-2019 «Менеджмент качества. Качество организации. Руководство по достижению устойчивого успеха организации» [15]. Документы по внутренним аудитам и самооценке в организации, внедрившей у себя менеджмент пожарной безопасности, учитывают требования риск-ориентированного подхода. В качестве примера можно привести управление безопасностью на уникальном многопрофильном предприятии по добыче урановой руды и производству промышленной продукции – ПАО «Приаргунское производственное горнохимическое объединение», где разработан документ по менеджменту пожарной без-

опасности (стандарт организации) для интегрированной системы менеджмента. Подобный подход применяется на многих предприятиях различного профиля и обусловлен отчасти тем, что после согласования с органами государственной противопожарной службы и утверждения руководством организации требования стандартов организаций становятся обязательными

для их сотрудников. Таким образом, интегрированная система менеджмента является эффективным инструментом управления, позволяющим наилучшим образом соблюдать требования ряда международных стандартов, а также осуществлять управление деятельностью организаций функционально и грамотно.

### Литература

1. Кононенко Е. В. и др. Развитие понятия риска в сфере управления безопасностью на современном этапе // Техносферная безопасность. 2021. № 1 (30). С. 94–100.
2. Об обязательных требованиях в Российской Федерации: федер. закон Российской Федерации от 31.07.2020 № 247-ФЗ (ред. от 11.06.2021).
3. О государственном контроле (надзоре) и муниципальном контроле в Российской Федерации: федер. закон Российской Федерации от 31.07.2020 № 248-ФЗ (ред. от 06.12.2021).
4. Об утверждении Программы профилактики нарушений обязательных требований в области пожарной безопасности при осуществлении федерального государственного пожарного надзора на 2021 год: распоряжение МЧС России от 14.12.2020 № 948.
5. Об утверждении Программы профилактики рисков причинения вреда (ущерба) охраняемым законом ценностям в области пожарной безопасности при осуществлении федерального государственного пожарного надзора органами государственного пожарного надзора на 2022 год: распоряжение МЧС России от 17.12.2021 № 1096.
6. ГОСТ Р МЭК 31010–2021. Надежность в технике. Методы оценки риска.
7. Технический регламент Евразийского экономического союза «О требованиях к средствам обеспечения пожарной безопасности и пожаротушения» (ТР ЕАЭС 043/2017) от 23.06.2017 № 40.
8. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности: федер. закон Российской Федерации от 22.07.2008 № 123-ФЗ (ред. от 30.04.2021).
9. Список продукции, подлежащей обязательному подтверждению соответствия требованиям Федерального закона «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» (в ред. от 15.07.2021 № 1951-р: распоряжение Правительства РФ от 29.12.2020 № 3646-р.
10. О внесении изменений в Положение о федеральном государственном пожарном надзоре: постановление Правительства РФ от 25.06.2021 № 1016.
11. Об аттестации должностных лиц, осуществляющих деятельность в области оценки пожарного риска (в ред. от 10.07.2020 № 1017): постановление Правительства РФ от 26.05.2018 № 602.
12. О порядке проведения расчетов по оценке пожарного риска: постановление Правительства РФ от 22.07.2020 № 1084.
13. Об утверждении Правил оценки соответствия объектов защиты (продукции) установленным требованиям пожарной безопасности путем независимой оценки пожарного риска: постановление Правительства РФ от 31.08.2020 № 1325.
14. ГОСТ Р ИСО 19011–2021. Руководящие указания по проведению аудита систем менеджмента.
15. ГОСТ Р ИСО 9004–2019. Менеджмент качества. Качество организации. Руководство по достижению устойчивого успеха организации.

### References

1. Kononenko E. V. et al. Razvitiye ponyatiya riska v sfere upravleniya bezopasnost'yu na sovremennom urovne // Tekhnosfernaya bezopasnost'. 2021. № 1 (30). S. 94–100.
2. Ob obyazatel'nyh trebovaniyah v Rossijskoj Federacii: feder. zakon Rossijskoj Federacii ot 31.07.2020 № 247-FZ (red. ot 11.06.2021).
3. O gosudarstvennom kontrole (nadzore) i municipal'nom kontrole v Rossijskoj Federacii: feder. zakon Rossijskoj Federacii ot 31.07.2020 № 248-FZ (red. ot 06.12.2021).
4. Rasporyazhenie MCHS Rossii ot 14.12.2020 № 948 «Ob utverzhdenii Programmy profilaktiki narushenij obyazatel'nyh trebovanij v oblasti pozharnoj bezopasnosti pri osushchestvlenii federal'nogo gosudarstvennogo pozharnogo nadzora na 2021 god».
5. Rasporyazhenie MCHS Rossii ot 17.12.2021 № 1096 «Ob utverzhdenii Programmy profilaktiki riskov prichineniya vreda (ushcherba) ohranyaemym zakonom cennostyam v oblasti pozharnoj bezopasnosti pri

osushchestvlenii federal'nogo gosudarstvennogo pozharnogo nadzora organami gosudarstvennogo pozharnogo nadzora na 2022 god».

6. GOST R MEK 31010–2021. Nadezhnost' v tekhnike. Metody ocenki riska.

7. Tekhnicheskij reglament Evrazijskogo ekonomicheskogo soyuza «O trebovaniyah k sredstvam obespecheniya pozharnoj bezopasnosti i pozharotusheniya» (TR EAES 043/2017) ot 23.06.2017 № 40.

8. Tekhnicheskij reglament o trebovaniyah pozharnoj bezopasnosti: feder. zakon Rossijskoj Federacii ot 22.07.2008 № 123-FZ (red. ot 30.04.2021).

9. Rasporyazhenie Pravitel'stva RF ot 29.12.2020 № 3646-r «Spisok produkcii, podlezhashchej obyazatel'nomu podtverzhdeniyu sootvetstviya trebovaniyam Federal'nogo zakona «Tekhnicheskij reglament o trebovaniyah pozharnoj bezopasnosti» (v red. ot 15.07.2021 № 1951-r).

10. Postanovlenie Pravitel'stva RF ot 25.06.2021 № 1016 «O vnesenii izmenenij v Polozhenie o federal'nom gosudarstvennom pozharnom nadzore».

11. Postanovlenie Pravitel'stva RF ot 26.05.2018 № 602 «Ob attestacii dolzhnostnyh lic, osushchestvlyayushchih deyatelnost' v oblasti ocenki pozharnogo riska» (v red. ot 10.07.2020 № 1017).

12. Postanovlenie Pravitel'stva RF ot 22.07.2020 № 1084 «O poryadke provedeniya raschetov po ocenke pozharnogo riska».

13. Postanovlenie Pravitel'stva RF ot 31.08.2020 № 1325 «Ob utverzhdenii Pravil ocenki sootvetstviya ob"ektov zashchity (produkcii) ustanovlennym trebovaniyam pozharnoj bezopasnosti putem nezavisimoy ocenki pozharnogo riska».

14. GOST R ISO 19011–2021 «Rukovodyashchie ukazaniya po provedeniyu audita sistem menedzhmenta».

15. GOST R ISO 9004–2019 «Menedzhment kachestva. Kachestvo organizacii. Rukovodstvo po dostizheniyu ustojchivogo uspekha organizacii».

УДК 614.849

a\_kalach@mail.ru

**ПРОБЛЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ  
И СЦЕНАРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РАЗВИТИЯ  
ПОЖАРООПАСНОЙ СИТУАЦИИ НА НЕФТЕНАЛИВНОМ ТАНКЕРЕ**

**PROBLEMS OF FIRE SAFETY AND SCENARIO MODELING  
OF THE DEVELOPMENT OF A FIRE-HAZARDOUS SITUATION  
ON AN OIL TANKER**

*Лоран Н. М., Главное управление МЧС России  
по Кемеровской области – Кузбассу, Кемерово,  
Калач А. В., доктор химических наук, профессор,  
Уральский институт ГПС МЧС России, Екатеринбург*

*Laurent N., The Main Directorate of the Ministry of Emergency Situations  
of Russia in the Kemerovo region, Kuzbass, Kemerovo,  
Kalach A.,  
The Ural Institute of State Firefighting Service of Ministry  
of Russian Federation for Civil Defense, Yekaterinburg,*

В статье рассмотрены актуальные проблемы обеспечения пожарной безопасности на объектах нефтегазового комплекса. Проведено сценарное моделирование возникновения пожароопасной ситуации и развития пожаров на нефтеналивных танкерах. Представлены результаты поведенного сценарного моделирования развития пожароопасной ситуации на нефтяном танкере при разливе нефти на площади 20 м<sup>2</sup> (в технологическом поддоне), вытекшей из перекачивающего насоса с использованием программы «СИТИС: Блок» на основе модуля CFAST, реализующего двухзонную модель тепломассопереноса при пожарах. Время моделирования составило 600 с, начальная температура 20 °С, состояние дверей и проемов 100 % и остается неизменным. По результатам моделирования рассматриваемого сценария установлено, что время блокирования составляет 14 с. Отдельное внимание авторами уделено анализу данных о местах возникновения пожаров на объектах, связанных с хранением, транспортировкой и переработкой нефти и нефтепродуктов. На основе проведенного анализа, обработки статистических данных сделан вывод, что пожары на судах, перевозящих нефтепродукты носят затяжной характер, заканчиваясь полным выгоранием нефтепродуктов. Сделан вывод о необходимости использовать полученные результаты при разработке мероприятий по повышению качества обеспечения пожарной безопасности на объектах нефтяной промышленности.

*Ключевые слова:* нефтеналивные танкеры, нефтепродукты, перевозка, моделирование, пожарная безопасность, пожар.

The article discusses the current problems of ensuring fire safety at the facilities of the oil and gas complex. Scenario modeling of the occurrence of a fire-hazardous situation and the development of fires on oil tankers was carried out. The results of the behavioral scenario modeling of the development of a fire-hazardous situation on an oil tanker during oil bottling on an area of 20 m<sup>2</sup> (in a technological pallet) that leaked from a pumping pump using the CITYS program are presented.: Block" based on the CFAST module,

which implements a two-zone model of heat and mass transfer in case of fires. The simulation time was 600 s, the initial temperature was 20 °C, the condition of the doors and openings is 100% and remains unchanged. Based on the simulation results of the scenario under consideration, it was found that the blocking time is 14 seconds. Special attention is paid by the authors to the analysis of data on the places of occurrence of fires at facilities associated with the storage, transportation and processing of oil and petroleum products. Based on the analysis, processing of statistical data, it is concluded that fires on ships carrying petroleum products are protracted, ending in complete burnout of petroleum products. It is concluded that it is necessary to use the results obtained in the development of measures to improve the quality of fire safety at oil industry facilities.

*Keywords:* oil tankers, petroleum products, transportation, modeling, fire safety, fire.

Вопросы обеспечения пожарной безопасности на объектах нефтегазового комплекса России представляют собой актуальную задачу, возникающую при осуществлении производственных процессов добычи, переработки нефти и газа, организации перевозки нефти, газа и нефтепродуктов.

Анализ и обобщение статистических данных о пожарах на объектах, связанных с хранением, транспортировкой и переработкой нефти и нефтепродуктов, приведен на рис. 1 [1–4]. Все указанные причины необходимо учитывать при обеспечении пожарной безопасности перевозки нефти и нефтепродуктов.

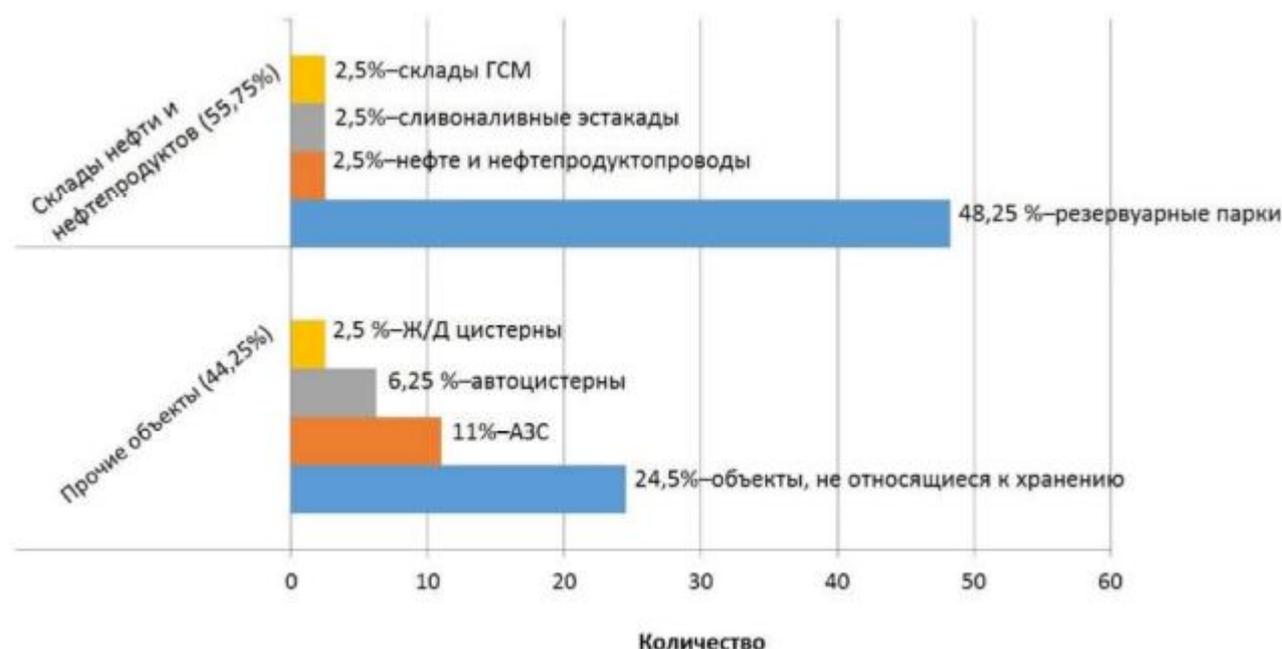


Рисунок 1. Иллюстрация данных о местах возникновения пожаров на объектах нефтегазового комплекса

Из рис. 1 следует, что пожары возникают на объектах, не относящихся к хранению, в 24,5 % случаев. К таким объектам относятся буровые установки для добычи нефти, нефтеналивные танкеры, ректификационные колонны.

Таким образом, актуальным представляется задача исследования причин и

условий, при которых возникают пожароопасные ситуации на нефтеналивных танкерах с целью обеспечения заданного уровня пожарной безопасности.

Следует отметить, что одной из особенностей пожаров на судах, перевозящих нефтепродукты, является то, что они имеют затяжной характер, заканчиваясь

полным выгоранием нефтепродуктов [3–7]. При этом основной причиной пожаров и взрывов являлось воспламенение паров нефти (нефтепродуктов) с воздухом при наличии источника зажигания различного генезиса [1].

Анализ пожаров на танкерных нефтеперевозящих судах показал, что взрыв и последующее тепловое воздействие на установки горящих танков выводят оборудования из строя [6; 8–11]. В этих обстоятельствах актуально использование сценарного моделирования развития пожароопасной ситуации на танкере.

Рассмотрим основные положения модели. Развитие горения на начальной стадии происходит при достаточном количестве кислорода при большом количестве пожарной нагрузки, что также влияет на мощность горения.

Исходя из вышеизложенных заключений, для модели расчета времени блокирования путей эвакуации опасными факторами пожара можно выбрать зонный метод математического моделирования пожаров.

Для расчета используется программа «СИТИС: Блок 4.12» на основе модуля CFAST, реализующего двухзонную модель тепломассопереноса при пожарах. Применяемые в программе математические модели более подробно описаны в техническом руководстве программы «СИТИС: Блок», в техническом руководстве программы CFAST, а также в документе СИТИС «Методические рекомендации по использованию программы CFAST».

Для иллюстрации последствий смоделируем розлив нефти на площади 20 м<sup>2</sup> (в технологическом поддоне), вытекшей из перекачивающего насоса. Расчетная точка располагается при выходе из секции (рис. 2). В качестве пожарной нагрузки рассматривали нефть. Результаты моделирования приведены на рис. 2.

Время моделирования составило 600 с, начальная температура 20 °С, состояние дверей и проемов 100 % и остается неизменным. Предельно допустимые значения определяются автоматически.

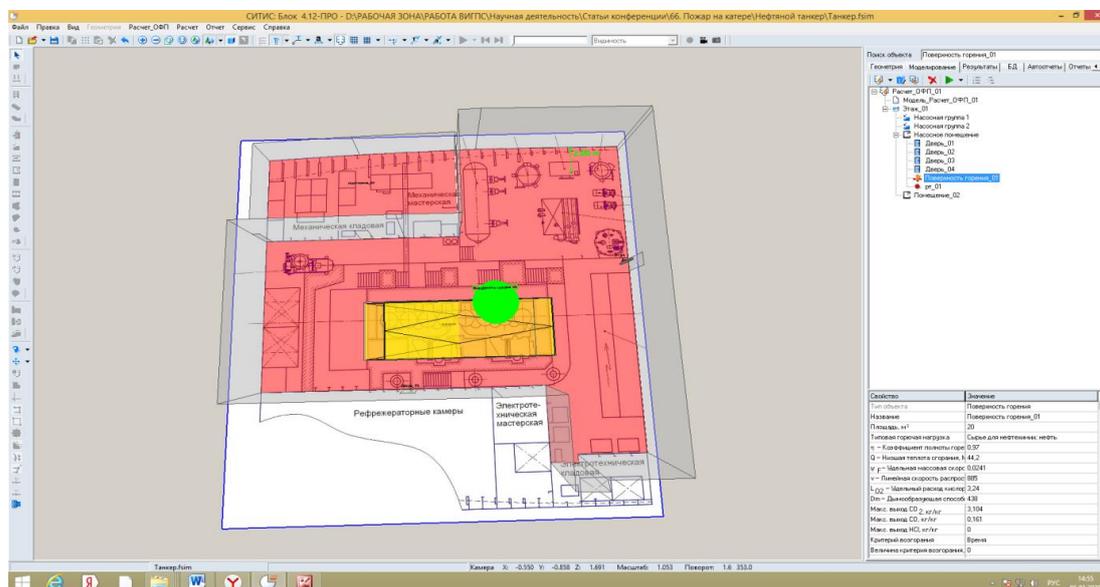


Рисунок 2. Иллюстрация расположения места начала развития пожароопасной ситуации на нефтяном танкере

Характеристики поверхности горения в модели рассматриваемого сценария представлены в табл. 1.

Таблица 1

Качественные характеристики моделируемой поверхности горения

Параметры	Значение
Расположение	Насосное помещение
Площадь, м <sup>2</sup>	20
Типовая горючая нагрузка	Сырье для нефтехимии; нефть
h – коэффициент полноты горения	0,97
Q – низшая теплота сгорания, МДж/кг	44,2
Удельная массовая скорость выгорания, кг/(м <sup>2</sup> ·с)	0,0241
v – линейная скорость распространения пламени, м/с	885
L <sub>O2</sub> – Удельный расход кислорода, кг/кг	3,24
Дымообразующая способность горящего материала, Нп·м <sup>2</sup> /кг	438
Макс. выход СО <sub>2</sub> , кг/кг	3,104
Макс. выход СО, кг/кг	0,161
Макс. выход НСl, кг/кг	0
Критерий возгорания	Время
Величина критерия возгорания	0

Предельно допустимые значения опасных факторов пожара приведены в табл. 2.

Таблица 2

Предельно допустимые значения опасных факторов пожара

Название	T, °C	O <sub>2</sub> , кг/м <sup>3</sup>	CO <sub>2</sub> , кг/м <sup>3</sup>	CO, кг/м <sup>3</sup>	НСl, кг/м <sup>3</sup>	AT, Вт/м <sup>2</sup>
Значение	70	0,226	0,11	0,00116	2,3E-5	1400

Результаты моделирования значений опасных факторов представлены в табл. 3.

Таблица 3

Результаты проведения моделирования значений опасных факторов пожара

Параметры	Значение
Время блокирования, с	14
По повышенной температуре, с	26
По пониженному содержанию кислорода, с	26
По СО, с	27
По СО <sub>2</sub> , с	223
По НСl, с	> 600
По тепловому потоку, с	14
По потере видимости, с	27

Из результатов моделирования рассматриваемого сценария следует, что время блокирования составляет 14 с. Дальнейшие рассуждения о вариантах развития

пожароопасной ситуации следует формулировать исходя из последовательности, представленной на рис. 3.



Рисунок 3. Процесс сценарного планирования

В результате использования программы «СИТИС: Блок» получили аналитическое решение задачи распределения опасных факторов пожара в помещении в условиях кондуктивного режима свободной конвекции. Решение поставленной задачи определяет время эвакуации персонала и возможность реагирования систем и установок пожаротушения для танкерных судов в конкретный период времени [12].

Таким образом, проведенное сценарное моделирование не представляет собой прогноз, а является описанием сравнительно предсказуемого развития события, дает возможность управлять рисками, а по-

лученные результаты могут быть использованы при разработке мероприятий по повышению качества обеспечения пожарной безопасности на объектах нефтяной промышленности.

Проведенный анализ полученной сценарной модели возникновения пожароопасной ситуации и развития пожара на нефтеналивном танкере позволил выделить большое количество системных проблем, которые для своего решения требуют комплексного подхода. При этом применение компьютерного моделирования позволяет свести к минимуму гибель людей и обеспечить сохранность материальных ресурсов.

#### Литература

1. Дупляков Г. С. Анализ и обобщение статистических данных по опасным техногенным явлениям на объектах нефтяной промышленности РФ // Актуальные проблемы обеспечения пожарной безопасности и защиты от чрезвычайных ситуаций: сборник статей по материалам Всероссийской научно-практической конференции. 2019. С. 77–86.
2. Максимов А. А., Егоров В. Р. Судовая система безопасной эксплуатации танкеров // Совершенствование проектирования и эксплуатации морских судов и сооружений. сборник статей по материалам XIII студенческой межвузовской научно-технической конференции. Севастополь, 2018. С. 166–200.
3. Мехдиев И. Д., Ершов А. А. Особенности теплозащитных свойств пенообразующих систем при ликвидации пожаров на танкерах // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Морская техника и технология. 2021. № 1. С. 18–23.
4. Епихин А. И. Основные причины аварийности танкеров-газовозов // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Морская техника и технология. 2016. № 4. С. 7–12.
5. Жуйков Д. А., Старков Н. Н., Триполицын А. А. Повышение эффективности применения мобильных средств пожаротушения с использованием компрессионной пены для обеспечения пожарной безопасности объектов военной инфраструктуры и воинских подразделений // Воен. инженер. 2019. № 3 (13). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/povyshenie-effektivnosti-primeneniya-mobilnyh-sredstv-pozharotusheniya-sispolzovaniem-kompressionnoy-peny-dlya-obespecheniya>
6. Калач А. В., Гусаков А. Н., Шарапов С. В. К вопросу о совершенствовании технологии и техники пенного пожаротушения // Пожаровзрывобезопасность. 2017. № 1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/kvoprosu-o-sovershenstvovanii-tehnologii-i-tehniki-pennogo-pozharotusheniya>
7. Харченко Ю. А. и др. Критерий комплексной безопасности плавучих нефтегазовых платформ // Вестник Ассоциации буровых подрядчиков. 2019. № 1. С. 45–48.
8. Алферов В. И., Кудрин М. А., Шапошников В. М. Расчет остаточных напряжений корпусных конструкций после пожара в аварийном танке // Труды Центрального научно-исследовательского института им. Академика А. Н. Крылова. 2015. № 86 (370). С. 201–208.
9. Сафонов В. С. Современное состояние исследований конструктивной надежности танкеров для транспортировки СПГ и последствий аварийных разливов СПГ на водной поверхности // Научно-технический сборник «Вести газовой науки». 2019. № 2 (39). С. 118–128.

10. Ефимов В. В. О применимости рекомендаций международной морской организации по оценке риска систем для морских автономных надводных судов // Морской вестник. 2020. № 4 (76). С. 110–115.
11. Калач А. В. и др. Анализ аварийности развития пожароопасной ситуации на нефтяном танкере // Сибирский пожарно-спасательный вестник. 2020. № 4 (19). С. 38–43.

#### References

1. Duplyakov G. S. Analysis and generalization of statistical data on dangerous technogenic phenomena at the facilities of the oil industry of the Russian Federation // Actual problems of fire safety and protection from emergencies. Collection of articles based on the materials of the All-Russian Scientific and Practical Conference. 2019. Pp. 77–86.
2. Maksimov A. A., Egorov V. R. Ship system of safe operation of tankers // Improving the design and operation of marine vessels and structures. collection of articles based on the materials of the XIII student interuniversity scientific and technical conference. Sevastopol, 2018. Pp. 166–200.
3. Mehdiyev I. D., Ershov A. A. Features of heat-protective properties of foaming systems in the elimination of fires on tankers // Bulletin of the Astrakhan State Technical University. Series: Marine Engineering and Technology. 2021. No. 1. Pp. 18–23.
4. Epikhin A. I. The main causes of accidents of gas tankers // Bulletin of the Astrakhan State Technical University. Series: Marine Engineering and Technology. 2016. No. 4. Pp. 7–12.
5. Zhuikov D. A., Starkov N. N., Tripolitsyn A. A. Improving the efficiency of the use of mobile firefighting equipment using compression foam to ensure fire safety of military infrastructure and military units // Military engineer. 2019. No. 3 (13). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/povyshenie-effektivnosti-primeneniya-mobilnyh-sredstv-pozharotusheniya-sispolzovaniem-kompressionnoy-peny-dlya-obespecheniya>
6. Kalach A. V., Gusakov A. N., Sharapov S. V. On the issue of improving the technology and technique of foam fire extinguishing // Fire and explosion safety. 2017. No. 1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/kvoprosu-o-sovershenstvovanii-tehnologii-i-tehniki-pennogo-pozharotusheniya>
7. Kharchenko Yu. A. et al. Criterion of complex safety of floating oil and gas platforms // Bulletin of the Association of Drilling Contractors. 2019. No. 1. Pp. 45–48.
8. Alferov V. I., Kudrin M. A., Shaposhnikov V. M. Calculation of residual stresses of hull structures after a fire in an emergency tank // Proceedings of the Central Research Institute. Academician A. N. Krylov. 2015. No. 86 (370). Pp. 201–208.
9. Safonov V. S. The current state of research on the structural reliability of tankers for LNG transportation and the consequences of emergency LNG spills on the water surface // Scientific and Technical Collection of Vestn gazovoi nauki. 2019. No. 2 (39). Pp. 118–128.
10. Efimov V. V. On the applicability of the recommendations of the International Maritime Organization on risk assessment of systems for marine autonomous surface vessels // Marine Bulletin. 2020. No. 4 (76). Pp. 110–115.
11. Kalach A. V. et al. Analysis of the accident rate of the development of a fire-hazardous situation on an oil tanker // Siberian Fire and rescue Bulletin. 2020. No. 4 (19). Pp. 38–43.

УДК 614.842.8

uri\_psigdzp@mail.ru

**ОСОБЕННОСТИ РЕАГИРОВАНИЯ СИЛ И СРЕДСТВ  
ПОЖАРНЫХ ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ НА ПОЙМЕННЫЕ ПОЖАРЫ  
В БАССЕЙНАХ РЕК ХАНТЫ-МАНСИЙСКОГО  
АВТОНОМНОГО ОКРУГА – ЮГРЫ**

**FEATURES OF THE RESPONSE OF THE FORCES AND MEANS  
OF FIRE DIVISIONS ON FLOODPLAIN FIRES IN THE RIVER BASINS  
OF THE KHANTY-MANSIYSK AUTONOMOUS OKRUG – UGRA**

*Морозова А. Г., Степанов О. И., кандидат технических наук,  
Югорский государственный университет, Ханты-Мансийск,  
Назаров С. А., Главное управление МЧС России по Ханты-Мансийскому  
автономному округу – Югре, Ханты-Мансийск,  
Юдичев А. А., Уральский институт ГПС МЧС России, Екатеринбург*

*Morozova A., Stepanov O.,  
Yugorsk State University, Khanty-Mansiysk,  
Nazarov S., the Crisis Management Center of the Ministry of Emergency Situations  
of Russia for the Khanty-Mansi Autonomous Okrug – Yugra, Khanty-Mansiysk,  
Udichev A., the Ural Institute of State Firefighting Service  
of Ministry of Russian Federation for Civil Defense, Yekaterinburg*

Рассмотрены основные особенности пойменных природных пожаров, которые являются разновидностью ландшафтных пожаров, – особо актуальных в географо-климатических условиях регионов Западной Сибири. Рассмотрены причины и факторы, влияющие на возникновение и развитие пойменных пожаров. Оценены различные экономические, социальные, экологические и иные последствия пойменных природных пожаров. Приведены действующие и предлагаемые разграничения по реагированию сил и средств пожарно-спасательных подразделений, лесопожарных формирований и добровольческих (волонтерских) сил. Предложена модель действий оперативных сводных отрядов (групп) пожарно-спасательных сил и представлено описание учений, проведенных в целях отработки данной модели для повышения оперативности реагирования на пойменный природный пожар и создания возможностей форсирования мер по его локализации и ликвидации. В ходе проверки модели проработан вопрос об интенсификации взаимодействия различной техники и сил различного подчинения. Действие предлагаемой модели направлено именно на меры по предупреждению распространения пойменного пожара и вероятного его перехода от менее опасного к сценарию, более угрожающему здоровью и жизням людей и расположенным в населенных пунктах материальным ценностям. В данной модели предусмотрено и оговорено обязательное проведение воздушной разведки пойменных пожаров ввиду возможности их стремительного распространения, а также привлечение пожарных-парашютистов для локализации отдельных дальних малых очагов, способных спровоцировать дальнейшее развитие пожара. Приведено описание тушения характерного для региона, пойменного пожара, где действия различных сил, средств и формирований были проведены по предложенной и заранее отработанной модели. Сформулированы выводы на основании реального применения предлагаемой модели о динамических показателях

системы реагирования на пойменные пожары, при этом учтена проблема отсутствия автотранспортной доступности очага пожара в связи со свойствами грунтов и почв региона. Применение модели позволило в минимальные сроки привлечь к тушению пойменного пожара достаточные и необходимые силы и средства реагирования на пойменный пожар.

*Ключевые слова:* пожар, силы и средства, пойма, тушение.

The features of floodplain natural fires are considered as a variety of landscape fires that are especially relevant in the geographical and climatic conditions of the region. Causes and factors influencing the occurrence and development of floodplain fires are considered. Various economic, social, environmental and other consequences of floodplain natural fires are evaluated. The current and prospective delineations on the response of forces and means of fire and rescue units, forest fire formations and volunteer forces are given. A model of the actions of operational combined detachments (groups) of fire and rescue forces is proposed and a description of the exercises conducted in order to develop this model in order to increase the efficiency of response to a floodplain natural fire and create opportunities for forcing measures to localize it and eliminate its consequences is presented. During the verification (testing) of the model the issue of intensifying the interaction of various equipment and various forces of different subordination was worked out. The proposed model emphasizes on measures to prevent the spread of floodplain fire and its likely transition from a less dangerous to a more threatening locality, the health and lives of people living in it and the material values located in it. In this model it is provided and stipulated as mandatory, if it is available, to conduct an aerial survey of floodplain fires due to the possibility of their rapid spread, as well as the involvement of firefighters-parachutists to localize certain distant small seats of fire that can provoke further development of the fire. The description of extinguishing a floodplain fire typical for the region, where the actions of various forces, means and formations were carried out according to the proposed and previously developed model, is given. Conclusions that are based on the real application of the proposed model on the dynamic indicators of the response system to floodplain fires, while taking into account the problem of the lack of road accessibility of the fire center due to the properties of the ground and soils are given. The application of the model really made it possible to attract sufficient and necessary forces and means of responding to a floodplain fire to extinguish a floodplain fire in the shortest possible time.

*Keywords:* fire, forces and means, floodplain, extinguishing.

С начала пожароопасного сезона 2020 г. на территории Российской Федерации возникло более 14,8 тыс. очагов природных пожаров на общей площади свыше 9 млн 267 тыс. га. По данным МЧС России в 2020 г. на территории Российской Федерации зарегистрировано 25 крупных природных пожара, из которых 23 пожара были муниципального характера и 2 пожара – регионального. По сравнению с аналогичным периодом 2019 г., наблюдается устойчивый рост крупных лесных пожаров на 316,67 %. От крупных природных пожа-

ров в 2020 г. пострадало 16 человек, материальный ущерб составил 127,536 млн рублей [1].

Природный, или ландшафтный, пожар определяется как неконтролируемый процесс горения, стихийно возникающий и распространяющийся в природной среде, охватывающий различные компоненты природного ландшафта [2].

Ландшафтные пожары классифицируются по виду ландшафта, по которому распространяется горение.

Пойменные пожары, как разновидность ландшафтных пожаров [2], возникают в поймах рек, на переувлажненных участках, в дельтах рек и по склонам оврагов. Они имеют определенное сходство со степными пожарами, состоящее в том, что оба вида пожаров характеризуются легкостью инициирования горения и быстротой распространения зоны горения, которая зависит, прежде всего, от скорости ветра и влажности растительного покрова [3]. Особенность пойменных пожаров заключается в том, что огонь преодолевает достаточно обширные пространства и, в некоторых случаях, водные преграды. Не становятся преградой для пойменных пожаров и обводненные (болотистые) участки местности, на которых пожар хоть и снижает скорость распространения, но тем не менее продолжает продвигаться по находящейся над водой растительности.

Вопрос изучения природных пойменных пожаров и разработки алгоритма реагирования в случае их возникновения особенно актуален для пожарно-спасательных подразделений регионов Западной Сибири, изобилующих крупными равнинными реками и разветвленной сетью их мелких притоков.

Погодные условия (высокая температура окружающей среды и дефицит осадков), способствующие возникновению природных пожаров в ряде субъектов Российской Федерации в 2020 г., отмечались с апреля по сентябрь (в 2019 г. – по ноябрь). ХМАО-Югра не вошел в число регионов России, в которых возникла чрезвычайная пожарная опасность, но в граничащей с ней Тюменской обл. с 12 по 14 мая и с 9 июля

по 18 августа 2020 г. было зарегистрировано 15 очагов пожаров на общей площади 77,82 га [1].

При анализе причин возникновения пойменных пожаров, закономерностей их распространения и действий по их тушению силами и средствами пожарно-спасательных подразделений разной принадлежности, на примере ХМАО-Югры, были выявлены некоторые особенности.

Возникновение пойменных пожаров связано исключительно с антропогенным фактором:

- открытый сезон охоты;
- сход ледового покрова и возможность рыбного промысла;
- период весенних выходных и праздничных дней;
- дачный сезон.

Преднамеренные поджоги травы, плохо протушенные или не проконтролированные костры, тлеющие пыжи от охотничьих патронов из тлеющих материалов, брошенные непотушенные окурки и неисправные машины, пиротехника и бутылки с остатками жидкости – все это служит причиной возгорания высушенной растительности.

Гораздо реже пожары бывают естественными. Самая частая природная причина пожаров – молниевые разряды при сухих грозах. Из 9 пожаров, возникших в Ханты-Мансийском районе с апреля по середину мая, ни один не имел природной причины.

Дым от пойменных пожаров обычно густой, от серовато-желтого до черного, со значительным распространением продуктов горения (рис. 1, 2.).

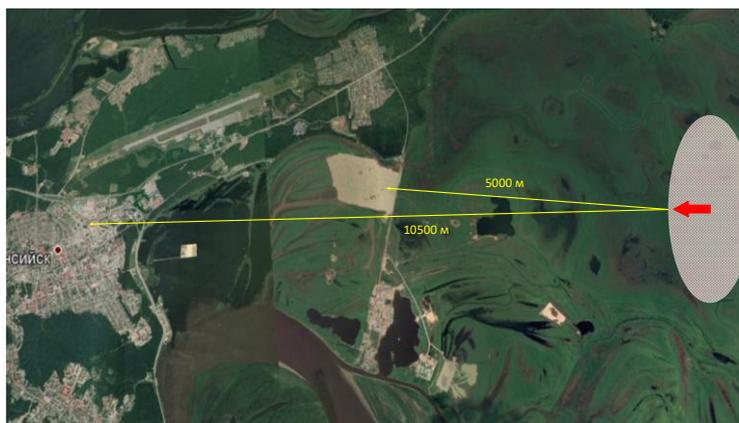


Рисунок 1. Зона развития пойменного пожара и места выпадения продуктов горения (г. Ханты-Мансийск)



Рисунок 2. Выпавшие продукты горения на расстоянии: а – 5000 м; б – 10500 м (г. Ханты-Мансийск)

В условиях низкого уровня воды в поймах весной пойменные пожары могут достигать существенных размеров (несколько десятков га). Так как местность, где развиваются пойменные пожары пересечена ручьями и протоками, эти пожары зачастую не несут прямой угрозы населенным пунктам – страдают в основном прибрежные флора и фауна.

Тушение пойменных пожаров, по мнению региональных властей, либо экономически не целесообразно, либо чрезмерно затруднено сложностью доставки сил и средств и необходимостью быстрого

их перебазирования при изменении обстановки.

Реагирование осуществляется фактически вынужденно, по причине косвенного воздействия пожаров на урбанизированные территории:

- задымление населенных пунктов [4];
- задымление автодорог и путей водного сообщения;
- панические настроения населения ввиду визуального восприятия развития пожаров;



*Рисунок 3. Пойменный пожар, наблюдаемый 10.05.2021 с 12000 м  
(г. Ханты-Мансийск)*

Реагирование предлагается производить силами сводных отрядов из сотрудников (работников) МЧС России, противопожарной службы субъекта РФ, добровольцев (волонтеров) на едином транспортном обеспечении. Реже к таким отрядам (группам) привлекается личный состав авиалесоохраны.

Руководство тушением пожаров в поймах осуществляют, в большинстве случаев, сотрудники (работники) МЧС России и противопожарной службы субъекта РФ [2; 3; 5].

Всего с начала пожароопасного сезона 2020 г. на территории Российской Федерации зарегистрирован один случай перехода природного пожара на населенный пункт (Павловский муниципальный район

Воронежской области) и 58 случаев перехода палов сухой растительности на населенные пункты [1].

В целях недопущения перехода пойменных пожаров на населенные пункты и повышения эффективности их тушения была разработана и апробирована модель реагирования сил и средств пожарных подразделений, которая была успешно реализована на межведомственных учениях в Ханты-Мансийском автономном округе – Югре.

Пожарно-тактическое учение по ликвидации пойменных пожаров и защите от них населенного пункта прошло в с.п. Шапша Ханты-Мансийского района 8 апреля 2021 г. (рис. 4.) [6].

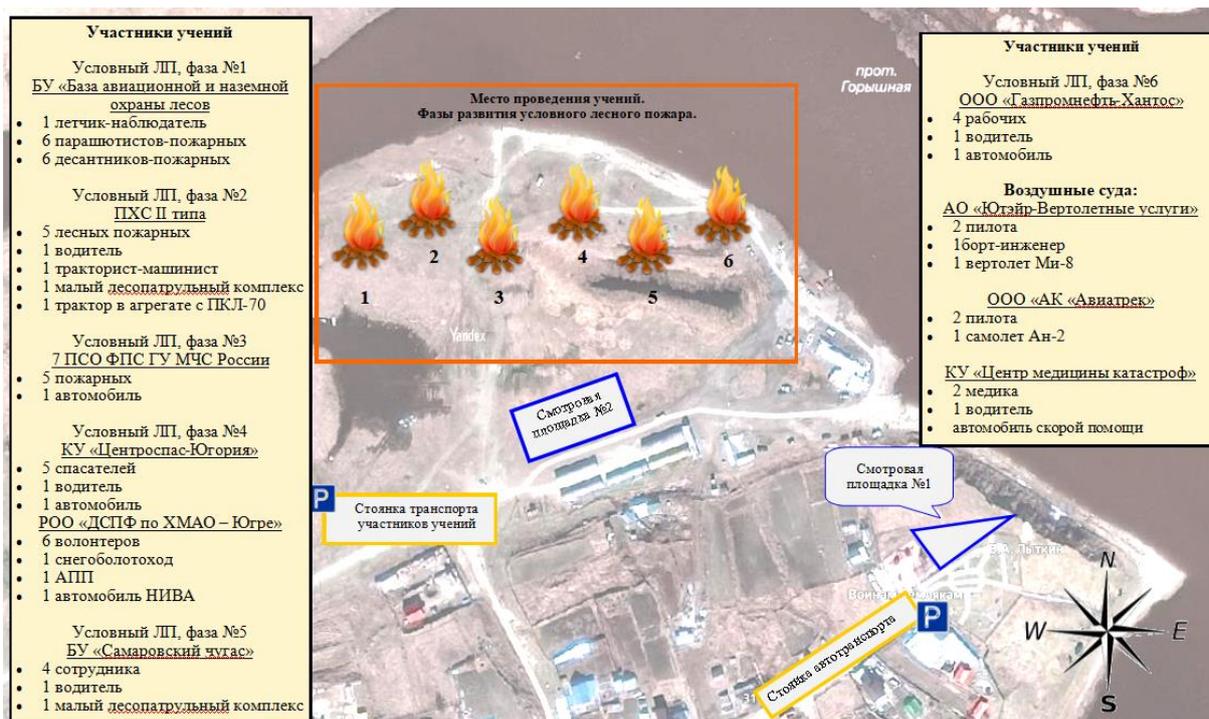


Рисунок 4. План-схема учений по тушению условного ландшафтного пожара

С. п. Шапша – одно из 60 населенных пунктов, подверженных угрозе перехода природных пожаров. На месте учений был подготовлен натурный участок, который имитировал пожар с помощью 6 разведенных костров.

По замыслу учений диспетчеру ЕДДС поступило сообщение о возгорании травы в пойме, вблизи населенного пункта. Исходя из метеоусловий огонь быстро распространялся в направлении лесного массива.

Для проведения разведки пожара и принятия мер по его тушению в указанный район привлекался самолет АН-2 с 6 пожарными-парашютистами на борту. Благодаря действиям экипажа самолета была установлена категория пожара (низовой сильный), площадь (до 20 га) и направление распространения.

В связи с подтверждением и установлением границ пожара был инициирован сбор личного состава местного пожарно-спасательного гарнизона, отдельно для ФПС ГПС и противопожарной службы субъекта РФ. К месту условного лесного пожара была направлена бригада скорой медицинской помощи (3 человека).

По вводной, пожар перешел в категорию крупного, в результате чего возникла угроза распространения в направлении населенного пункта и на нефтеперекачивающую станцию (НПС) ООО «Газпромнефть-Хантос». Администрация сельского поселения провела сбор добровольных пожарных. Пожарно-спасательным подразделением по охране с. п. Шапша дополнительно введена в боевой расчет 1 единица АЦ.

Получив новые данные воздушной и наземной разведки, руководитель тушения природного пожара сообщил о необходимости привлечения дополнительных сил для тушения пожара, а также о возможности перехода пожара на населенный пункт при неблагоприятном развитии ситуации. После запроса дополнительных сил к месту условного очага, в течение 20 минут, прибыли наземные подразделения пожарно-химической станции (ПХС) и приступили к тушению, а для защиты населенного пункта было привлечено подразделение противопожарной службы субъекта РФ, обеспечивающие охрану поселения.

Дополнительно выдвинуты 2 отделения на АЦ от 7 ПСО Главного управления и волонтеры РОО «Добровольно-спасательного пожарного формирования по ХМАО–Югре» в составе 6 человек

(рис. 5.). Время прибытия наземным транспортом составило 30 минут. Инициирован сбор опорного пункта по тушению крупных пожаров местного пожарно-спасательного гарнизона.



Рисунок 5. Расстановка прибывающей техники у места спуска к пойме

Далее площадь пожара увеличилась до 25 га, и возникла угроза перехода пожара на населенный пункт. В населенном пункте отделение на АЦ было установлено на водоисточник (ПГ), произведено развертывание сил и средств и подача 1 ПЛС-20 на защиту жилых домов северо-восточной части поселения, с направления развития кромки пожара. Был объявлен сбор личного состава, свободного от несения службы, после прибытия которого было отдано указание провести разведку населенного пункта, организовать имеющимися силами и средствами поиск возможных пострадавших, эвакуацию людей из домов и защиту негорящих строений. После было организовано взаимодействие с работниками ПХС по задействованию инженерной техники для создания (расширения) минерализованных полос на пути распространения огня.

Патрульно-маневренной группой населенного пункта был осуществлен объезд жилых домов по направлению распро-

странения горения для оповещения населения и обеспечения эвакуации людей, установления путей распространения горения и передачи информации на ЕДДС (рис. 6.).

Далее на место прибыл начальствующий состав Главного управления и местного пожарно-спасательного гарнизона (ПСГ) и мобильные группировки на тушение лесного пожара от 7 ПСО ФПС Главного управления и противопожарной службы субъекта РФ.

Начальником УОП и ПАСР был создан штаб пожаротушения, установлены боевые участки и назначены должностные лица на пожаре, организовано взаимодействие с ПХС по задействованию лесопожарного вездехода и бульдозера, расставлена прибывающая техника и определены задачи личному составу [7; 8].

По дополнительной вводной в северо-восточной части с. п. Шапша обнаружено несколько очагов возгорания сухой растительности. Создано 2 группы по 2 человека с РЛЮ для тушения отдельных очагов пожаров.



Рисунок 6. Объезд населенного пункта в целях эвакуации населения и тушения отдельных очагов в населенном пункте

Осуществлен обезд жилых домов по направлению распространения горения для обеспечения эвакуации людей, выявлены и ликвидированы отдельные очаги горения сухой растительности.

По факту вывода сил и средств на позиции по тушению, условный пожар был успешно локализован на площади 30 га. Его дотушивание производилось силами БУ «База авиационной и наземной охраны

лесов». Было прекращено условное горение и в населенном пункте.

Таким образом, были апробированы модель реагирования пожарных подразделений и алгоритм взаимодействия сил и средств пожарно-спасательных подразделений, лесопожарных формирований и волонтеров на тушение пожаров, возникающих в пойме реки (рис. 7).

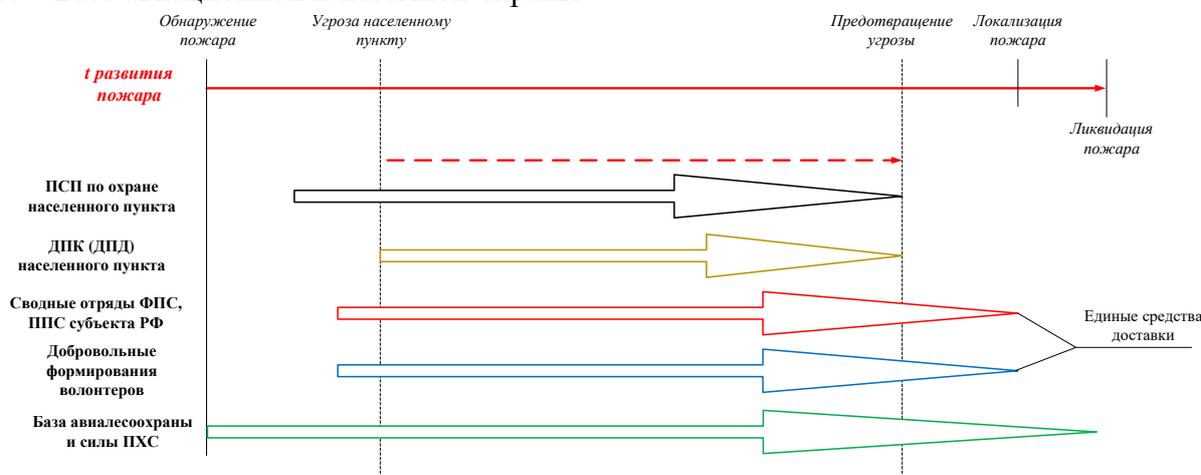


Рисунок 7. Модель реагирования сил и средств подразделений по времени развития пожара

При тушении пожара, возникшего 9 мая 2021 г. в пойме вдоль протоки на противоположном от города Ханты-Мансийска берегу р. Иртыш (рис. 8, 9), модель реагирования пожарных подразделений и алгоритм взаимодействия сил и средств были реализованы в боевых действиях по тушению пожара успешно.

Пойменный пожар создал угрозу строениям садово-огороднического товарищества «Рыбник» (СОТ Рыбник). Задействование пожарных автомобилей исключалось ввиду отсутствия дорог [9].

На пожар реагировали силы и средства сводного отряда, состоящего из личного состава 7 ПСО и аппарата управления

Главного управления МЧС России, и волонтеры РОО «ДСПФ по ХМАО-Югре» [10]. Доставка осуществлялась 3 маломерными судами администрации города и ГИМС, группами по 3–5 человек. Всего на

месте пожара было сосредоточено 18 человек в течение 1 часа. Последние 4 человека доставлены с приведенным в готовность оборудованием на берег, непосредственно к кромке пожара.

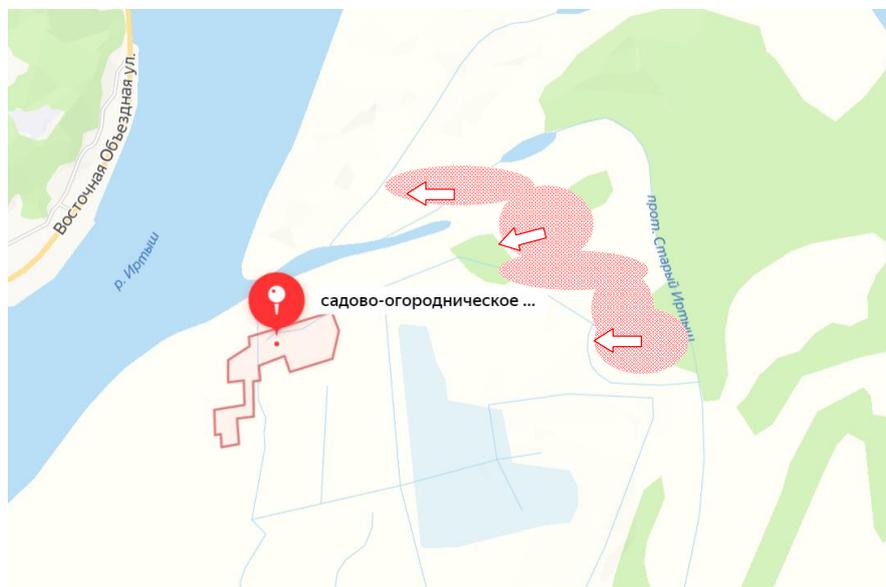


Рисунок 8. Схема распространения пойменного пожара



Рисунок 9. Движение пожарных групп по кромке пожара

При тушении пожара был установлен факт распространения пожара на местности, пересеченной протоками, которые в силу своей небольшой ширины от 1,5 до 2,5 м. не остановили распространение по-

жара. Горение продолжало распространяться по обоим берегам протоков, что создало необходимость их форсирования участниками тушения с оборудованием и техникой (рис. 10).



Рисунок 10. Водные преграды до 2,5 метров не остановили распространение пожара

Благодаря оперативному взаимодействию пожарно-спасательных подразделений, в течение 4 часов распространение огня было остановлено, горение на кромке полностью ликвидировано. Площадь пожара составила около 20 га.

Таким образом, пойменные пожары являются распространенным явлением в Западной Сибири в весенний период (апрель–май), вызванным антропогенным фактором.

Основными угрожающими факторами пойменных пожаров являются:

- переход пожара на жилые дома и постройки, примыкающие к поймам населенным пунктам и СОТам;
- переход пожара на примыкающие лесные массивы;
- задымление населенных пунктов и путей сообщения.

Реагирование на пойменные пожары требует оперативного (до 1 часа) создания транспортных систем по доставке сил и средств пожарных подразделений и интенсивного сосредоточения сил в пунктах сбора (отправки). Применение сводных отрядов (групп) на едином составе транспортных средств позволяет повысить сложность личного состава на участке транспортировки и взаимодействие непосредственно на пожаре. Система управления силами и средствами также интенсивнее структурируется из ресурсов сводных отрядов (групп).

Предложенная модель реагирования сил и средств пожарных подразделений зарекомендовала себя как эффективная основа на 3 крупных пойменных пожарах 2021 г. в районе г. Ханты-Мансийска.

#### Литература

1. О состоянии защиты населения и территорий Российской Федерации от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера в 2020 г.: государственный доклад. М., 2021. 264 с.
2. Федеральный закон РФ от 21.12.1994 №69-ФЗ «О пожарной безопасности» (с изм. и доп.).
3. Андреева А. А. и др. Справочник добровольного лесного пожарного. 2017. 155 с.
4. URL: [https://ugra-news.ru/article/ugrozy\\_rasprostraneniya\\_ognya\\_iz\\_poymy\\_na\\_stolitsu\\_yugry\\_net](https://ugra-news.ru/article/ugrozy_rasprostraneniya_ognya_iz_poymy_na_stolitsu_yugry_net)
5. Терещев В. В., Артемьев Н. С. Пожарная тактика. Книга 12. Пожаротушение торфяников, лесов и лесоскладов. Екатеринбург, 2013. 216 с.

6. План-конспект проведения показательного пожарно-тактического учения по защите сельского поселения Шапша Ханты-Мансийского района от лесного пожара на 8 апреля 2021 г.
7. Приказ МЧС России от 16.10.2017 № 444 «Об утверждении Боевого устава подразделений пожарной охраны, определяющего порядок организации тушения пожаров и проведения аварийно-спасательных работ» (с изм. и доп.).
8. Приказ Минприроды России от 08.07.2014 №313 «Об утверждении Правил тушения лесных пожаров» (с изм. и доп.).
9. Форма сообщения о пожаре, произошедшем 09.05.2021 по адресу: г. Ханты-Мансийск, пойма вдоль СОТ Рыбник.
10. Регламент взаимодействия между 7 ПСО ФПС ГПС Главного управления МЧС России по ХМАО-Югре и РОО «ДСПФ по ХМАО-Югре» от 2020 года.

#### References

1. O sostoyanii zashhity` naseleniya i territorij Rossijskoj Federacii ot chrezvy`čajny`x situacij prirodnoho i texnogennoho xaraktera v 2020 g.: gosudarstvenny`j doklad. M., 2021. 264 s.
2. Federal Law of the Russian Federation from 21.12.1994 №69-FL «On Fire Safety».
3. Andreeva A. A. et al. Guide of the voluntary forest firefighter. Guidelines for volunteers. 2017. 155 p.
4. URL: [https://ugra-news.ru/article/ugrozy\\_rasprostraneniya\\_ognya\\_iz\\_poymy\\_na\\_stolitsu\\_yugry\\_net](https://ugra-news.ru/article/ugrozy_rasprostraneniya_ognya_iz_poymy_na_stolitsu_yugry_net)
5. Terebnev V. V., Artemiev N. S. Fire tactics. Book 12. Firefighting of peatlands, forests and woodlands. Ekaterinburg, 2013. 216 p.
6. Plan-summary of an ostentatious fire-tactical exercise to protect the rural settlement of Shapsha in the Khanty-Mansiyskiy Autonomous Region from a forest fire on April 08, 2021.
7. Order of the MChS of the Russian Federation from 16.10.2017 № 444 «On the approval of the Combat charter of fire protection units defining the order of the organization of fire extinguishing and carrying out emergency rescue operations».
8. Order of the Ministry of Natural Resources and the Environment of the Russian Federation from 08.07.2014 № 313 «On the approval of the rules for extinguishing forest fires».
9. The form of the message about the fire that occurred on 09.05.2021 at the address: Khanty-Mansiysk, floodplain along the horticultural partnership Rybnik.
10. Regulation of interaction between the 7 search and rescue team of the Federal Fire Service and Russian State Fire Service of the Main Department of the MChS of the Russian Federation for the KhMAO-Yugra and the RSA «Voluntary Rescue Fire Brigade Formation for the KhMAO-Yugra» from 2020.

УДК 614.845.2

fireman87@bk.ru

**СОЗДАНИЕ ПЕРЕНОСНОГО ДВУХФАЗНОГО УСТРОЙСТВА  
ПОЖАРОТУШЕНИЯ С ВЫСОКОСКОРОСТНОЙ ПОДАЧЕЙ  
ОГNETУШАЩЕЙ ЖИДКОСТИ****CREATION OF A PORTABLE TWO-PHASE FIRE EXTINGUISHING DEVICE  
WITH HIGH-SPEED SUPPLY OF EXTINGUISHING LIQUID**

*Пахомов Г. Б., кандидат химических наук,  
Тужиков Е. Н., кандидат технических наук, доцент,  
Уральский институт ГПС МЧС России, Екатеринбург*

*Pakhomov G., Tuzhikov E.,  
The Ural Institute of State Firefighting Service of Ministry  
of Russian Federation for Civil Defense, Yekaterinburg*

На основе выбора и анализа граничных условий для переносных устройств пожаротушения с высокоскоростной подачей огнетушащей жидкости (ОТЖ) создано устройство пожаротушения, превосходящее по основным характеристикам имеющиеся аналоги. Созданное устройство имеет наименьшую конструкционную массу и наибольшие значения: расхода ОТЖ, вместимости емкости для ОТЖ и весовой эффективности. В процессе исследования была получена зависимость максимальной теоретической скорости подачи водо-воздушного потока от давления распыления. Исходя из выявленных зависимостей, были установлены оптимальные значения: давления распыления, расходов вода/воздух и их массового соотношения. При экспериментальном исследовании были найдены соответствующие проходные сечения в камере смешения вода/воздух и геометрические характеристики распылительного сопла, при которых экспериментальная скорость подачи водо-воздушного потока была максимальной. Значения скорости подачи и эффективности работы созданного устройства являются максимальными среди ранее исследованных устройств.

*Ключевые слова:* устройство пожаротушения, распыление жидкости, огнетушащая жидкость, скорость подачи, давление распыления, весовая эффективность, эффективность работы.

Based on the selection and analysis of boundary conditions for portable fire extinguishing devices with high-speed supply of extinguishing fluid (OTG), a fire extinguishing device has been created that surpasses the existing analogues in basic characteristics. The created device has the smallest structural mass and the highest values: the consumption of OTG, the capacity of the container for OTG and the weight efficiency. In the course of the study, the dependence of the maximum theoretical water-air flow rate on the spray pressure was obtained. Based on the revealed dependencies, optimal values were established: spray pressure, water/air flow rates and their mass ratio. During the experimental study, the corresponding flow sections in the water/air mixing chamber and the geometric characteristics of the spray nozzle were found, at which the experimental water-air flow rate was maximum. The values of the feed rate and the efficiency of the created device are the maximum among the previously studied devices.

*Keywords:* fire extinguishing device, liquid atomization, fire extinguishing liquid, flow rate, spray pressure, weight efficiency, work efficiency.

В последние годы для мобильных устройств пожаротушения оперативного применения получили распространение способы создания потока тонкораспыленной огнетушащей жидкости (ТРВ) с помощью сжатого газа. К реализации таких способов можно отнести и ранцевые переносные устройства пожаротушения с высокоскоростной подачей огнетушащей жидкости баллонного типа (УПТ), требования к которым и методы испытаний которых отражены в ГОСТ Р 53291–2009 [1]. Кроме высокой эффективности тушения пожаров классов А, В и С, эти устройства позволяют тушить электрооборудование под напряжением электропроводящими ОТЖ, что обуславливается высокоскоростным тонкораспыленным факелом ОТЖ [2].

Всевозрастающее внимание к устройствам пожаротушения с высокоскоростной подачей ОТЖ может быть охарактеризовано как совершенствованием нормативной базы для таких устройств [1], так и внесением УПТ в нормы табельной принадлежности для 5 типов пожарных автомобилей в соответствии с приказом МЧС России № 142 от 28.03.2014. Кроме того, во многих гарнизонах ГПС МЧС России созданы подразделения быстрого реагирования, оснащенные пожарно-спасательными мотоциклами, на которых в качестве основного средства пожаротушения используются именно такие устройства пожаротушения.

В работе [3] мы сообщали о промежуточных результатах в разработке УПТ. На основании полученных данных, в частности, были сделаны выводы: эффективность устройств увеличивается при росте следующих характеристик потока ТРВ: расхода жидкости; дисперсности и скорости потока. Эти выводы согласуются с результатами других исследований.

Основной задачей настоящей работы является создание УПТ, соответствующего нормативным документам и обладающего лучшими характеристиками.

Требование коррозионной стойкости конструктивных элементов УПТ, обусловленное, в том числе, применением низкотемпературных ОТЖ, приводит к необходимости использования нержавеющей стали для баков ОТЖ. Были проведены технологические и прочностные расчеты в диапазоне планируемых давлений распыления, которые показали, что баки ОТЖ, выполненные из анизотропной нержавеющей стали, имеют лучшую весовую эффективность, чем полимерно-композитные. Применение оптимальной конструкции, формы, материала и толщины стенок корпуса позволило максимально уменьшить массу бака разрабатываемого устройства с сохранением необходимых [1] прочностных характеристик. Для других компонентов и агрегатов УПТ были проведены аналогичные исследования по выбору материалов с учетом их тепло- и коррозионной стойкости, веса и прочностных характеристик; что позволило максимально снизить конструкционную массу разрабатываемого устройства.

Конструкционная масса УПТ –  $m_k$ , кг, определяется как масса полностью укомплектованного устройства без заряда ОТЖ и газового баллона высокого давления (БВД) [1]. Весовая эффективность УПТ –  $\eta_m$  определяется как отношение вместимости емкости для ОТЖ –  $m_{ж}$ , кг, к сумме конструкционной массы и вместимости емкости для ОТЖ устройства –  $m_k + m_{ж}$ .

$$\eta_m = \frac{m_{ж}}{m_k + m_{ж}}. \quad (1)$$

Масса БВД в расчете весовой эффективности не учитывается, т. к. баллон является сменным элементом и его масса может значительно различаться в зависимости от типа, давления и производителя баллона.

Из данных, приведенных в работе [3], следует, что для разрабатываемого устройства рост максимальной теоретически достижимой скорости подачи водо-

воздушного потока симбатен увеличению давления перед выходным соплом УПТ. Зависимости теоретических скоростей –  $v_T$

от давления распыления –  $P$ , при различных отношениях массового расхода воды к расходу воздуха –  $G_{ж}/G_{г}$  приведены на рис. 1.

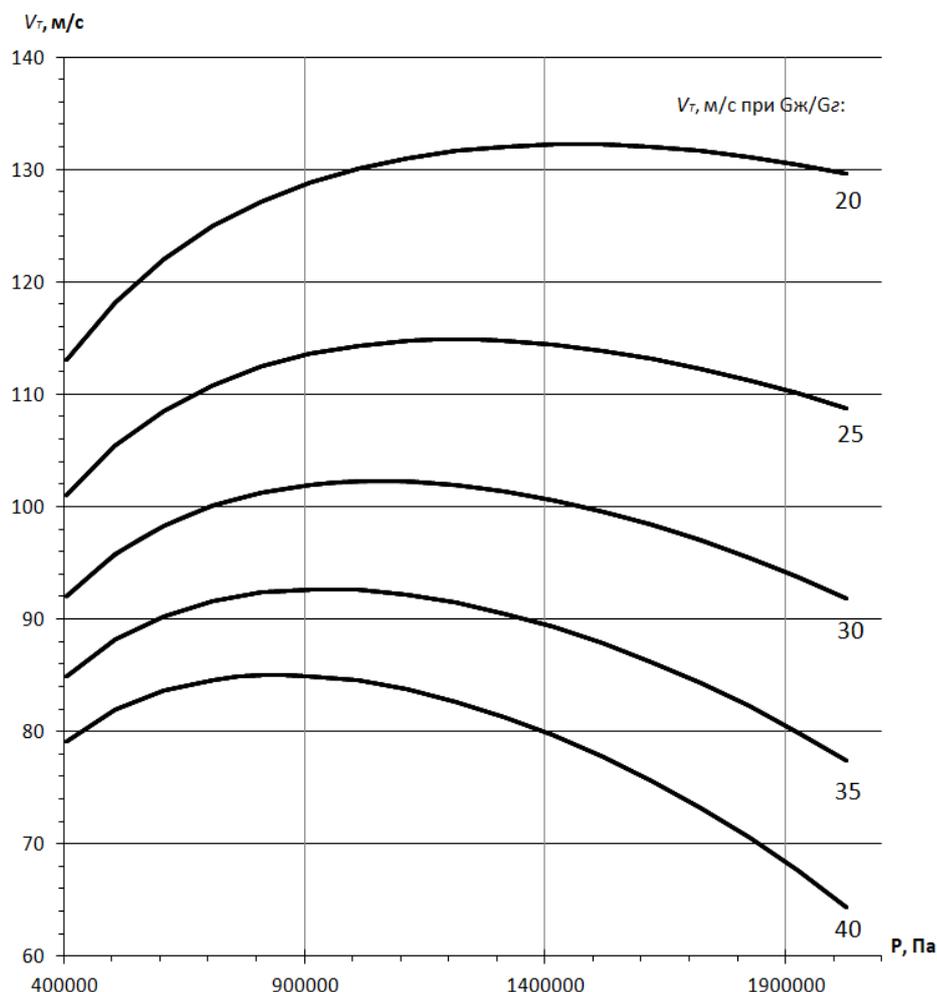


Рисунок 1. Зависимости теоретических скоростей подачи водо-воздушного потока от давления распыления, при различных отношениях массового расхода воды к расходу воздуха [3]

Из рис. 1 следует, что на зависимостях теоретической скорости подачи от давления распыления, при различных соотношениях расхода ОТЖ к расходу газа имеются выраженные максимумы, которые сдвигаются в направлении увеличения давления распыления при одновременном снижении отношения массового расхода воды к расходу воздуха.

На рис. 2 приведена зависимость отношения массового расхода воды к расходу воздуха –  $G_{ж}/G_{г}$  от давления распыления –  $P$ , при котором теоретическая скорость подачи водо-воздушного потока достигает максимальных значений.

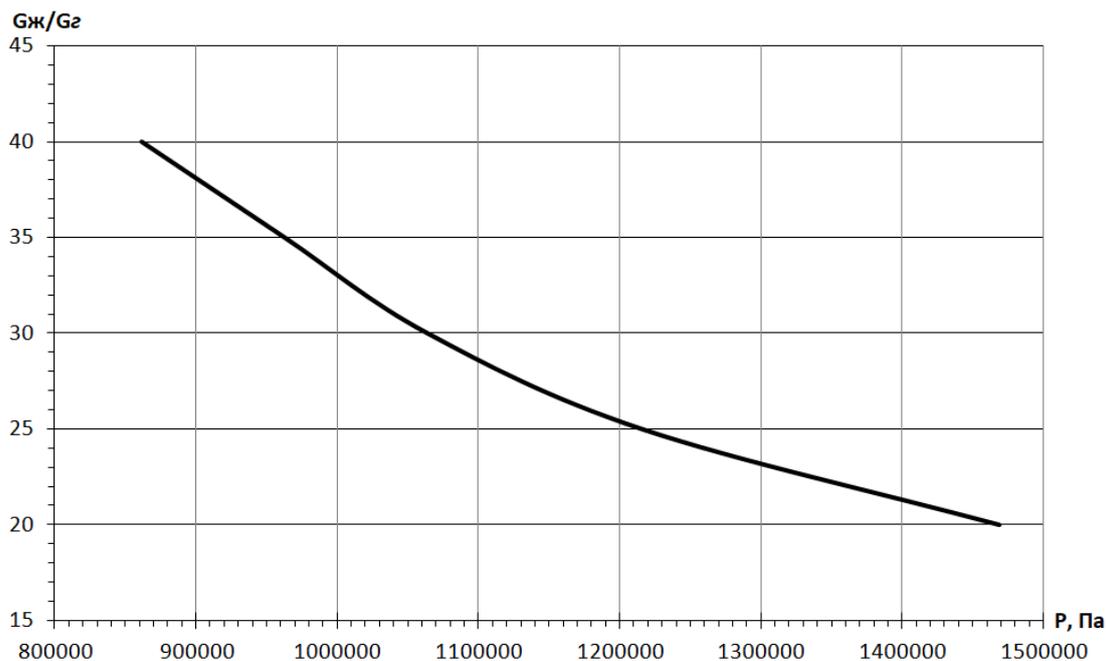


Рисунок 2. Зависимость отношения массового расхода воды к расходу воздуха от давления распыления, при котором теоретическая скорость подачи водо-воздушного потока достигает максимальных значений [3]

На основании аналитических выражений приведенных в работе [3] был построен график зависимости максимальной теоретической скорости подачи водо-воз-

душного потока –  $v_T$  от давления распыления –  $P$  (рис. 3). Каждой максимальной теоретической скорости подачи соответствует свое отношения массового расхода воды к расходу воздуха.

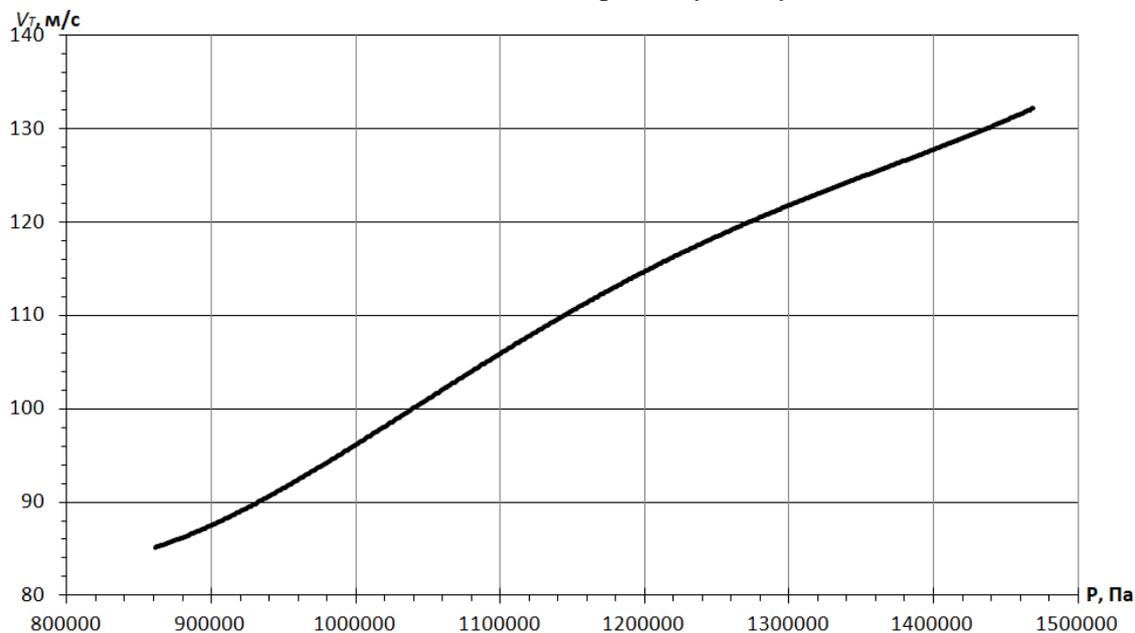


Рисунок 3. Зависимость максимальной теоретической скорости подачи водо-воздушного потока от давления распыления

Из рис. 1–3 следует, что для каждого соотношения расхода воды к расходу воздуха существует единственное значение давления распыления, при котором теоретическая скорость подачи достигает максимальных значений; и, следовательно, при условии реализации высокой эффективности работы УПТ может быть достигнута и максимально возможная экспериментальная скорость подачи ОТЖ, которая является одним из основных показателей эффективности УПТ при пожаротушении.

Рассмотрим критерии выбора граничных условий и процесс оптимизации весовых и расходных характеристик создаваемого УПТ.

В соответствии с нормативными документами для переносных УПТ граничными условиями при разработке, в частности, выступают: общая снаряженная масса УПТ не более 25 кг [1]; продолжительность подачи ОТЖ не менее 30 с [3]. Продолжительность подачи ОТЖ и скорость подачи ОТЖ, в свою очередь, определяют как максимально допустимый расход ОТЖ, так и объем запаса ОТЖ и газа для конкретного устройства.

Из данных, приведенных в работе [3], следует, что для известных УПТ объем запаса воздуха/азота для распыления ОТЖ не превышает вместимости двухлитрового БВД на 29,4 МПа. Металлокомпозитные БВД чаще всего применяются как источник давления для УПТ, т. к. именно они имеют наибольшую весовую эффективность из серийно выпускаемых БВД.

Из обязательного требования – общая снаряженная масса УПТ не должна превышать 25 кг, – следует, что для ОТЖ с плотностями близкими к плотности воды объемный запас ОТЖ определяется как разность между общей снаряженной массой и суммой конструкционной массы УПТ с массой заправленного БВД.

В результате опытно-исследовательских и инженерно-конструкторских работ, для разрабатываемого устройства удалось снизить конструкционную массу

до 6,5 кг. Масса заправленного металлокомпозитного БВД (29,4 МПа, 2 л) с композитным материалом на основе карбона составляет 2,3 кг; следовательно, объемный запас ОТЖ (или вместимость корпуса для ОТЖ) может составлять до 16,2 л включительно. Учитывая, что плотность ОТЖ может быть несколько выше плотности воды, в частности это касается низкотемпературных ОТЖ на основе воды [4], была выбрана вместимость корпуса для ОТЖ – 15 л.

Массовое отношение расхода ОТЖ к расходу воздуха/азота для запаса ОТЖ в 15 кг и запаса газа ~0,7 кг, последнее значение соответствует массе воздуха/азота в БВД (29,4 МПа, 2 л), составляет 21,4.

На основании данных, приведенных на рис. 2, определим давление распыления, при котором теоретическая скорость подачи водо-воздушного потока будет максимальной при определенном ранее отношении расхода ОТЖ к расходу воздуха/азота – 21,4. Соответствующее давление распыления составляет 1,4 МПа.

На основании данных, приведенных на рис. 3 определим максимальную теоретическую скорость подачи водо-воздушного потока, соответствующую давлению распыления в 1,4 МПа. Соответствующая теоретически достижимая скорость подачи водо-воздушного потока – 126 м/с.

Средний расход ОТЖ, при определенных ранее граничных условиях (продолжительность подачи ОТЖ 30 с и масса запаса ОТЖ 15 кг), составляет 0,5 кг/с. Соответствующий средний расход воздуха/азота при массе запаса газа 0,7 кг составляет 0,023 кг/с. Полученные значения давления распыления и расхода воздуха/азота позволили выбрать газовый редуктор, который обеспечивает требуемые характеристики.

На основании предварительных исследований были определены весовые и расходные характеристики создаваемого УПТ, которые приведены в таблице.

Таблица  
Весовые и расходные характеристики устройства

Параметры и характеристики устройства	Значение
Конструкционная масса	6,5 кг
Вместимость емкости для ОТЖ	15 л
Масса заправленного металлокомпозитного БВД (29,4 МПа, 2 л)	2,3 кг
Общая снаряженная масса	23,8 кг
Весовая эффективность УПТ	0,7
Продолжительности подачи ОТЖ	30 с
Расход ОТЖ	0,5 кг/с
Расход воздуха/азота	0,023 кг/с
Массовое отношение расхода ОТЖ к расходу воздуха/азота	21,4
Давление распыления	1,4 МПа
Теоретически достижимая скорость подачи водо-воздушного потока	126 м/с

Сравнение весовых и расходных характеристик создаваемого УПТ с другими УПТ, в частности по данным, приведенным в работе [3], позволяет заключить, что создаваемое УПТ имеет наименьшую конструкционную массу и наибольшие значения расхода ОТЖ, вместимости емкости для ОТЖ и весовой эффективности.

Другим граничным условием при разработке УПТ в соответствии с [1] выступает скорость подачи ОТЖ на срезе сопла – более 60 м/с.

Скорость подачи потока ОТЖ выступает одним из важнейших критериев эффективности УПТ. Исследования проводились с помощью созданного программно-аппаратного комплекса для экспериментального определения параметров устройств с высокоскоростной подачей жидкости [5]. Основные весовые и расходные характеристики УПТ приведены в таблице. Все измерения проводились на воде и воздухе.

При заданном давлении распыления скорость подачи, расходы воды и воздуха, а также их массовое соотношение, при прочих неизменных условиях, определяются соответствующими проходными сечениями в камере смешения вода/воздух и геометрическими характеристиками распылительного сопла.

Входная часть распылительного сопла выполнена в виде коноидального конфузора, который обладает наименьшим гидравлическим сопротивлением из известных конфузоров [5]. Выходная часть сопла является цилиндрическим каналом, который может заканчиваться конусным диффузором. Диффузор выполнен с возможностью продольного перемещения относительно цилиндрического канала, которое позволяет ему выходить из соприкосновения с газожидкостным потоком. На рис. 4 приведена схема распылительного сопла с выдвинутым диффузором.

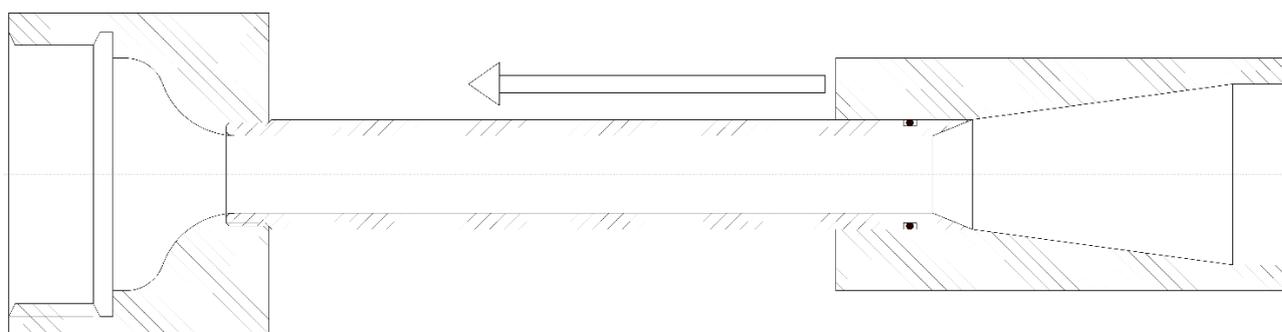


Рисунок 4. Продольный разрез распылительного сопла

При выполнении работы были исследованы распылительные сопла с различными диаметрами и длинами цилиндрического участка, также применялись диффузоры различной длины и диаметра выходного отверстия.

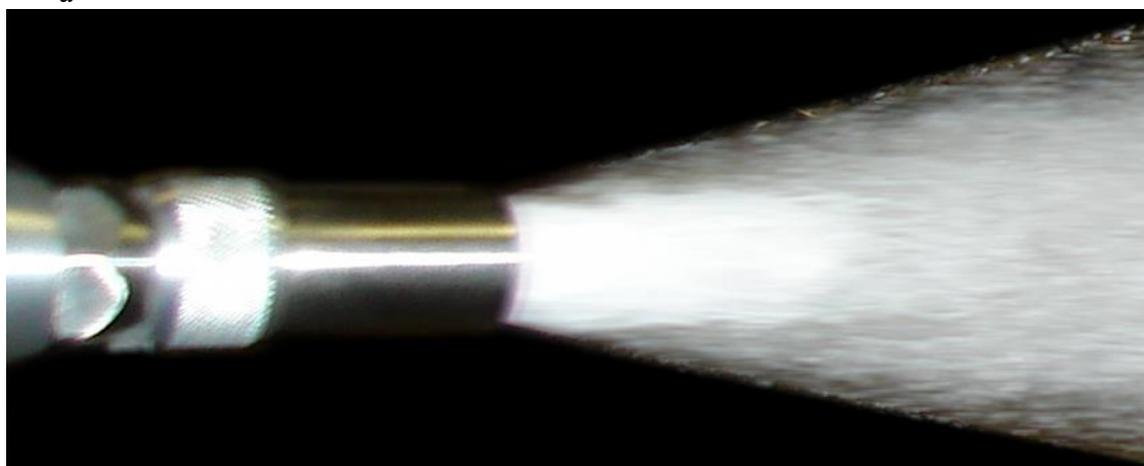
При заданном соотношении расходов вода/воздух суммарный расход потока в основном определялся диаметром цилиндрического участка сопла. Длина цилиндрического участка оказывала заметное влияние на скорость водо-воздушного потока. С увеличением длины цилиндрического участка скорость сначала увеличивалась, что объясняется улучшением условий передачи энергии расширяющегося газа распыляемой жидкости; а затем уменьшалась, что связано с увеличением сил сопротивления при росте длины сопла. Суммарный расход потока монотонно уменьшался с увеличением длины цилиндрического участка, эта зависимость также объясняется увеличением сил сопротивления с

увеличением длины сопла. Выявленные зависимости скорости и расхода потока от диаметра и длины цилиндрического участка сопла позволили найти оптимальные значения диаметра и длины сопла, при которых скорость подачи водо-воздушного потока была максимальной.

Применение выходных диффузоров в диапазоне геометрических размеров, использованных в настоящем исследовании, не оказывало существенного влияния на скорость и расход потока. Хотя влияние диффузора на скорость и расход водо-воздушного потока не было статистически значимым, применение диффузора позволяет уменьшить корневой угол потока на выходе из сопла (рис. 5); что в свою очередь приводит к уменьшению площади потока и увеличению дальности подачи. Последнее обстоятельство, наряду с возможностью быстрого переключения между режимами подачи – с диффузором и без него, существенно повышает оперативные возможности УПТ при тушении пожара.



а



б

Рисунок 5. Вид водо-воздушного потока при наличии (а) и отсутствии (б) диффузора

Уменьшение площади потока может привести к определенным ошибкам оператора при позиционировании пятна контакта ТРВ на очаге горения. При тушении с близкого расстояния, при котором эффективность тушения максимальна, диффузор следует вывести из соприкосновения с газожидкостным потоком. При необходимости проводить тушение на дальней дистанции, диффузор перемещается в переднее положение. Промежуточные положения диффузора также могут применяться.

При найденных проходных сечениях в камере смешения и соответствующих геометрических характеристиках распылительного сопла, основное внимание следует уделять снижению потерь при транспортировке ОТЖ и газа к распылительному соплу. В настоящей работе снижение этих потерь достигалось тщательным подбором материалов, размеров и проходных сечений жидкостных и газовых магистралей. Внутренние поверхности распылительного сопла были выполнены максимально гладкими.

Максимальная экспериментальная скорость подачи водо-воздушного потока для созданного УПТ составила  $v_T = 91$  м/с. Эффективность работы устройств пожаротушения с высокоскоростной подачей ОТЖ –  $\eta_V$  может быть оценена как отношение экспериментально определенной скорости подачи ОТЖ –  $v_3$  к теоретически достижимой –  $v_T$ :

$$\eta_V = \frac{v_3}{v_T} \quad (2)$$

Учитывая, что теоретическая скорость подачи для созданного УПТ –  $v_T = 126$  м/с, эффективность работы устройства составляет  $\eta_V = 0,72$ . Полученные значения скорости подачи и эффективности работы УПТ являются максимальными среди УПТ, результаты исследования которых приведены в [3].

Следующим граничным условием при разработке УПТ, предназначенных для

тушения электрооборудования под напряжением, выступает ток утечки по струе ОТЖ – не более 0,5 мА [1].

В работе [2] нами показано, что ток утечки по струе электропроводящей ТРВ, при условии отсутствия непрерывной струи жидкости, является конвекционным током. Конвекционным током называется, в частности, электрический ток, созданный движущимися в газе заряженными каплями жидкости, при этом величина конвекционного тока и производное от него значение удельного заряда распыляемой жидкости могут служить параметрами, характеризующими интегральные характеристики дисперсности жидкости при ее распылении. Измерение конвекционного тока основано на определении силы постоянного тока, переносимого каплями жидкости. Увеличение дисперсности распыления приводит к пропорциональному росту удельного заряда распыляемой жидкости. Разработанный в [2] метод исследования конвекционного тока также позволяет использовать его в испытаниях устройств, предназначенных для тушения пожаров класса Е, при определении тока утечки по струе ОТЖ.

Исследования проводились с помощью созданного испытательного стенда для экспериментального определения конвекционного тока и удельного заряда распыляемой жидкости [2]. Измерения проводились при испытательном напряжении – 5 кВ. В процессе исследований установлено, что удельный заряд изменяется симбатно изменению скорости водо-воздушного потока при увеличении длины распылительного сопла. Максимальные значения конвекционного тока –  $2,6 \cdot 10^{-3}$  мА и удельного заряда –  $5,3 \cdot 10^{-3}$  Кл/м<sup>3</sup> – получены при геометрических характеристиках сопла, соответствующих максимальной скорости подачи – 91 м/с. Расход воды и массовое соотношение расходов воды и воздуха при этом находились вблизи оптимальных значений ~0,5 кг/с и ~21,4 соответственно. Эти результаты подтверждают получен-

ный в других работах вывод, что дисперсность жидкости увеличивается с ростом скорости подачи ТРВ.

Как было указано выше, в рассматриваемом случае конвекционный ток соответствует току утечки по струе ОТЖ и не должен превышать 0,5 мА при подаваемом испытательном напряжении 36 кВ [1]. И хотя применение испытательного напряжения в 36 кВ представляется избыточным, т. к. известные устройства пожаротушения с высокоскоростной подачей электропроводящей ОТЖ предназначены для тушения электрооборудования под напряжением не выше 1000 В [2]; применим экстраполяцию в соответствии с законом Ома и умножим полученное при 5 кВ значение тока утечки –  $2,6 \cdot 10^{-3}$  мА на отношение напряжений –  $36 \text{ кВ} / 5 \text{ кВ} = 7,2$ . Экстраполированный для напряжения 36 кВ ток утечки составляет 0,019 мА, что в 27 раз меньше максимально допустимого 0,5 мА. Как было показано в [2], наличие даже значительного количества добавок пенообразователя и/или неорганических

солей в водном растворе неспособно настолько существенно увеличить конвекционный ток по сравнению с водой.

На основании проведенных исследований можно заключить, что созданное УПТ позволяет проводить тушение пожаров класса Е, в том числе с применением тушащих жидкостей, обладающих высокой электропроводностью, таких как растворы пенообразователей и низкотемпературные ОТЖ на основе воды.

В соответствии с ГОСТ Р 53291–2009 [1] созданное УПТ может комплектоваться дыхательной системой. УПТ с успехом применялось для тушения различных очагов пожара в рамках межведомственного опытно-исследовательского учения «Безопасная Арктика – 2021» (рис. 6), в том числе в составе звена ГДЗС. УПТ проходит опытную эксплуатацию в подразделениях ГПС МЧС России. Полученные в ходе учений и опытной эксплуатации предложения по совершенствованию УПТ реализованы в итоговой конструкции УПТ.



Рисунок 6. Созданное УПТ, снабженное дыхательной системой, используется в составе звена ГДЗС во время учения «Безопасная Арктика – 2021»

На основе выбора и анализа установленных в нормативных документах граничных условий для переносных устройств пожаротушения с высокоскоростной подачей ОТЖ были проведены опытно-исследовательские и инженерно-конструкторские работы, которые позволили создать устройство пожаротушения, превосходящее по основным характеристикам имеющиеся аналоги.

Созданное устройство имеет наименьшую конструкционную массу и наибольшие из аналогов значения: расхода ОТЖ, вместимости емкости для ОТЖ и весовой эффективности.

В процессе исследования была получена зависимость максимальной теоретической скорости подачи водо-воздушного потока от давления распыления. Исходя из выявленных зависимостей были установлены оптимальные значения: давления распыления, расходов вода/воздух и их массового соотношения. При экспериментальном исследовании были найдены соответствующие проходные сечения в камере смешения вода/воздух и геометрические характеристики распылительного

сопла, при которых экспериментальная скорость подачи водо-воздушного потока была максимальной. Значения скорости подачи и эффективности работы созданного устройства являются максимальными среди ранее исследованных устройств.

При экспериментальном исследовании конвекционного тока, образуемого заряженными каплями воды, обнаружено, что при неизменном диаметре сопла, максимальной скорости подачи водо-воздушного потока соответствует максимальное значение удельного заряда распыляемой воды. Это подтверждает сделанный ранее вывод, что дисперсность распыляемой жидкости увеличивается с ростом скорости подачи газожидкостного потока. Полученное максимальное значение конвекционного тока во много десятков раз меньше максимально допустимого тока утечки по струе ОТЖ, что позволяет применять созданное устройство для тушения пожаров класса Е, в том числе с использованием ОТЖ, обладающих высокой электропроводностью.

#### Литература

1. ГОСТ Р 53291–2009. Техника пожарная. Переносные и передвижные устройства пожаротушения с высокоскоростной подачей огнетушащего вещества. Общие технические требования. Методы испытаний. М., 2009. 31 с.
2. Пахомов Г. Б., Дульцев С. Н., Тужиков Е. Н. Влияние характеристик распыления и свойств огнетушащих жидкостей на конвекционный ток образуемый заряженными каплями // Техносферная безопасность. 2021. № 2 (31). С. 48–60.
3. Пахомов Г. Б., Дульцев С. Н., Тужиков Е. Н. Задачи создания и оптимизации двухфазных устройств пожаротушения с высокоскоростной подачей огнетушащей жидкости // Техносферная безопасность. 2021. № 2 (31). С. 94–103.
4. Пахомов Г. Б., Дульцев С. Н., Тужиков Е. Н. Исследование низкотемпературных растворов для пенного пожаротушения // Техносферная безопасность. 2020. № 3 (28). С. 101–107.
5. Пахомов Г. Б., Дульцев С. Н., Тужиков Е. Н. Программно-аппаратный комплекс для экспериментального исследования параметров устройств с высокоскоростной подачей жидкости // Техносферная безопасность. 2020. № 2 (27). С. 107–121.

#### References

1. GOST R 53291–2009. Tekhnika pozharnaya. Perenosny`e i peredvizhny`e ustrojstva pozha-rotusheniya s vy`sokoskorostnoj podachej oignetushashhego veshhestva. Obshhie texnicheskie trebovaniya. Metody` ispy`tanij. M., 2009. 31 s.
2. Pahomov G. B., Dul'cev S. N., Tuzhikov E. N. Vliyanie harakteristik raspyleniya i svoystv oignetushashchih zhidkostej na konvekcionnyj tok obrazuemyj zaryazhennymi kaplyami // Tekhnosfernaya bezopasnost'. 2021. № 2 (31). S. 48–60.
3. Pahomov G. B., Tuzhikov E. N., Dul'cev S. N. Zadachi sozdaniya i optimizacii dvuhfaznyh ustrojstv pozharotusheniya s vysokoskorostnoj podachej oignetushashchej zhidkosti // Tekhnosfernaya bezopasnost'. 2021. № 2 (31). S. 94–103.

4. Pakhomov G. B., Duľ'cev S. N., Tuzhikov E. N. Issledovanie nizkozamerzayushchih rastvorov dlya pen-nogo pozharotusheniya // Tekhnosfernaya bezopasnost'. 2020. № 3 (28). S. 101–107.

5. Pakhomov G. B., Duľ'cev S. N., Tuzhikov E. N. Programmno-apparatny`j kompleks dlya e`ksperimental'nogo issledovaniya parametrov ustrojstv s vy`sokoskorostnoj podachej zhidkosti // Texnosfernaya bezopasnost`. 2020. No 2 (27). S. 107–121.

УДК 629.11

a\_kalach@mail.ru

**ПЕРСПЕКТИВНЫЙ ОБЛИК И ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ  
ПОЖАРНОГО АВТОМОБИЛЯ ПЕРВОЙ ПОМОЩИ  
НА БАЗОВОМ ШАССИ ВЕЗДЕХОДА-АМФИБИИ**

**PERSPECTIVE APPEARANCE AND MAIN CHARACTERISTICS  
OF A FIRST AID FIRE TRUCK ON THE BASE CHASSIS  
OF AN AMPHIBIOUS ALL – TERRAIN VEHICLE**

*Тарарыкин А. М.,  
Калач А. В., доктор химических наук, профессор,  
Уральский институт ГПС МЧС России, Екатеринбург*

*Tararykin A., Kalach A.,  
The Ural Institute of State Firefighting Service of Ministry  
of Russian Federation for Civil Defense, Yekaterinburg*

В статье приведен анализ тактико-технических характеристик вездеходов, представленных на современном рынке и применяемых для ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций. Показано, что по многим основным техническим характеристикам лидирует вездеход-амфибия на шасси «Бурлак». Описан перспективный облик в виде схемы и представлены основные характеристики пожарного автомобиля первой помощи на шасси легкого класса, оборудованного насосной установкой, емкостями для жидких огнетушащих веществ и предназначенного для доставки к месту пожара (аварии) личного состава, пожарно-технического вооружения и оборудования, проведения действий при тушении пожаров в начальной стадии и первоочередных аварийно-спасательных работ. В качестве насосной установки предлагается использовать переносную высоконапорную мотопомпу типа Fire-Skid. Конструкция проектируемого пожарного автомобиля рассматривалась как сложная открытая система, что обуславливает необходимость создания дополнительных условий для информационного обеспечения руководителя тушения пожара оперативным доступом к информации о ключевых параметрах работы как всей системы, так и отдельных ее элементов. Предлагаемая конструкция пожарного автомобиля первой помощи на базе легкого автономного вездехода-амфибии с шинами низкого давления пригодна для эксплуатации в Арктических условиях.

*Ключевые слова:* вездеход- амфибия, пожарный автомобиль, тушение, МЧС России.

The article provides an analysis of the modern information market on the tactical and technical characteristics of all-terrain vehicles used to eliminate the consequences of emergency situations. It is shown that the comparative table for many basic technical characteristics is the leader of the amphibious all-terrain vehicle on the Burlak chassis. A promising appearance is presented in the form of a diagram and the main characteristics of a first aid fire truck on a light-class chassis, equipped with a pumping unit, containers for liquid extinguishing agents and intended for delivery to the place of fire (accident) of personnel, fire-technical weapons and equipment, carrying out actions in extinguishing fires in the initial stage and priority rescue operations. As a pumping unit, it is proposed to use a portable high-pressure motor pump of the Fire-Skid type. The design of the projected fire truck was considered as a complex open system, which necessitates the crea-

tion of additional conditions for the information provision of the fire extinguishing manager with prompt access to information about the key parameters of the operation of both the entire system and its individual elements. The proposed design of a first aid fire truck based on a light autonomous amphibious all-terrain vehicle with low-pressure tires is suitable for operation in Arctic conditions.

*Keywords:* amphibious all-terrain vehicle, fire truck, extinguishing, EMERCOM of Russia.

Тушение лесных пожаров при помощи наземных сил и спецтехники зависит не только от уровня развития транспортной сети, но и от ее качественного состояния. Из наземных средств для тушения лесных пожаров в условиях отсутствия дорог могут работать противопожарные вездеходы и форвардеры, но и их проходимость ограничена по рельефным и почвенногрунтовым условиям. Таким образом, исследования, ориентированные на выработку методологических инструментов, направленных на достижение повышения эффективности организации охраны лесов с учетом уровня развития дорог противопожарного назначения на территории лесного фонда, представляют значительный теоретический и практический интерес.

Обозначенное обстоятельство обуславливает необходимость разработки перспективного облика и основных характеристик пожарного автомобиля на базовом шасси вездехода-амфибии для доставки сил и средств пожаротушения с учетом уровня развития транспортных сетей на территории лесного фонда в динамической постановке на основе комплексного подхода к условиям эффективной ликвидации очага возгорания.

Снегоболотоход представляет собой колесное или гусеничное транспортное средство повышенной проходимости, предназначенное для транспортировки людей и грузов по пересеченной местности. Некоторые снегоболотоходы (их еще называют вездеходы-амфибии) имеют герметичный кузов-лодку, и поэтому они способны преодолевать водные преграды вплавь. Как правило, болотоходы имеют полный привод и колесную формулу 4×4, 6×6, 8×8. Реже встречаются вездеходы,

оснащенные только задним или передним приводом [1].

Любой снегоболотоход изначально создается для эксплуатации в тяжелых условиях. Болото и трясина, грязь и вода, песок и гравий не должны стать непреодолимым препятствием для машины, основное предназначение которой – «работать» в условиях полного бездорожья. При этом для перевозки грузов и пассажиров, вездеход должен быть экономически выгоден, то есть обладать достаточной грузоподъемностью, а для безопасности – положительной устойчивостью и, если это амфибия, то и плавучестью [2].

В большинстве случаев, для движения колесных снегоболотоходов вне комфортабельных автомобильных дорог, применяются шины низкого или сверхнизкого давления, позволяющие увеличить площадь соприкосновения колеса машины с грунтом («пятно контакта») и устойчиво держаться на плаву. На шины или колеса некоторых вездеходов предусмотрена возможность установки съемных гусеничных лент, что еще заметнее снижает такой важный параметр транспортного средства этого типа, как удельное давление [3].

Гусеничные снегоболотоходы, как правило, оснащаются двумя гусеницами. За счет максимально возможной площади соприкосновения гусеничных лент с поверхностью грунта или снега, болотоход, зачастую является самым эффективным транспортным средством на бездорожье. Мотовездеход на гусеницах намного увереннее чувствует себя во время движения по любому снегу, вязкой трясине, песку и на любом другом слабонесущем грунте, но выезд на автотрассу ему запрещен ПДД. К тому же машина может дополняться различными полезными опциями (прицеп,

фаркоп, лебедка, накидные гусеницы на колеса, тент, каркас безопасности, помпа, отвал, отопитель салона, помимо прочего, автоприцеп для транспортировки болотохода и др.), которые существенно увеличивают его стоимость. Конечная цена снегоболотохода формируется именно этими, незаменимыми в том или ином случае, дополнениями.

Самые известные представители зарубежного производства – это канадские снегоболотоходы Argo (Арго) и американские мотовездеходы Мах. Отечественный производитель представлен брендами «Шерп» (Sherp), «Тингер» (Tinger), ранее носивший название «Викинг» (Viking), «Бурлак», «Пелец», «КИТ», «Беркут», «Трэкол», «Петрович», «Медведь», «Тайга», «Тундра», «Шаман», «Мамонте-нок», «Аркуда», «Лось», «Атака», «Нива Бронто», «Вепс», «Егерь», «Унэкс», «Ух-тыш», «Узола», «Итлан», «Мираж», а также многими другими. Китайский производитель поставляет снегоболотоходы

Montero (Монтеро), Bonai (Бонай) и «Елисей». При этом следует отметить, что стоимость китайских снегоболотоходов вполне сопоставима со стоимостью вездеходов из России, США и Канады, однако их качество заметно хуже, что подтверждают и эксперты, и отзывы покупателей.

Проведенный анализ современного рынка и обобщение информации по тактико-техническим характеристикам вездеходов позволяет утверждать, что наилучшим образом для решения задач, стоящих перед пожарно-спасательными подразделениями, подходят снегоболотоходы (вездеходы-амфибии) с шинами низкого или сверхнизкого давления, обладающие достаточной грузоподъемностью и плавучестью. При этом особого внимания заслуживают вездеходы «ШЕРП Макс», «Тингер Армо» (Tinger Armor) и вездеход-амфибия «Бурлак» с колесной формулой 6×6 [4–6].

В табл. 1 приведены основные технические характеристики представленных моделей [4 – 6].

*Таблица 1*  
*Основные технических характеристик вездеходов [4–6]*

Модель базового шасси вездехода	ШЕРП Макс	Тингер Армо	Бурлак
Производитель	Завод «Шерп» г. Санкт-Петербург	ООО «Механика» г. Череповец	ООО «Вездеходы Макарова» г. Екатеринбург
Длина, мм	3500	3100	7380
Ширина, мм	2520	1700	2900
Высота, мм	2420	1280	3200
Наружный диаметр колес, мм	1600	–	1750
Ширина колес, мм	600	–	750
Внутренний диаметр колес, дюйм	25	12	32
Дорожный просвет, мм	600	300	700–750
Количество посадочных мест, чел	2	4	6
Грузоподъемность, кг	до 1000	до 500	до 3000
Снаряженная масса, кг	1800	800	4000±100
Масса при полной загрузке, кг	2800	1300	7000
Давление на грунт при полной загрузке, кгс/см <sup>2</sup>	0,12	0,11	0,12

Двигатель	Дизельный Kubota V1505	Бензиновый Chery SQR	Турбодизельный двигатель Cummins 2,8 ISF
Мощность двигателя, л. с.	44,3	57	150
Объем двигателя, см <sup>3</sup>	1498	812	2800
Предпусковой подогреватель	–	–	220 В, 2 кВт и «Бинар», 5 кВт
Максимальная скорость, км/час	до 40	до 35	до 80
Скорость на плаву с винтом, км/час	до 6	до 5	до 6
Емкость топливного бака, л	56	55	400
Коробка переключения пере- дач	шести- ступенчатая, механиче- ская	Бесступенчатый вариатор	механическая пятиступенчатая
Подвеска	пневмоцир- куляционная	длинноходная подвеска с уси- ленными перед- ними рычагами	независимая, двухрычажная, пружинная, ход подвески 200 мм

Как видно из данных таблицы по многим основным техническим характеристикам лидирует вездеход-амфибия на шасси «Бурлак». Он превосходит своих конкурентов по таким важным показателям, как грузоподъемность, мощность двигателя, максимальная скорость, запас хода, количество посадочных мест и, самое главное, его производство и сервисный центр находятся в административном центре Свердловской области – г. Екатеринбурге, что намного облегчит его техническое обслуживание и, в случае необходимости, приобретение запасных частей и дополнительного оборудования.

Таким образом, наиболее оптимальной моделью базового шасси вездехода-амфибии для разработки пожарного автомобиля является «Бурлак».

Пожарный автомобиль первой помощи (АПП) – пожарный автомобиль на шасси легкого класса, оборудованный насосной установкой, емкостями для жидких огнетушащих веществ и предназначенный для доставки к месту пожара (аварии) личного состава, пожарно-технического вооружения и оборудования, проведения

действий при тушении пожаров в начальной стадии и первоочередных аварийно-спасательных работ [7].

Пожарные автомобили состоят из шасси (основы транспортного средства) и пожарной надстройки. Шасси для разрабатываемого автомобиля уже выбрано, остается подобрать пожарную надстройку. Пожарная надстройка представляет собой совокупность смонтированных на базовом шасси специальных агрегатов и коммуникаций для подачи огнетушащих веществ, емкостей для огнетушащих веществ, отсеков кузова для размещения пожарно-технического вооружения [8].

Следует отметить, что совместная согласованная работа и управление данным автомобилем является сложной задачей управления. Учитывая то, что данный автомобиль – сложная открытая система целесообразно и необходимо создать условия для информационного обеспечения руководителя, оперативного доступа к информации о ключевых параметрах работы как всей системы, так и отдельных ее элементов.

Согласно требованиям стандартов государственного регулирования, АПП

должен иметь цистерну для воды от 0,3 до 0,5 м<sup>3</sup>, подачу насоса л/с не менее от 1,0 до 2,0, удельную мощность более 20 кВт/т и соответствовать остальным требованиям стандартов.

В качестве насосной установки предлагается использовать переносную

высоконапорную мотопомпу типа Fire-Skid, что упростит задачу компоновки пожарной надстройки на данном шасси и расширит возможности рационального использования водоисточников.

На рис. приведена примерная схема АПП.

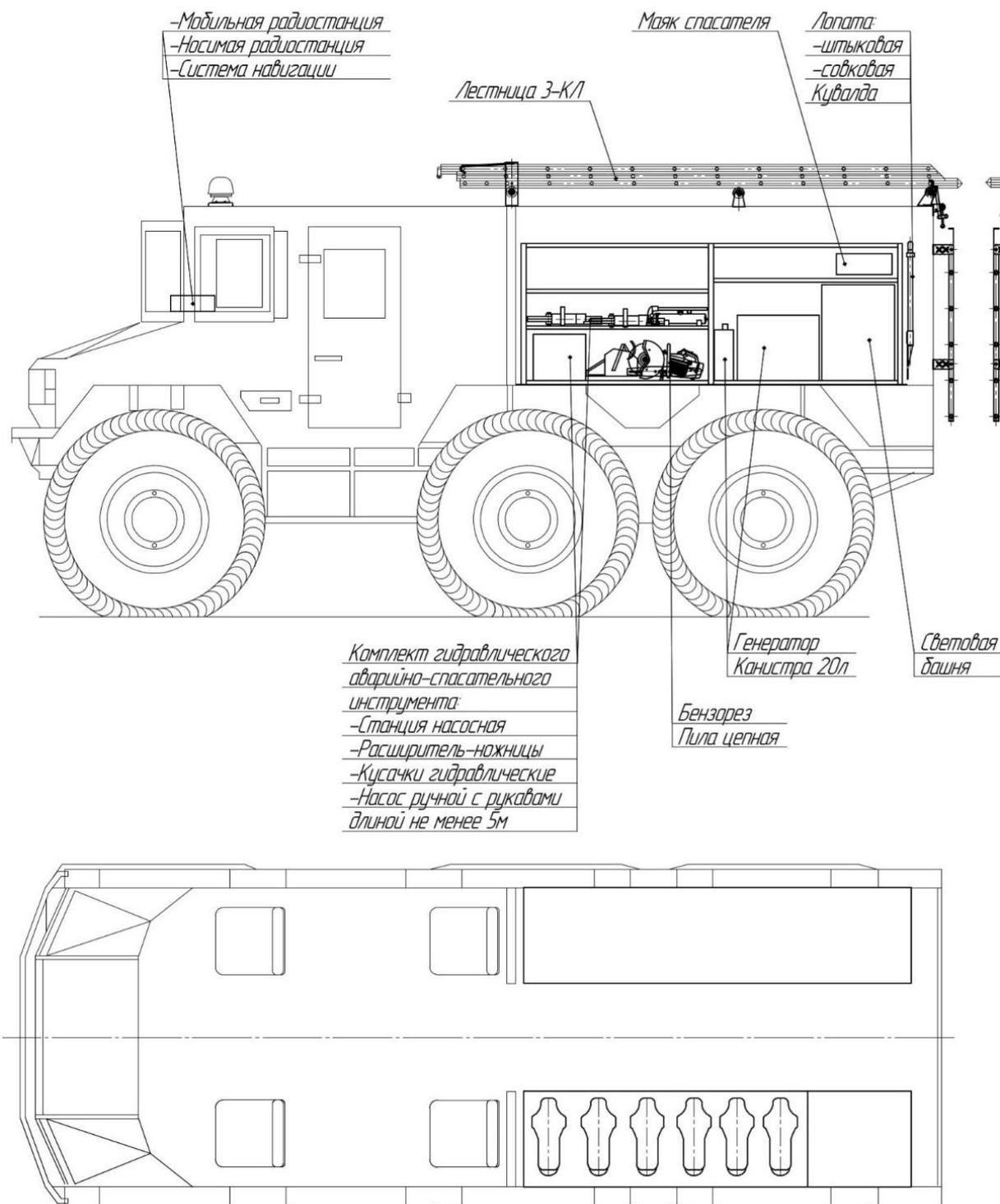


Рисунок. Схема пожарного автомобиля первой помощи (вид слева и сверху)

Предлагаемая конструкция пожарного автомобиля первой помощи на базе легкого автономного вездехода-амфибии с шинами низкого давления пригодна для эксплуатации в Арктических условиях.

Рассматривая возможные пути модернизации основных характеристик технологий и организации управления, необходимо вспомнить один из основополагающих традиционных принципов, сложившийся за многовековую историю пожарной охраны – «Пожар тушат не техника, а люди, управляющие данной техникой».

Следуя данному подходу, почти половина вопросов о перспективном развитии и новом облике разрабатываемого автомобиля и системы стоит отнести к вопросам совершенствования организации и управления. Исходя из указанной концепции, при проектировании перспективного облика пожарного автомобиля первой помощи необходимо сконцентрировать свое внимание не только на тактико-технических характеристиках насосов, шасси и рукавного оборудования, но и на совершенствовании системы управления, тактических приемов и подготовки личного состава.

Другими словами, само по себе создание только техники с заявленными характеристиками и акцентирование внимания только на этом вопросе не решат в полном объеме новые и перспективные задачи по перемещению жидкости, стоящие перед МЧС России при ликвидации и (или) предотвращении чрезвычайных ситуаций и аварий.

Кроме того, только комплексная модернизация как системы управления, системы подготовки, так и повышения тактико-технических характеристик применяемых технических устройств, позволит создать синергетический эффект от взаимодействия всех элементов системы и в полной мере реализовать технический потенциал техники, решать широкий спектр задач и создать условия для реализации но-

вых инновационных технологических решений в соответствии с уровнем развития общества.

Также предлагается дополнить предлагаемую конструкцию АПП автоматизированной информационно-управляющей системой (АИУС), обеспечивающей информационную поддержку принятия решений и управления перспективным комплексом.

В состав данной системы необходимо включить следующие функциональные блоки:

- блок сбора, обработки и хранения данных телеметрии параметров работы насосно-рукавной системы;

- расчетно-аналитический блок обработки параметров работы системы с целью обеспечения оптимальных режимов работы – обеспечения требуемой производительности при минимальном расходе ГСМ;

- блок сбора, обработки геоинформационных и климатических сведений о территории, совместно с модулем прогнозирования паводковой обстановки и возможностью создания модуля управления беспилотными авиационными системами для проведения первичной разведки трассы, прокладки магистральной рукавной линии и последующего контроля ее функционирования;

- блок-системы удаленного управления агрегатами комплекса: насосом, мотопомпами, рукавной арматурой, приборами подачи воды и т. д. – осуществляющего передачу информации о состоянии насосно-рукавных систем в общее информационное пространство руководителя тушения пожара.

Все эти системы должны быть объединены в единый информационный бортовой вычислительный комплекс насосно-рукавной системы.

По нашему мнению, очень важно уже сейчас, на стадии предпроектных работ определить облик, архитектуру и основные элементы данной информационной

системы с учетом интенсивного развития информационных технологий на современном этапе и прогнозов технологического уклада в перспективе.

Для создания АУИС в данном формате, организации устойчивого взаимодействия и работы всех элементов информационной системы потребуются значительные силы и ресурсы не только научно-исследовательских подразделений МЧС России, но и совместной работы специалистов в смежных областях, инновационных центров, заинтересованных министерств и ведомств.

Вместе с тем необходимо отметить, что реализация этого подхода позволяет уйти от «концепции догоняющего развития» при разработке перспективного облика насосно-рукавной техники и технологий, создает условия для интенсивного развития в данной области и реализации принципов государственной поддержки инновационной деятельности, определенных статьей 16.1 Федерального закона от 23.08.1996 № 127-ФЗ (ред. от 31.07.2020) «О науке и государственной научно-технической политике».

#### Литература

1. Пожарная техника / М. Д. Безбородько и др. М., 2015. 580 с.
2. Вахламов В. К. Автомобили: эксплуатационные свойства. М., 2012. 240 с.
3. Пожарная и аварийно-спасательная техника. Гл. 8 / М. Д. Безбородько и др. М., 2011.
4. Вездеход Шерп. URL: <https://sherp.ru/>
5. Вездеход Тингер Армо. URL: <https://tinger.ru/>
6. Вездеход Бурлак. URL: <https://burlakoffroad.ru/>
7. ГОСТ Р 53247–2009. Техника пожарная. Пожарные автомобили. Классификация, типы и обозначения.
8. ГОСТ 34350–2017. Техника пожарная. Основные пожарные автомобили. Общие технические требования. Методы испытаний.

#### References

1. Fire fighting equipment: textbook / M. D. Bezborodko et al. M., 2015. 580 p.
2. Vakhlamov V. K. Cars: operational properties. M., 2012. 240 p.
3. Fire and rescue equipment. Ch. 8 / M. D. Bezborodko et al. M., 2011.
4. Sharp all-terrain vehicle. URL: <https://sherp.ru/>
5. All-terrain vehicle Tinger Armo. URL: <https://tinger.ru/>
6. All-terrain vehicle Burlak. URL: <https://burlakoffroad.ru/>
7. GOST R 53247–2009. Firefighting equipment. Fire trucks. Classification, types and designations.
8. GOST 34350–2017. Firefighting equipment. The main fire trucks. General technical requirements. Test methods.

УДК 614.842.8

Alexx-7777@mail.ru

**СОВРЕМЕННЫЕ СПОСОБЫ ПРИМЕНЕНИЯ  
ТАКТИЧЕСКОГО ВЕНТИЛИРОВАНИЯ ПРИ ПОЖАРАХ В ОГРАЖДЕНИЯХ****MODERN METHODS OF USING TACTICAL VENTILATION  
IN CASE OF FIRES IN FENCES**

*Карпузииков А. А., кандидат педагогических наук,  
Горелик А. С., кандидат биологических наук,  
Дьяков М. В., кандидат сельскохозяйственных наук,  
Дьяков В. Ф., кандидат химических наук,  
Попова С. В.,  
Уральский институт ГПС МЧС России, Екатеринбург,  
Кузьменко А. А.,  
Главное управление МЧС России по Курганской области, Курган*

*Karpuzikov A., Gorelik A., Dyakov M., Dyakov V., Popova S.,  
The Ural Institute of State Firefighting Service of Ministry  
of Russian Federation for Civil Defense, Yekaterinburg,  
Kuzmenko A.,  
The Main Directorate of the Ministry of Emergency Situations  
of Russia in the Kurgan region, Kurgan*

В данной статье приведены статистические данные по гибели людей на пожарах за последние пять лет, а также рассматриваются основные их причины. Выделен проблемный вопрос эффективного управления газообменом при пожаре в ограждениях. Рассмотрены особенности применения тактической вентиляции, а также средства для ее осуществления. Представлены основные тактико-технические характеристики, назначение и область применения специальных технических средств для регулирования газообменом при пожарах в ограждениях, используемых при тактическом вентилировании. Описаны ситуации, подтверждающие успешное применение тактического вентилирования, а также даны рекомендации, когда применение данных средств будет считаться малоэффективным.

*Ключевые слова:* гибель людей, опасные факторы пожара, пожар, тактическая вентиляция.

This article provides statistical data on the deaths of people in fires over the past five years, and also discusses their main causes. The problematic issue of effective management of gas exchange in case of fire in fences is highlighted. The features of the use of tactical ventilation, as well as the means for its implementation, are considered. The main tactical and technical characteristics, purpose and scope of application of special technical means for regulating gas exchange in case of fires in fences used in tactical ventilation are presented. The situations confirming the successful use of tactical ventilation are described, as well as recommendations are given when the use of these means will be considered ineffective.

*Keywords:* loss of life, fire hazards, fire, tactical ventilation.

Опасные факторы пожара (ОФП) – факторы пожара, воздействие которых может привести к травме, отравлению или гибели человека и (или) к материальному ущербу [1].

Основные показатели по количеству погибших людей на пожарах согласно

статистическим данным МЧС России [2; 3; 4; 5; 6] приведены на рис. 1.

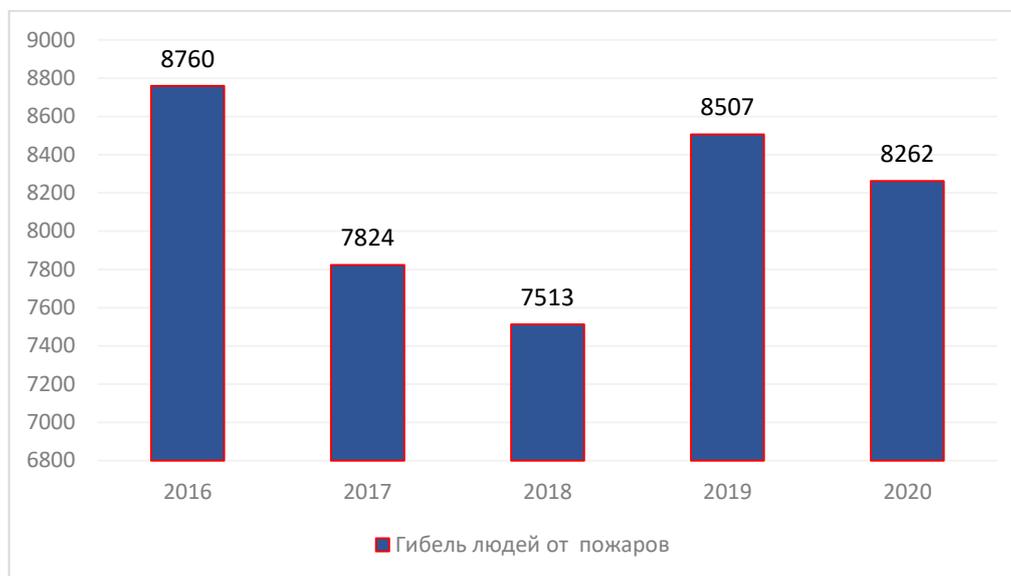


Рисунок 1. Количество погибших людей от пожаров на территории Российской Федерации в период 2016-2020 гг.

Из данных рис. 1 мы видим, что за последние пять лет на территории Российской Федерации до 2018 г. происходит положительная динамика уменьшения общего числа погибших от пожаров, но в 2019 г. мы наблюдаем увеличение их числа почти на шестьсот человек. Данный факт свидетельствует о том, что несмотря на совершенствование технического оснащения

пожарно-спасательных подразделений имеется необходимость в изменении тактических приемов ведения борьбы с огнем и спасения людей.

В результате анализа причин гибели людей при пожарах (рис.2) нужно отметить, что основной причиной является отравление токсичными продуктами горения.



Рисунок 2. Причины гибели людей при пожаре

В период с 2016–2020 гг. на территории Российской Федерации произошло 1195025 пожаров, в результате которых жертвами стали 40866 человек. Из общего числа погибших у 28238 человек смерть наступила по причине отравления продуктами горения. Данная причина характерна для зданий с массовым пребыванием людей. Вопросы, связанные с проблемой эвакуации людей при пожарах на объектах с массовым пребыванием людей, рассматриваются во многих научных трудах [7; 8; 9].

В результате воздействия на людей опасных факторов пожара, их самостоятельный выход не представляется возможным из-за задымления помещений и путей эвакуации. Кроме того, люди, находясь в стрессовой ситуации, не способны адекватно оценить ее и принять правильное решение о своих дальнейших действиях. Большинство людей, как правило, подвергаются панике, чем создают угрозу жизни как для себя, так и для окружающих.

При пожаре в зданиях с массовым пребыванием людей, первое прибывшее на

место пожара подразделение пожарной охраны в составе двух отделений на основных пожарных автомобилях, исходя из тактических возможностей не способны осуществить весь объем возлагаемых на них задач по эвакуации и спасению людей. По нашему мнению, решить данную проблему можно путем создания необходимых условий, способствующих эффективному проведению боевых действий при тушении пожаров. Одним из таких приемов является управление газообменом на пожаре с использованием тактического вентилирования (ТВ).

М. В. Серегин в своих трудах описывает, что в тех районах выезда, где используется при тушении пожаров тактическое вентилирование, значительно уменьшается число погибших [10].

Основной составляющей ТВ является наличие приточных и вытяжных проемов и соединяющих их вентиляционного канала (рис. 3).

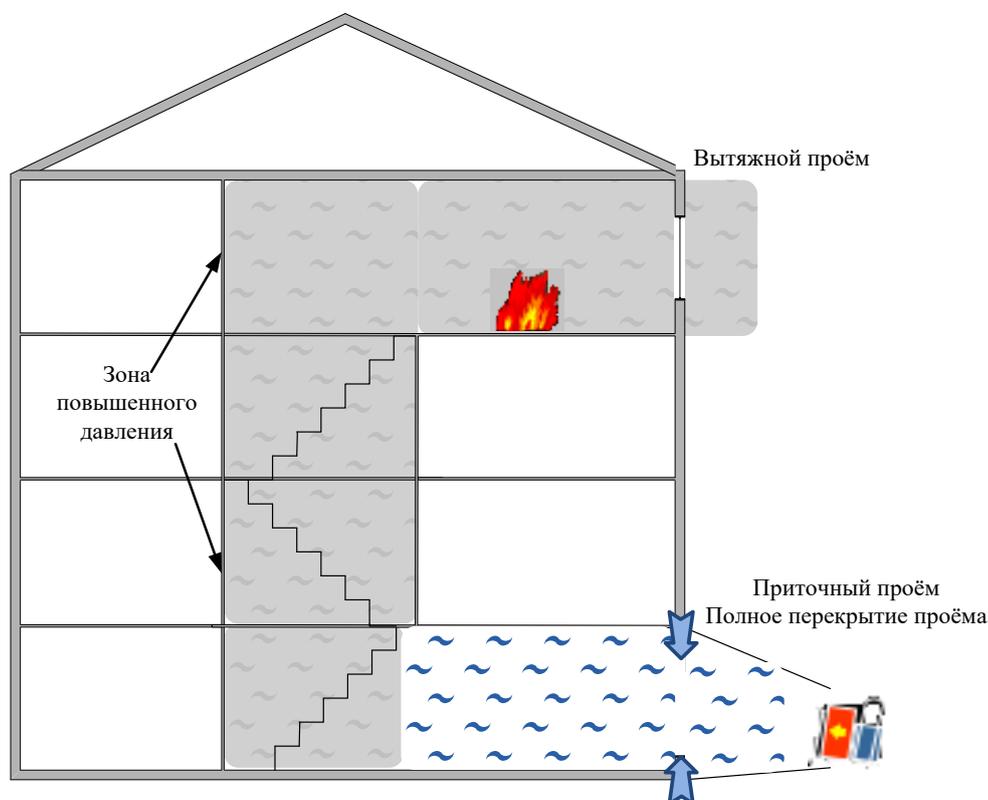


Рисунок 3. Схема тактического вентилирования

Данная система создается путем открытия (закрытия) оконных и дверных проемов. Стоит учесть, что размер вытяжного проема по отношению к приточному не должен превышать трехкратного размера, оптимальное соотношение 1:1.

Руководитель тушения пожара при выборе оборудования для применения тактической вентиляции на месте пожара должен учесть возможности применяемой техники, исходя из тактико-технических характеристик.

При этом следует учитывать стадию пожара; эффективное применение тактической вентиляции (ТВ) будет возможно только на стадии управления горением пожарной нагрузки (начальная стадия).

В других случаях есть вероятность того, что применение тактического вентилирования может привести к быстрому распространению горения за счет дополнительного притока кислорода воздуха в зону горения.

Также необходимо учесть расстояние от мобильного вентилятора до проема, которое исчисляется таким образом, чтобы расстояние от вентилятора до приточного проема не превышало диагонали данного проема.

Для использования на месте пожара тактического вентилирования на сегодняшний день широкое применение имеют:

- автомобили дымоудаления;
- дымососы пожарные, в том числе мобильные вентиляторы (нагнетатели воздуха).

Дымососы пожарные предназначены для удаления дыма, а также для нагнетания воздуха с целью снижения температуры и токсичности газодымовоздушной среды. По назначению их различают на переносные и прицепные. По типу привода дымососы могут быть механические, гидравлические и электрические. По принципу работы делятся на вентиляторные, центробежные и инжекторные. На рис. 4 представлен дымосос пожарный.



Рисунок 4. Дымосос пожарный

Мобильный вентилятор (нагнетатель воздуха) может быть с двигателем внутреннего сгорания или электроприво-

дом, отличительной особенностью которого является то, что его необходимо использовать в паре с генератором. На рис. 5 представлен мобильный вентилятор.



Рисунок 5. Мобильный вентилятор (нагнетатель воздуха)

Автомобили дымоудаления предназначены для устранения задымлений в различных зданиях, подвалах, лестничных клетках за счет нагнетания и высасывания воздуха. Также данный автомобиль может

применяться для создания заградительных полос из воздушно-механической пены. Внешний вид автомобиля дымоудаления представлен на рис. 6.



Рисунок 6. Автомобиль дымоудаления

Коллектив авторов [11] считает, что применение мобильных приточных вентиляторов на решающем направлении создает необходимые условия для эвакуации людей, при этом осуществляется их защита от опасных факторов пожара.

Тактическое вентилирование проводится в четыре этапа: предварительный, подготовительный, основной, завершающий. На первом этапе руководитель тушения пожара выбирает способ ТВ, определяет направление воздушного канала, входные и выходные проемы, а также места установки вентиляторов. На втором этапе создаются воздушные каналы, входные и выходные отверстия, закрываются дверные и оконные проемы, выставляются на позицию вентиляторы с последующим запуском, прогревом и включением их в процесс вентилиации, а также создается запас горюче-смазочных материалов. Третий этап включает в себя контроль и наблюдение за движением потока по воздушным каналам, а также получение необходимой информации о ходе движения продуктов горения. На четвертом этапе осуществляется сбор оборудования, использованного при тактическом вентилировании.

Для получения желаемого результата постановки перед входом мобильного вентилятора будет недостаточно, прежде всего необходимо понимать процесс данного приема, иначе можно усугубить ситу-

ацию. В связи с этим, необходимо предусмотреть все факторы, которые могут непосредственно воздействовать на тактическое вентилирование, основными из которых будут являться:

- разность температур наружного воздуха и воздуха в помещении, т. е. теплый воздух поднимается вверх и пытается покинуть помещение, холодный воздух приходит на его место;
- разность давлений воздушного столба, т. е. отработанные газы выходят из помещений и взамен приходит свежий воздух, обогащенный кислородом;
- воздействие ветра.

Не стоит применять данный метод в случаях, когда:

- здание или сооружение полностью охвачено огнем;
- в зоне горения открыты все оконные и дверные проемы;
- размеры приточного и вытяжного проемов превышает соотношение 1:3 [12].

В настоящее время применение ТВ не всегда является возможным. Прежде всего это связано с отсутствием необходимого количества мобильных вентиляторов в пожарно-спасательных гарнизонах и недостаточным практическим опытом применения в разных условиях пожара.

Положительной стороной ТВ считается не только удаление из помещения токсичных продуктов горения, но и создание

зон повышенного избыточного давления воздуха, позволяющего находиться участникам тушения пожара и гражданам без применения средств индивидуальной защиты органов дыхания и зрения (СИЗОД) в этих помещениях. Примером такого факта является пожар, произошедший в 2015 г. в Москве в Институте научной информации по общественным наукам РАН [13]. Применение этого метода позволило защитить не горящую часть здания и не допустить распространение огня в другие помещения здания института.

Проведение боевых действий по тушению пожаров и спасению людей не теряет свою актуальность и на сегодняшний день. Широкое распространение такого приема, как тактическое вентилирование,

понимание и осознание принципов его применения, техническое оснащение пожарно-спасательных подразделений соответствующими устройствами для организации тактической вентиляции дают дополнительную возможность лицам, выступающим в роли руководителя тушения пожара, оказывать влияние на управление газообменом на пожаре. Вследствие чего участники тушения пожара в более короткий срок могут осуществить выполнение основной боевой задачи, за счет вытеснения продуктов горения поступающим воздухом, а также предоставить людям, отрезанным от путей эвакуации воздействием опасных факторов пожара, возможность самостоятельно покинуть опасную для их жизни и здоровья зону.

#### Литература

1. Федеральный закон №123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности».
2. Пожары и пожарная безопасность в 2015 г.: стат. сб. М., 2016. 124 с.
3. Пожары и пожарная безопасность в 2016 г.: стат. сб. М., 2017. 124 с.
4. Пожары и пожарная безопасность в 2017 г.: стат. сб. М., 2018. 125 с.
5. Пожары и пожарная безопасность в 2018 г.: стат. сб. М., 2019. 125 с.
6. Пожары и пожарная безопасность в 2019 г.: стат. сб. М., 2020. 80 с.
7. Самошин Д. А. Методологические основы нормирования безопасной эвакуации людей из зданий при пожаре: автореф. дис. ... канд. техн. наук. М., 2017. 47 с.
8. Воробьев Ю. Л., Копылов Н. П. Проблема обеспечения пожарной безопасности в зданиях с массовым пребыванием людей // Пожарная безопасность. 2006. № 2. С. 113–124.
9. Шихалев Д. В. Разработка концепции принятия управленческих решений во время эвакуации людей из здания при пожарах // Информатика, управление и системный анализ: труды V Всероссийской научной конференции молодых ученых с международным участием. Ростов-на-Дону, 2018. С. 450–459.
10. Серегин М. В. Обеспечение безопасности личного состава при тушении пожаров и проведения аварийно-спасательных работ // Сборник материалов Международной научно-практической конференции «Пожарная безопасность: проблемы и перспективы». Воронеж, 2015. № 1 (6). С. 19–25.
11. Романенко А. И. и др. XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. 2020. Т. 9. № 1 (49). С. 189–192.
12. Методические рекомендации руководителю тушения пожара по организации и проведению тактической вентиляции зданий и сооружений при тушении пожаров и ликвидации последствий ЧС на территории города Москвы. М., 2014. 78 с.
13. URL: <http://5nomer.org/training/14-takticheskaya-ventilyatsiya-pervye-itogi>

#### References

1. Federal'nyj zakon №123-FZ «Tekhnicheskij reglament o trebovaniyah pozharnoj bezopasnosti».
2. Pozhary i pozharnaya bezopasnost' v 2015 g. M., 2016. 124 s.
3. Pozhary i pozharnaya bezopasnost' v 2016 g. M., 2017. 124 s.
4. Pozhary i pozharnaya bezopasnost' v 2017 g. M., 2018. 125 s.
5. Pozhary i pozharnaya bezopasnost' v 2018 g. M., 2019. 125 s.
6. Pozhary i pozharnaya bezopasnost' v 2019 g. M., 2020. 80 s.
7. Samoshin D. A. Metodologicheskie osnovy normirovani bezopasnoj evakuacii lyudej iz zdaniij pri pozhare. M., 2017. 47 s.
8. Vorob'ev YU. L., Kopylov N. P. Problema obespecheniya pozharnoj bezopasnosti v zdaniyah s massovym prebyvaniem lyudej // Pozharnaya bezopasnost'. 2006. № 2. P. 113–124.

9. Shihalev D. V. Razrabotka koncepcii prinyatiya upravlencheskih reshenij vo vremya evakuacii lyudej iz zdaniya pri pozharah // Informatika, upravlenie i sistemnyj analiz: trudy V Vserossijskoj nauchnoj konferencii molodyh uchenyh s mezhdunarodnym uchastiem. Rostov-na-Donu, 2018. S. 450–459.

10. Seregin M. V. Obespechenie bezopasnosti lichnogo sostava pri tushenii pozharov i provedeniya avarijno- spasatel'nyh rabot // Sbornik materialov Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii «Pozharnaya bezopasnost': problemy i perspektivy». Voronezh, 2015. № 1 (6). S. 19–25.

11. Romanenko A. I. et al. XXI vek: itogi proshlogo i problemy nastoyashchego plyus. 2020. T. 9. № 1 (49). S. 189–192.

12. Metodicheskie rekomendacii rukovoditelyu tusheniya pozhara po organizacii i provedeniyu takticheskoy ventilyacii zdaniy i sooruzhenij pri tushenii pozharov i likvidacii posledstvij CHS na territorii goroda Moskvy. M., 2014. 78 s.

13. URL: <http://5nomer.org/training/14-takticheskaya-ventilyatsiya-pervye-itogi>

**РАЗРАБОТКА РЕКОМЕНДАЦИЙ ПО СОСТАВЛЕНИЮ ТЕКСТА  
ДЛЯ РЕЧЕВОГО ОПОВЕЩЕНИЯ ВО ВРЕМЯ ПОЖАРА**  
**DEVELOPMENT OF RECOMMENDATIONS FOR DRAFTING TEXT  
FOR VOICE WARNING DURING FIRE**

*Чумаков Н. А., кандидат психологических наук, доцент,  
Черанева И. С., Энс М. А.,  
Санкт-Петербургский политехнический  
университет Петра Великого, Санкт-Петербург*

*Chumakov N., Cheranyova I., Ens M.,  
Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, Saint-Petersburg*

В данной работе было исследовано восприятие людьми речевого оповещения о пожаре в местах массового скопления людей в зависимости от транслируемого сообщения. Исследование было проведено на примере офисного здания. В ходе работы были проанализированы действующие на территории Российской Федерации требования к системам оповещения и управления эвакуацией. Были выбраны наиболее характерные для привлечения внимания речевые формулы, учитывающие особенности восприятия людьми речевой информации. На основании выбранных формул были составлены несколько различных вариантов речевых сообщений. Для записи речевых сообщений были выбраны мужчины и женщины разных возрастов. Сообщения содержали в себе разный объем информации о произошедшем событии и инструкции о дальнейших действиях. Затем было проведено анкетирование среди офисных работников по восприятию данных сообщений. На основании анализа требований к системам оповещения и управления эвакуацией и результатов анкетирования были предложены рекомендации по составлению текста для системы речевого оповещения. Разработанные в ходе исследования рекомендации направлены на повышение эффективности речевого оповещения, достижение однозначного восприятия человеком передаваемой информации и оптимизацию процесса эвакуации.

*Ключевые слова:* система оповещения и управления эвакуацией (СОУЭ), речевое оповещение, эвакуация, речевое сообщение о пожаре, места массового пребывания людей.

In this work, the perception by people of a voice warning about a fire in places of mass accumulation of people depending on the broadcast message was investigated. The study was conducted using the example of an office building. During the work, the requirements for warning and evacuation control systems in force in the Russian Federation were analyzed. The speech formulas most characteristic of attracting attention were chosen considering the features of people's perception of speech information. Based on the selected formulas, several different versions of voice messages were compiled. Men and women of different ages were chosen to record voice messages. The messages contained a different amount of information about the event and instructions for further actions. Then a questionnaire was conducted among office workers on the perception of these messages. Based on the analysis of the requirements for the warning and evacuation management systems and the results of the questionnaire, recommendations were proposed for drafting a text for the voice warning system. The recommendations developed during the study

are aimed at improving the efficiency of voice notification, achieving unambiguous human perception of the transmitted information, and optimizing the evacuation process.

*Keywords:* warning and evacuation control system (WECS), voice notification, evacuation, voice message about fire, places of mass accumulation of people.

Большую роль во время пожара на объектах с массовым скоплением людей играет правильная и своевременная эвакуация. Несмотря на то, что периодически проводятся плановые учебные эвакуации, разработаны методики их проведения, существует проблема своевременной и полной эвакуации людей во время реального пожара. Ключевую роль играет время начала эвакуации, которое зависит от множества факторов. Во время возникновения непредвиденной чрезвычайной ситуации (ЧС) способность человека к восприятию риска и принятию решений значительно снижается и не всегда может быть верной. Поэтому очень важно грамотно проинформировать людей о возникновении пожара и их дальнейших действиях, не вызвав при этом паники [1].

Для оповещения людей об опасности наряду с прочими используются речевое оповещение, которое является частью системы оповещения и управления эвакуацией (СОУЭ) и служит для передачи сообщений о наличии угроз, чрезвычайных ситуаций, а также для информирования людей о необходимых действиях и порядке эвакуации в соответствующих зонах оповещения. Согласно требованиям российских и международных норм применение данного типа оповещения является необходимым на объектах с массовым скоплением людей и зданий с большими пространствами и площадями [2,3].

Согласно исследованиям в области психологии человека, при возникновении реальной угрозы жизни или здоровью, появляется страх смерти, являющийся сильнейшим фактором, влияющим на поведение [4]. Следствием данного страха является паника – временное нерегулируемое состояние, сопровождающееся потерей самообладания и наличием неконтролируемого стремления избежать опасности [5].

При нахождении человека в состоянии паники прослеживаются такие поведенческие особенности, как сужение диапазона восприятия информации и нарушение логики принятия решений. При возникновении угрозы жизни и здоровью, человеку необходима информация о четком плане (последовательности) действий, чтобы как можно скорее сориентироваться. Для этого крайне важно использовать правильно подобранный текст речевого сообщения, чтобы исключить дезориентацию, сосредоточить внимание на необходимой последовательности действий людей в ЧС и не допустить усиление страха [7].

Существенный вклад в оценку поведения людей при воспроизведении через систему речевого оповещения сообщений пожарной тревоги внесли Д. Т. Шильдс, В. В. Холщевников и другие, проведя исследование на территории залов и офисов двух крупных торговых комплексов [8]. Согласно полученным данным в ходе проведенных испытаний 50 % посетителей начинали эвакуироваться после требования со стороны персонала торговых центров, 35 % – после срабатывания системы речевого оповещения, остальные 15 % – после того, как другие люди массово направились к выходам [8]. Авторами было отмечено, что во время эвакуации люди предпочитают наиболее близко расположенные к ним открытые или узнаваемые выходы. Так, если выход незначительно загорожен или двери прикрыты, то человек будет искать другой [8].

В ходе исследования было выявлено, что при включении пожарной тревоги человек находится в состоянии анализа и обработки информации: что именно случилось и почему произошло срабатывание речевого оповещения о пожаре. Если источник опасности не удалось установить

– посетители игнорировали требование покинуть здание. Однако при подтверждении факта опасности персоналом торговых центров люди незамедлительно стремились покинуть здания. Таким образом, время принятия человеком решения об эвакуации составляло до 45 с, при этом сотрудники торговых центров реагировали, в среднем, быстрее – до 16 с. Сами же посетители высказывали недоверие к оповещению о пожаре ввиду частого встречающихся в жизни ситуаций, когда срабатывание сигнализации и оповещения было ложным. В связи с этим транслируемые тексты речевого оповещения о пожаре стали привычными для большинства людей и воспринимаются как фон.

На сегодняшний день в российском законодательстве нет четких методических рекомендаций и указаний по составлению текстов оповещения. Как правило, разработкой данных текстов занимаются производители систем оповещения, зачастую не учитывая психологические особенности восприятия информации человеком в стрессовой ситуации. Поэтому исследование, направленное на изучение восприятия людьми речевого оповещения о пожаре в зависимости от транслируемых сообщений является актуальной задачей. Учитывая, что при эвакуации каждая минута на счету, целесообразно повышать эффективность восприятия сигналов СОУЭ. Одним из таких способов является совершенствование и обновление текстов речевого оповещения [9].

Целью данной статьи является исследование вопроса восприятия людьми речевого оповещения о пожаре в зависимости от транслируемого сообщения, а также разработка рекомендации по составлению речевых сообщений о пожаре для повышения восприятия озвучиваемой информации на примере офисного здания.

Для достижения данной цели были поставлены следующие задачи:

1. Анализ существующих требований к системе речевого оповещения и речевым сообщениям;

2. Проведение исследования по восприятию сотрудниками офиса речевых сообщений о пожаре;

3. Разработка рекомендаций по составлению речевых сообщений о возникновении пожара на основании проведенного исследования.

Для оценки восприятия текстов речевых оповещения о возникновении пожара было проведено анкетирование сотрудников офиса. Исследование проводилось в трехэтажном офисе в трех помещениях: двух коммерческих и одного проектного отделов.

В качестве респондентов выступали сотрудники офиса в количестве 21 человек: 8 мужчин и 13 женщин возрастом от 24 до 64 лет. Для всех респондентов родным языком является русский, поэтому сообщения для речевого оповещения были подготовлены на русском языке. Возраст дикторов, озвучивающих речевые сообщения, составляет от 24-х до 73-х лет. Три речевых сообщения озвучены мужчинами, одно – женщиной. Для всех дикторов русский является родным языком.

На сегодняшний день среди действующих на территории Российской Федерации нормативных документов, содержащих рекомендации по составлению и содержанию текстов для речевого оповещения о пожаре, можно выделить ГОСТ, который содержит требования для обеспечения качества речевой связи и речевого оповещения, в том числе при возникновении чрезвычайных ситуаций [10]. Кроме того, также действуют документ, который устанавливает требования к системе, этапам ее создания и к содержанию проектной документации СОУЭ [11], и своды правил, в которых предъявляются требования к частотным характеристикам речевых оповещателей и необходимому уровню звука [2]. Проанализировав данные нормативные документы, можно сделать вывод о том, что нет определенных требований к формулировкам речевых сообщений для оповещения, правил построения данных сообще-

ний, которые бы отражали важность полноты и однозначности восприятия озвучиваемой информации.

Чтобы оценить важность правильного формулирования речевого оповещения, было проведено исследование по восприятию различных текстов оповещения сотрудниками трехэтажного офиса. Общее количество рабочих мест с постоянным пребыванием людей составляет 23 человека. Для данного исследования в качестве речевого оповещения во время пожара были составлены следующие сообщения:

1. «Внимание, пожарная тревога! В зоне, где вы находитесь, обнаружено задымление! Всем немедленно покинуть здание! Пользуйтесь основным и запасными выходами, а также переходами в соседние корпуса. Избегайте проявления суеты и паники. Персоналу обеспечить беспрепятственное движение людей согласно плану эвакуации».

2. «Граждане! Внимание! Внимание! Начался пожар! Сохраняйте спокойствие! Немедленно покиньте здание! Выходы обозначены световыми табло».

3. «Внимание! В одном из помещений произошло задымление. Просьба без

паники покинуть помещение, пользуясь схемами эвакуации и табличками «Выход».

4. «Граждане, внимание! Граждане, внимание! В здании пожар! Сохраняйте спокойствие. Немедленно направляйтесь к выходам».

Данные сообщения для речевого оповещения были составлены с учетом следующих факторов:

- 1) возраст, пол диктора, является ли он носителем языка;
- 2) фоносемантический состав текстового сообщения;
- 3) скорость и выразительность произношения текста;
- 4) информативность сообщения.

Каждое из этих сообщений было воспроизведено дважды, чтобы слушатель смог сконцентрироваться, услышать и осознать все инструкции, которые озвучены, так как на практике любое тревожное сообщение воспроизводится в течение всего времени эвакуации. Затем после двух прослушиваний испытуемые отвечали на вопросы анкеты, которые представлены в табл.

Таблица

*Вопросы анкеты по оценке восприятия речевых сообщений о пожаре*

1. С какого прослушивания Вам удалось полностью распознать и понять инструкции, озвученные в речевом сообщении?	1) с первого; 2) со второго; 3) ни с какого
2. Какие эмоции вызвало у Вас речевое сообщение?	1) тревога; 2) внутренняя готовность к действию (мобилизация); 3) растерянность; 4) раздражение
3. Насколько, по десятибалльной шкале, прослушанное речевое сообщение сфокусировало Ваше внимание? (1 – речевое сообщение не привлекает внимание; 10 – речевое сообщение побуждает к незамедлительной эвакуации)	

4. Насколько прослушанное речевое сообщение было просто для восприятия?	1) не сразу удалось вникнуть в суть речевого сообщения; 2) не все слова были слышаны; 3) текст оказался слишком длинным для восприятия; 4) были слышаны все слова; 5) текст оказался слишком сложным и перегруженным для восприятия; 6) речевое сообщение было простым и понятным для восприятия
5. Какие действия Вы бы предприняли после прослушивания данного речевого сообщения?	1) начал(а) эвакуацию, т. к. информации в речевом сообщении оказалось достаточно; 2) никаких, т. к. речевое сообщение было бы мною воспринято как учебная тревога; 3) уточнил(а) информацию у руководства и (или) коллег; 4) начал(а) самостоятельный поиск пожара, чтобы убедиться в достоверности пожарной тревоги

Кроме того, при анкетировании учитывались возраст и пол респондентов, является ли язык речевого сообщения родным (если нет, то насколько изучен), а также имеются ли у испытуемого врожденные или приобретенные нарушения слухового и (или) речевого аппаратов.

Таким образом, по итогам анкетирования были получены следующие результаты, которые отражены на рис. 1–5.

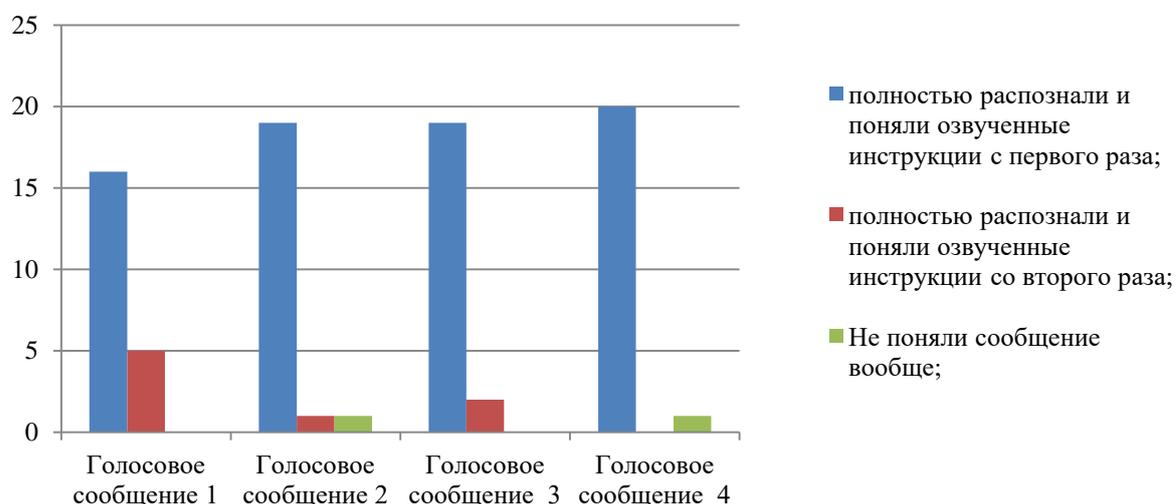


Рисунок 1. Диаграмма с результатами ответов на первый вопрос анкетирования

Из данных диаграммы, представленной на рис. 1, мы видим, что все голосовые сообщения распознали с первого раза большинство респондентов. Первое

голосовое сообщение оказалось наиболее трудное для восприятия – пять человек распознали его лишь со второго раза, также

возникли трудности по восприятию третьего голосового сообщения, только со второго раза его восприняли двое респондентов.

Второе и четвертое голосовые сообщения один человек не понял вообще, но при этом у анкетированный имеет возрастные ухудшения слуха.

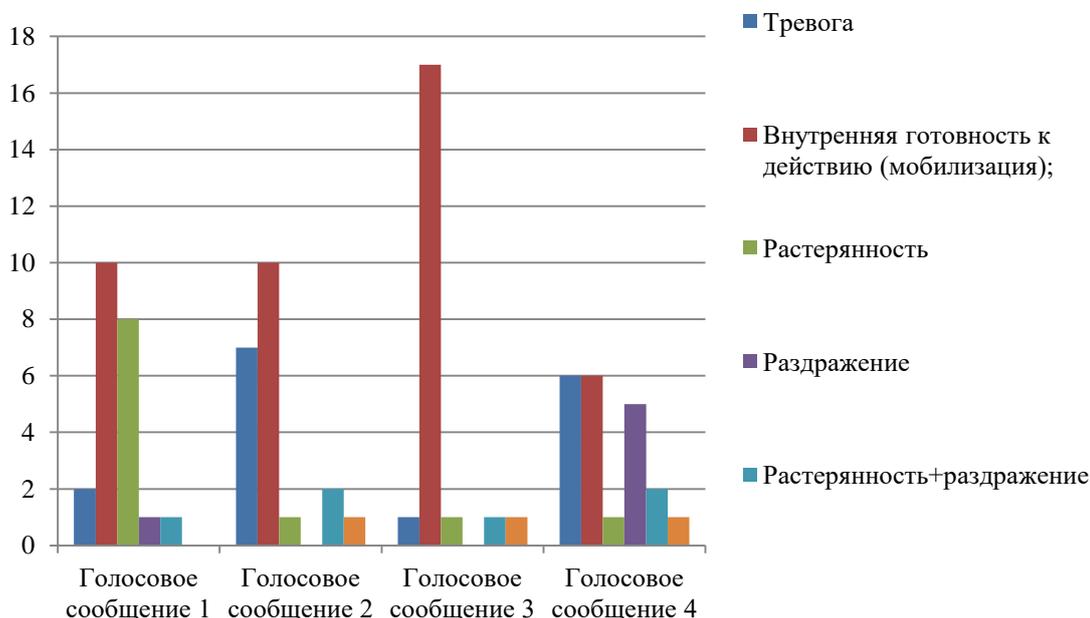


Рисунок 2. Диаграмма с результатами ответов на второй вопрос анкетирования

Из данных диаграммы, представленной на рис. 2, мы видим, что третье голосовое сообщение вызвало готовность действия у большинства респондентов, в остальном в одинаковом соотношении данное сообщение вызвало тревогу, растерянность и раздражение. Первое и второе голосовые сообщения в одинаковом соотношении вызвали внутреннюю готовность,

но при этом данные показатели вдвое ниже, чем у третьего голосового сообщения. Четвертое голосовое сообщение имеет достаточно низкие показатели по отношению к другим сообщениям по готовности респондентов к действиям, это сообщение вызвало широкий спектр эмоций у респондентов.



Рисунок 3. Диаграмма с результатами ответов на третий вопрос анкетирования

На рис. 3 мы видим результаты средней оценки привлечения внимания у респондентов. Наибольшее внимание привлекло третье голосовое сообщение, затем

второе, четвертое, наименьшую оценку получило первое голосовое сообщение.

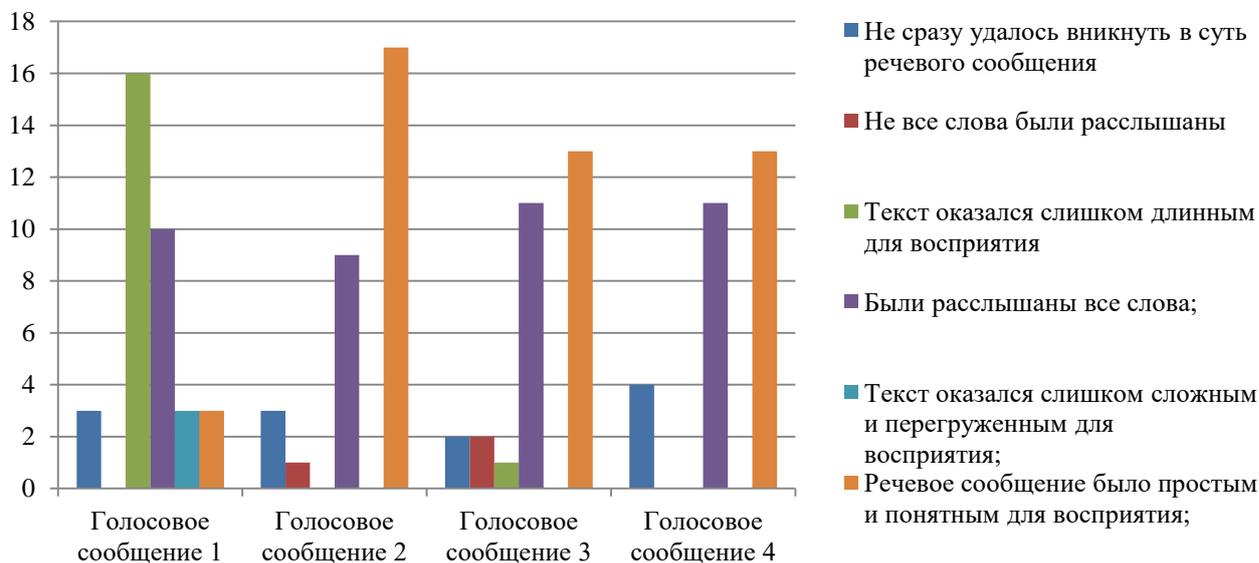


Рисунок 4. Диаграмма с результатами ответов на четвертый вопрос анкетирования

Наиболее простым и понятным сообщением для респондентов оказалось второе, что мы видим по диаграмме на рис. 4. Третье и четвертое голосовые сообщения

также были понятны и просто для большей части респондентов. Первое же голосовое сообщение оказалось слишком длинным для восприятия.

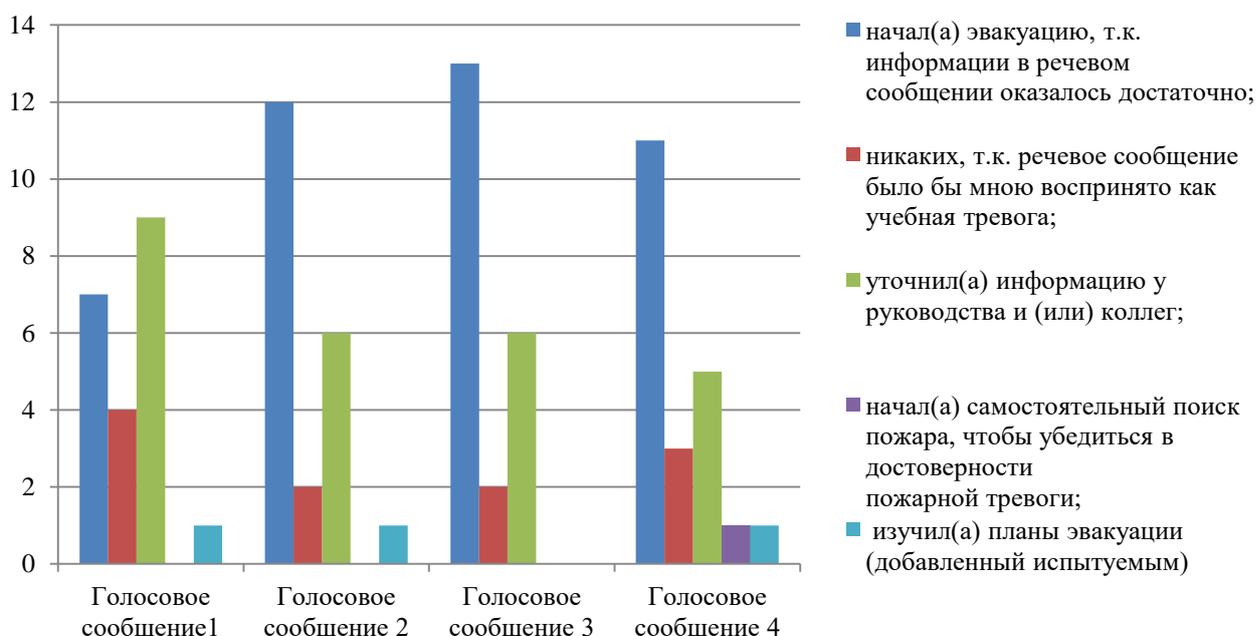


Рисунок 5. Диаграмма с результатами ответов на пятый вопрос анкетирования

Из данных диаграммы, изображенной на рис. 5, мы видим, что только лишь чуть больше половины респондентов начали бы эвакуацию немедленно, после прослушивания второго, третьего и четвертого сообщений, после первого – лишь треть. Остальная же часть респондентов после прослушивания данных сообщений пытались бы уточнить каким-либо образом информацию о пожаре.

Чтобы определить, какие факторы могли повлиять на полученные результаты тестирования, необходимо более подробно проанализировать каждое из сообщений.

Первое речевое сообщение озвучено женщиной возрастом 45–55 лет. Длина сообщения составляет 23 с. Для испытуемых оно оказалось самым длинным и трудным для восприятия. Сообщение содержит необходимые для эвакуации инструкции, однако вступление о возникновении задымления содержит избыточные слова. По результатам исследования можно сделать вывод о том, что инструкции для персонала должны озвучиваться отдельно в соответствующих зонах, где находятся и работают сотрудники, либо, в случае офисного помещения, отсутствовать. Диктор делает акцент на таких согласных, как «П», «Н» и «Б», что, ввиду физиологии строения человеческих связок и формирования звука, создает избыточное давление на микрофон. Текст сообщения построен так, что данные фонемы в некоторых случаях расположены близко друг к другу, и это приводит к эффекту восстановления фонем. Как результат – полностью распознать речевое сообщение с первого раза смогли только 16 человек, что является наименьшим показателем. Сообщение читается диктором быстро, между частями фраз делаются незначительные паузы длиной до 0,5 с, а между словами внутри данных фраз – практически отсутствуют. Диктор говорит на родном для него языке. Интонация ровная, незначительное изменение тона наблюдается при начале и окончании предложения. Опра-

шиваемые отмечали мягкость повествования и отсутствие жесткости в голосе. В результате сообщение имеет самый низкий балл фокусировки внимания (5,43); вызывает у людей растерянность, чрезмерная длина и перегруженность не позволяют полностью распознать озвученные инструкции с первого раза. Четверо опрашиваемых восприняли речевое сообщение как учебную тревогу. Как итог – всего 6 человек незамедлительно бы приступили к эвакуации.

Второе речевое сообщение прочитано мужчиной возрастом 73 года на родном для него языке. Длительность сообщения составляет 15 с. Данный вариант сообщения вызвал сильное чувство тревоги у наибольшего количества испытуемых – 8 человек. При этом остальные в той или иной степени также ощущали беспокойство. Это обусловлено грубым и низким тембром голоса диктора, а также наличием акцента на фразе «Начался пожар!». Сообщение содержит короткое обращение и минимальный набор инструкций для эвакуации. 19 человек ответили, что смогли с первого раза распознать всю информацию, 1 – со второго. Это высокий показатель. Однако один человек отметил, что ввиду малого количества озвученных инструкций (самые общие) он выбрал вариант – «ни с какого», т. к., по его мнению, нельзя распознать инструкции, если их нет. Таким образом, хоть сообщение и было коротким, инструкций для эвакуации оказалось недостаточно. Это привело к тому, что всего 11 человек были готовы принимать действия (мобилизоваться), что является одним из самых низких показателей. Грубый и жесткий голос диктора, а также фраза «Начался пожар!», озвученная в сообщении, привели к одному из самых высоких показателей фокусировки внимания: 7,57 балла. 17 человек ответили, что сообщение оказалось простым и понятным для восприятия, что является самым высоким показателем. Тем не менее трое и один испытуемый не смогли сразу вникнуть в суть сообщения и расслышать все слова (соответственно).

Как отмечали испытуемые, это вызвано тревогой и растерянностью. Сообщение читается диктором с интонацией, между словами делаются достаточные для восприятия уже озвученной части паузы длиной 0,75 с. В итоге 13 человек приступили бы к незамедлительной эвакуации, всего 2 человека восприняли сообщение как учебную тревогу.

Третье речевое сообщение озвучено мужчиной возрастом 30–40 лет на родном для него языке. Длина сообщения – 13 с. С первого раза понять и распознать озвученные инструкции смогли 19 человек, что является высоким и одним из лучших показателей. Готовы принимать решения и действовать были 19 человек, по 2 человека дополнительно испытали тревогу и растерянность. Средний балл фокусировки внимания получился наивысшим – 7,76. Отметим простоту речевого сообщения 13 человек, практически все испытуемые указали, что все слова были слышаны (кроме двух человек, у одного в анкете было отмечено, что он страдает возрастным нарушением слуха), однако 1 опрошенный сказал, что речевое сообщение было слишком длинным. Также 2 человека не смогли сразу вникнуть в суть сообщения. Как и в случае с первым сообщением, данное имеет фразу «Обнаружено задымление!», а не пожар. Также спокойный голос диктора, незначительное изменение интонации (как и в случае с первым сообщением) только в начале и окончании предложения, и умеренная жесткость голоса позволили испытуемым легко и в полной мере воспринять озвученные инструкции, всего 2 человека посчитали бы сообщение как учебную тревогу, а 13 приступили бы к эвакуации, т. к. озвученных инструкций оказалось достаточно (что является высоким показателем). Между ключевыми фразами делаются умеренные паузы длиной, в среднем, 0,75 с, что соответствует показателю 2-го сообщения, где испытуемые также отмечали простоту восприятия инструкций.

Четвертое речевое сообщение озвучено мужчиной возрастом 24 года на родном для него языке. Продолжительность сообщения составляет 13 с. Сообщение содержит только обращение к слушателям, информацию о том, что начался пожар и что необходимо направляться к выходам. Никаких других инструкций речевое сообщение не содержит. Поэтому почти все испытуемые (20 человек) смогли полностью распознать и понять озвученную в сообщении информацию с первого раза и только 1 – со второго. Между ключевыми фразами диктор делает паузы длиной 0,75 с, как в случае двух предыдущих речевых сообщений. Между 7 и 8 секундами диктор поспешно произносит слово «Спокойствие», а также между 11 и 12 секундами делается продолжительная пауза в 0,5 с внутри одной ключевой фразы. Нехватка инструкций вызывала у испытуемых сильную тревогу (7 человек), непонимание как действовать в чрезвычайной ситуации. 6 человек при прослушивании ощутили раздражение из-за мягкого тембра голоса, недостаточной серьезности и неправильных пауз между словами и ключевыми частями сообщения. Только 8 человек были бы готовы действовать. Средний балл фокусировки внимания составил 7, что является средним значением. При ответе на вопрос восприятия сообщения испытуемые разделились на тех, для кого озвученное сообщение оказалось простыми и понятными для восприятия (13 человек), и тех, кто отмечал трудность восприятия (4 человека). Всего 11 человек указали на достаточность информации для эвакуации. Трое человек восприняли бы сообщение как учебную тревогу.

Для всех сообщений прослеживается общая тенденция – четверть всех испытуемых уточнили бы информацию у своего руководства или коллег насчет необходимости эвакуации и действительности озвучиваемого сообщения.

Мягкий или грубый тембр голоса диктора, паузы между ключевыми фразами в речевом сообщении длиной менее 0,5 с

или более 0,75 с, а также паузы между словами внутри ключевых фраз более 0,15 с усложняют восприятие, вызывает у людей чувство тревоги, растерянности, необходимость прослушивать сообщение повторно. Нехватка инструкций (или их малое количество) ограниченные требования направления к выходам, обозначенным световыми табло, вызывает у людей дезориентацию и тревогу. Длительность сообщения более 18 с, вступление, состоящее более чем из четырех слов, вызывает у людей растерянность, снижается фокусировка внимания на речевом сообщении, люди могут его воспринимать как ложное (учебное). Перегруженность инструкций не позволяет слушателям адекватно реагировать на сообщения, принимать решения. В инструкциях должны быть требования о направлении к эвакуационным выходам, соответствующие плану эвакуации, а также призывы к сохранению спокойствия.

Таким образом, основываясь на проведенном исследовании по восприятию сотрудниками речевых сообщений о возникновении пожара были разработаны следующие рекомендации при составлении текстов для речевого сообщения о возникновении пожара:

1) текст не должен содержать частицу «не»; фонетически созвучные слова (например, «стол», «пол»); слово «пожар»; слова, которые не относятся к информированию о возникновении пожара, требованиям сохранять спокойствие, процессу эвакуации, инструкциям по эвакуации;

2) текст должен содержать информацию, относящуюся исключительно к информированию о возникновении пожара, требованиям сохранять спокойствие, процессу эвакуации, инструкциям по эвакуации;

3) текст должен состоять из четырех частей, располагающихся в следующем порядке: привлечение внимания, информация о возникновении пожара, требование сохранять спокойствие, инструкции

для эвакуации и требование их выполнения;

4) привлечение внимание возможно с помощью таких слов и словосочетаний, как «внимание», «граждане, внимание», «внимание всем сотрудникам»;

5) информирование о возникновении пожара возможно с помощью таких словосочетаний, как: «обнаружено задымление», «обнаружено возгорание»;

6) Требование сохранять спокойствие возможно с помощью таких словосочетаний, как «без паники и суеты», «сохраняйте спокойствие», «без паники», «сохраняя спокойствие»;

7) инструкции для эвакуации должны содержать требования направляться к эвакуационным выходам (выходам, обозначенным световыми табло), покинуть здание согласно плану эвакуации;

8) текст должен содержать такие утвердительные слова, как «недопустимо», «не допускать», «запрещено», «необходимо, чтобы», «обязаны».

9) диктор должен быть носителем языка, на котором озвучивается сообщение;

10) диктор, озвучивающий сообщение, должен быть мужчиной возрастом от 30 до 50 лет;

11) диктор должен знать принцип построения предложений, грамматические, лексические, стилистические, пунктуационные и иные нормы языка, на котором озвучивается сообщение;

12) длина сообщения не должна превышать 18 с.

В ходе работы были изучены требования, предъявляемые к системам речевого оповещения в Российской Федерации. Также были проанализированы исследования, направленные на изучение поведения людей во время пожарной эвакуации. На основании изученной литературы были выбраны наиболее характерные для привлечения внимания речевые формулы, на основе которых были записаны четыре различных голосовых сообщения для системы

речевого оповещения о пожаре. Так, записанные сообщения учитывали:

- возраст, пол диктора, является ли он носителем языка;
- фоносемантический состав текстового сообщения;
- скорость и выразительность произношения текста;
- информативность сообщения.

Затем было проведено анкетирование сотрудников офиса по восприимчивости полученных речевых сообщений. Наиболее хороший результат по распознаванию и понятию информации был получен результатом по сообщению, записанному мужчиной возрастом 30–40 лет на родном для него языке длительностью 13 с. Данное сообщение имеет фразу для привлечения внимания «Обнаружено задымление!», озвучивается спокойным голосом; наблюдается незначительное изменение интонации только в начале и окончании предложения, наблюдается умеренная жесткость голоса.

По результатам анкетирования и с учетом требований российских нормативных документов были разработаны рекомендации по составлению текстов для речевого оповещения, которые позволят привлечь внимание людей и призвать к немедленной эвакуации.

В результате исследования можно сделать следующие выводы.

1. В связи с частым срабатыванием пожарной автоматики, сообщения о пожаре большинство людей воспринимают как учебную или ложную тревогу. Поэтому целесообразно периодически обновлять текст речевого оповещения, в том числе чтобы речевое оповещение не воспринималось как фон, а при производстве СОУЭ предусматривать такую возможность.

2. При записи речевого оповещения необходимо учитывать возраст, пол диктора и его родной язык речи, фоносемантическую конструкцию речевого сообщения, скорость его воспроизведения и информативность сообщения.

Кроме того, во многом восприятие человеком речевого оповещения зависит от громкости и четкости воспроизводимого текста. Но данные показатели имеют субъективный характер, поэтому при приемке объектов в эксплуатацию, на которых применяется СОУЭ с речевым оповещением, сложно оценить эффективность данной системы. Данный вопрос требует дальнейшего изучения и в перспективе разработку методики проверки эффективности речевого оповещения на объекте, так как на данный момент в российских нормативных документах отсутствуют методики проверки обеспечения разборчивости речи СОУЭ.

#### Литература

1. French N R and Steinberg J C Factors Governing the Intelligibility of Speech Sounds // Journal of the Acoustical Society of America. 19(1). Pp. 90–119.
2. СП 3.13130.2009. Системы противопожарной защиты. Система оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре. Требования пожарной безопасности.
3. ISO 6182-1:2014 Fire protection. Automatic sprinkler systems. Part 1: Requirements and test methods for sprinklers dated 01 January 2014.
4. Маришук В. Л. Поведение и саморегуляция человека в условиях стресса. СПб., 2001. 260 с.
5. Дутов В. И., Чурсин И. Г. Психофизиологические и гигиенические аспекты деятельности человека при пожаре. М., 1993. 299 с.
6. Keating J. P. The Myth of Panic // Fire Journal. 26(3). Pp. 147.
7. Куликов Д. К. Теории восприятия речи в психологии // Психология и безопасность: материалы научной конференции. Таганрог, 2012. С. 144–151.
8. Шильде Т. Дж., Бойс К.Е., Самошин Д.А. Исследование эвакуации крупных торговых комплексов // Пожаровзрывобезопасность. 2002. № 6. С. 57–66.
9. Балацкая В. П., Васильев М. А. Проблемы идентификации людьми сигнала о пожарной тревоги и пути её решения // Неделя науки ИСИ: сб. мат. Всероссийской конференции. 2021. С. 115–117.
10. ГОСТ Р ИСО 9921–2013. Эргономика. Оценка речевой связи.

11. РНД 73-45-89. Временное руководство по проектированию систем оповещения о пожаре и управления эвакуацией людей при пожаре объектов народного хозяйства.
12. Rehman R. Feature selection and classification of speech dataset for gender identification: A machine learning approach // *Journal of Theoretical and Applied Information Technology*. 98(22). Pp. 3449–3459.
13. Wijngaarden S. J. Quantifying the intelligibility of speech in noise for non-native listeners, *J. Acoust. Soc. Am.* 111 (4).
14. Warren R. M., Warren R. P. Auditory illusions and confusions // *Scientific American*. № 225. Pp. 30–36.
15. Муратов Н. А. Основные методы обработки речевых сообщений // *Новые информационные технологии в автоматизированных системах*. 2018. № 18. С. 400–407.

#### References

1. French N. R. and Steinberg J. C. Factors Governing the Intelligibility of Speech Sounds // *Journal of the Acoustical Society of America*. 19(1). Pp 90–119.
2. SP 3.13130.2009 «Sistemy protivopozharnoi zashchity. Sistema opoveshchenia i upravleniya evakuatsiej lyudej pri pozhare. Trebovaniya pozharnoj bezopasnosti».
3. ISO 6182-1:2014 Fire protection. Automatic sprinkler systems. Part 1: Requirements and test methods for sprinklers dated 01 January 2014.
4. Marishhuk V. L. Povedenie i samoregulyaciya cheloveka v usloviyax stressa. SPb., 2001. 260 p.
5. Dutov V. I., Chursin I. G. Psixofiziologicheskie i gigienicheskie aspekty` deyatel`nosti cheloveka pri pozhare. M., 1993. 299 p.
6. Keating J. P. The Myth of Panic // *Fire Journal*. 26 (3). Pp. 147.
7. Kulikov D. K. Teorii vospriyatiya rechi v psixologii // *Psixologiya i bezopasnost` : materialy` nauchnoj konferencii*. Taganrog, 2012. P. 144–151.
8. Shil`ds T. Dzh., Bojs K. E., Samoshin D. A. Issledovanie e`vakuacii krupny`x trgovy`x kompleksov // *Pozharovzvy`vobezopasnost`*. 2002. № 6. Pp. 57–66.
9. Balaczkaya V. P. Vasil`ev M. A. Problemy` identifikacii lyud`mi signala o pozharnoj trevogi i puti eyo resheniya // *Nedelya nauki ISI: sbornik materialov vserossijskoj konferencii*. 2021. Pp. 115–117.
10. GOST R ISO 9921–2013. E`rgonomika. Ocenka rechevoj svyazi.
11. RND 73-45-89. Vremennoe rukovodstvo po proektirovaniyu sistem opoveshheniya o pozhare i upravleniya e`vakuatsiej lyudej pri pozhare ob`ektov narodnogo xozyajstva.
12. Rehman R. Feature selection and classification of speech dataset for gender identification: A machine learning approach // *Journal of Theoretical and Applied Information Technology*. 98(22). Pp. 3449–3459.
13. Wijngaarden S. J. Quantifying the intelligibility of speech in noise for non-native listeners, *J. Acoust. Soc. Am.* 111 (4).
14. Warren R. M., Warren R. P. Auditory illusions and confusions // *Scientific American*. 225. Pp. 30–36.
15. Muratov N. A. Osnovny`e metody` obrabotki rechevy`x soobshhenij // *Novy`e informacionny`e tehnologii v avtomatizirovanny`x sistemax*. 2018. № 18. Pp. 400–407.

УДК 614.84

bezzaponnay@mail.ru

**ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ТЕРМИЧЕСКОГО АНАЛИЗА  
ПРИ ИДЕНТИФИКАЦИИ ТЕРМОПЛАСТОВ И РЕАКТОПЛАСТОВ  
В РАМКАХ ПОЖАРНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЕРТИЗЫ**

**APPLICATION OF THE THERMAL ANALYSIS METHOD  
IN THE IDENTIFICATION OF THERMOPLASTICS AND REACTOPASTICS  
WITHIN THE FRAMEWORK OF FIRE AND TECHNICAL EXPERTISE**

*Беззапонная О. В., кандидат технических наук, доцент,  
Хабибова К. И.,  
Уральский институт ГПС МЧС России, Екатеринбург*

*Bezzaponnay O., Khabibova K.,  
The Ural Institute of State Firefighting Service of Ministry  
of Russian Federation for Civil Defense, Yekaterinburg*

Приведены результаты термического анализа термопластичных полимеров, способных в условиях воздействия высоких температур, инициировать возникновение вторичных очагов пожара. Определены признаки, характерные для термопластичных полимеров с высокой степенью кристалличности и для аморфных термопластичных полимеров, необходимые для дифференциации полимеров в рамках проведения пожарно-технической экспертизы. Результаты исследования процесса плавления полимеров различной химической природы позволяют проводить идентификацию полимеров. Идентификация таких материалов способна дать ответ на вопрос о причинах возгорания при отработке версий о вторичных очагах пожара.

*Ключевые слова:* полимерные материалы, термопласты, реактопласты, плавление, метод термического анализа, вторичные очаги пожара.

The results of thermal analysis of thermoplastic polymers capable of initiating the occurrence of secondary fires under conditions of high temperatures are presented. The features characteristic of thermoplastic polymers with a high degree of crystallinity and of amorphous thermoplastic polymers, which are necessary for the differentiation of polymers, have been determined within the framework of fire-technical examination. The results of the study of the melting process of polymers of various chemical nature make it possible to identify polymers. The identification of such materials can provide an answer to the question of the causes of ignition when working out versions of secondary fires.

*Keywords:* polymeric materials, thermoplastics, thermoplastics, melting, thermal analysis method, secondary fires.

### **Введение**

В рамках пожарно-технической экспертизы (ПТЭ) часто приходится использовать метод термического анализа (ТА) при отработке версий о возникновении вторичных очагов пожара (очагов горения) при плавлении и растекании изделий из полимерных материалов и короткого замыкания в электропроводке при расплавлении

изоляции. Перед экспертом ставится задача идентификации полимерного материала по температуре его плавления, а также определение интервала температур, при котором полимер находился в текучем состоянии для отработки версий о возникновении вторичных очагов пожара. В связи с этим актуальны исследования различных полимерных материалов и композитов на

их основе для определения температурного интервала, при котором исследуемые полимеры находятся в текучем состоянии и представляют пожарную опасность. Актуальность темы исследования обусловлена широким применением полимеров и композитов на их основе при производстве различных строительных отделочных материалов, предметов интерьера, изоляции электропроводки.

Поведение полимеров при воздействии высоких температур является определяющим при исследовании причин возникновения вторичных очагов пожара. Существует две группы полимеров, принципиально различающиеся поведением в условиях пожара:

- термопластичные (термопласты);
- термореактивные (реактопласты).

Термопласты – полимеры, способные размягчаться при нагревании и переходить в пластическое состояние, не подвергаясь при этом разрушению, термической деструкции. К таким материалам относятся, в частности, полиэтилен, поливинилхлорид, полиметилметакрилат (органическое стекло), полиамиды (капрон) и др. При пожаре термопласты размягчаются, плавятся, текут, горят. Это способствует образованию вторичных очагов (очагов горения) и распространению пожара. Так ведут себя провода с поливинилхлоридной (самой распространенной) изоляцией.

Термореактивные полимерные материалы не способны переходить в пластическое состояние без разрушения своей структуры. Типичными представителями термореактивных полимерных материалов является резина, материалы на основе фенолформальдегидных пластмасс. Термопластичные материалы в зависимости от принимаемых фазовых состояний подразделяют на аморфные и кристаллические.

Среди инструментальных методов наиболее информативным методом для исследования поведения материалов при воздействии высоких температур является метод термического анализа. Погрешность измерения температуры на современных

термоанализаторах не превышает 1,5 %, а характеристик фазовых переходов – не превышает 3,0 %, что удовлетворяет требованиям, предъявляемым к инструментальным методам при экспертных исследованиях. Так метод термического анализа успешно применяется для идентификации веществ и материалов в соответствии с ГОСТ Р 53293–2009 [1].

На термограммах термопластичных полимеров с высокой степенью кристалличности, полученных методом ТА, виден ярко выраженный острый эндотермический пик. Температура плавления определяется по температуре начала образования этого пика. Точное значение температуры плавления в современных термоанализаторах помогает определить программное обеспечение прибора. У аморфных полимеров можно определить только температуру стеклования – температуру, при которой полимер переходит в текучее состояние, а также интервал температур, при котором полимер находится в текучем состоянии. На термограмме это описывается ступенькой на кривой дифференциальной сканирующей калориметрии (ДСК-кривой).

Изучению физико-химических процессов, протекающих при воздействии высоких температур, с полимерными материалами методом ТА и процесса плавления и стеклования полимеров различной химической природы, в частности, посвящено большое количество научных работ [2–8]. Поскольку постоянно ведутся работы по разработке новых и совершенствованию уже существующих полимерных материалов, то количество исследовательских работ в данном направлении постоянно растет. В связи с этим экспертам экспертных учреждений необходимо отслеживать результаты исследований и пополнять базу данных, необходимую для решения идентификационных и диагностических задач, решаемых в рамках ПТЭ.

Рассмотрим несколько примеров термического анализа полимерных мате-

риалов, часто применяемых при производстве отделочных строительных материалов (линолеума, пластиковых потолков, настенных панелей, окон), изоляции проводки и при производстве различных предметов интерьера.

### Результаты исследований и их обсуждение

Исследования проводились методом синхронного термического анализа на приборе Netzsch STA 449 F5 Jupiter в инертной среде азота до 850 °С и в среде воздуха выше 850 °С, при скорости нагрева 20 °С/мин. Применение именно инертной среды для изучения процесса плавления и разложения полимеров обусловлено необходимостью исключения процесса термоокислительной деструкции полимеров, протекающего параллельно или последовательно с процессом плавления или стеклования и затрудняющего процесс интерпретации результатов

исследований. Смена среды позволяет определить коксовый и зольный остатки за один анализ. Для исследований были выбраны: линолеум, часто применяемый в качестве напольного отделочного материала, основным компонентом которого является поливинилхлорид (ПВХ); пенополистирол (ППСт), применяемый в качестве декоративной отделки потолков, и материал ручки пластикового окна, основным компонентом которого является полипропилен (ПП).

На рис. 1 приведена термограмма пластика дверной ручки окна. В интервале температур 80–180 °С на ДСК-кривой присутствует ярко выраженный эндотермический пик с максимумом при температуре 160,7 °С. Необходимо заметить, что потери массы в данном интервале температур не происходит, что подтверждает тот факт, что исследуемый полимер относится к термопластам.

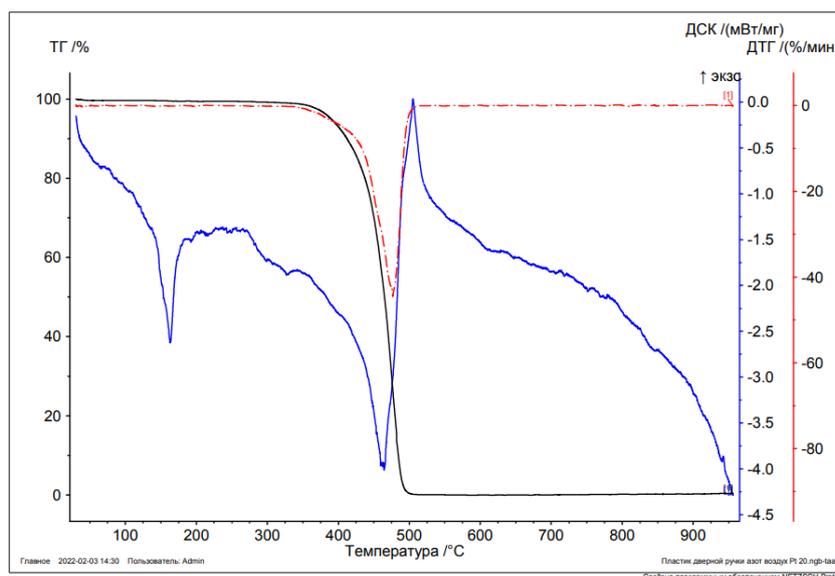


Рисунок 1. Термограмма термопластичного полимерного материала

Значение температуры плавления позволяет идентифицировать исследуемый полимер как полипропилен. Анализ ДСК-кривой с использованием программного обеспечения свидетельствует о том, что исследуемый полимер находится в расплавленном (текущем) состоянии в интервале

температур 137–480 °С и способен инициировать возникновение вторичных очагов горения. В интервале температур 400–540 °С происходит процесс высокоскоростного (44,47 %/мин) термического разложения данного материала с интенсивной потерей массы практически до нуля %.

Термограмма линолеума приведена на рис. 2. Основным компонентом данного материала является поливинилхлорид (ПВХ) – аморфный полимер, свойства которого зависят от метода его получения. Аморфные полимеры не дают ярко выраженного эндотермического пика острой

формы, а имеют ступеньку на ДСК-кривой, свидетельствующую о размягчении исследуемого материала и приобретении свойства текучести. Анализ ДСК-кривой показал, что исследуемый ПВХ переходит в текучее состояние при температуре выше 251,4 °С.

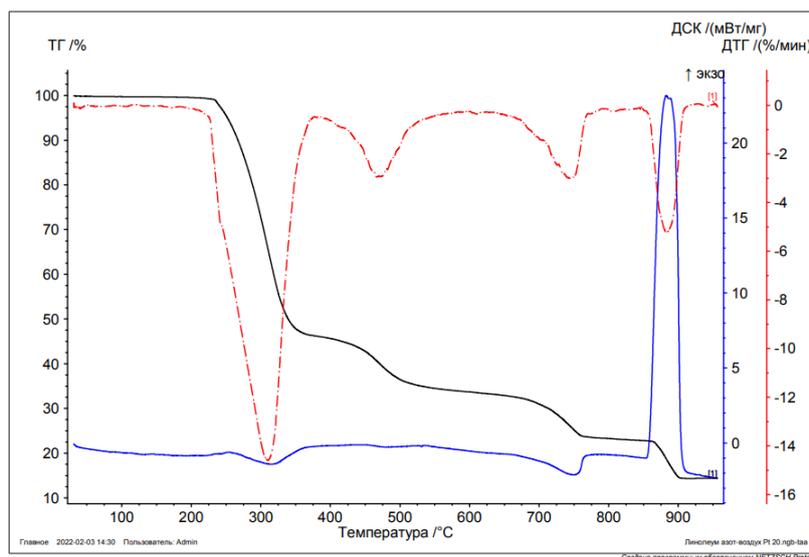


Рисунок 2. Термограмма поливинилхлорида в составе линолеума

Таким образом, несмотря на отсутствие пика плавления, данный материал относится к термопластам и способен переходить в состояние вязкого течения при температуре выше 251,4 °С и инициировать формирование вторичных очагов горения.

Термограмма пенополистирола (ППСт) приведена на рис. 3. Будучи аморфным полимером, ППСт не имеет температуры плавления. Существует так называемый стеклянный переход, при ко-

тором полимер переходит из твердого состояния в вязкое и начинает течь при температуре стеклования. Анализ ДСК-кривой свидетельствует о размягчении исследуемого материала при температурах выше 127,5 °С и сопровождается эндотермическим эффектом. Потери массы при этом практически не происходит. Интенсивный процесс разложения материала со значительной потерей массы (44,75 %/мин) начинается при температуре 360 °С и сопровождается высоким эндоэффектом.

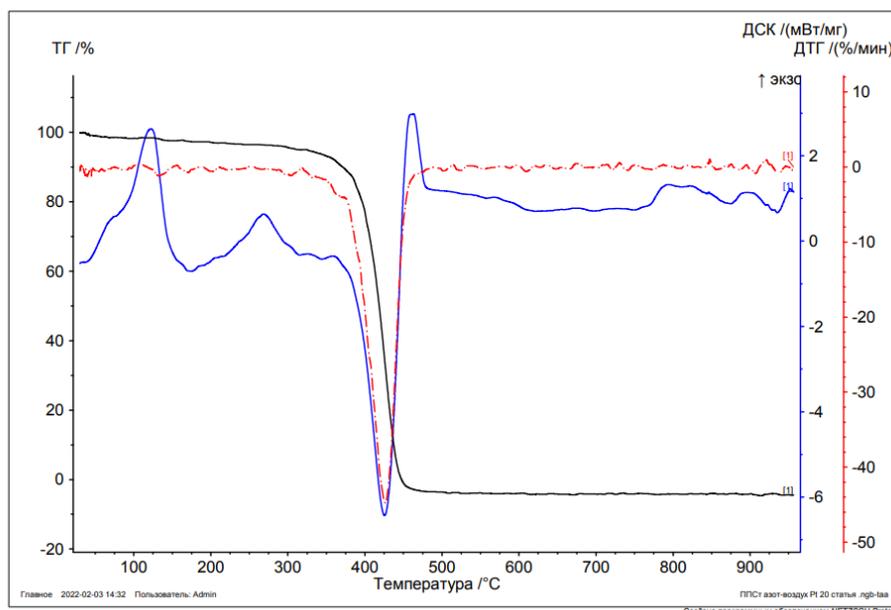


Рисунок 3. Термограмма пенополистирола

Таким образом, пенополистирол также способен инициировать возникновение вторичных очагов пожара.

Термопластичные полимеры часто входят в состав различных композитных полимерных материалов, придавая им новые свойства. К таким материалам относятся огнезащитные композиции, способные

при нагревании терморасширяться (вспучиваться) с образованием пенококса. Одним из таких термопластов, входящих в состав большинства огнезащитных композиций интумесцентного типа, является пентаэритрит с температурой плавления 180 °С. На рис. 4 представлена термограмма огнезащитного состава на акриловой основе в среде азота.

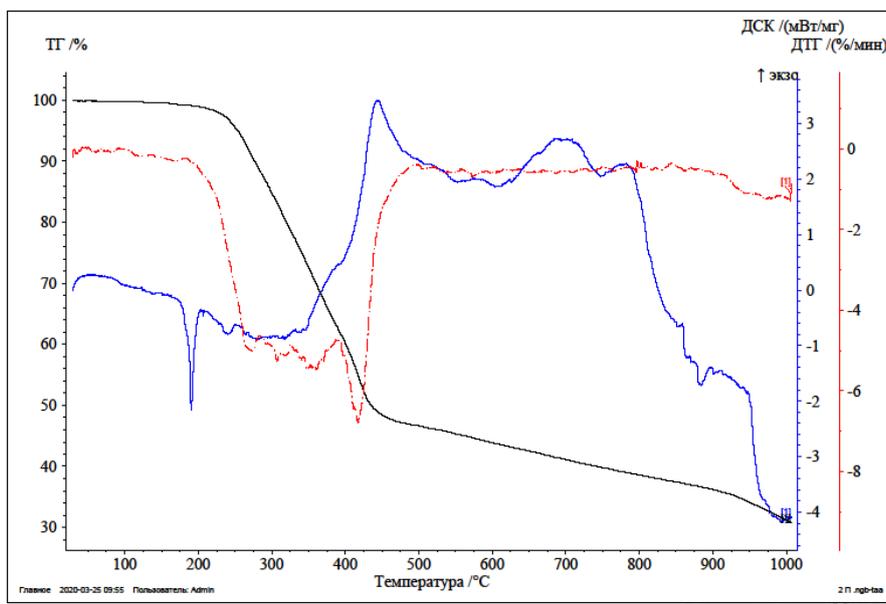


Рисунок 4. Термограмма огнезащитного состава интумесцентного типа на акриловой основе

Эндотермический пик, характеризующий плавление пентаэритрита, наблюдается в интервале температур 170–200 °С. Температура плавления пентаэритрита, которая определяется по началу перегиба ДСК-кривой (точка пересечения касательных), составила 178,8 °С. Потери массы не наблюдается.

#### Выводы

Таким образом, методом ТА можно идентифицировать термопластичные материалы по характерному эндотермическому ДСК-пику и температуре плавления или температуре стеклования. Для аморфных термопластичных полимеров, также проявляющих способность к переходу в текучее состояние и формированию

вторичных очагов пожара, характерно образование эндотермических пиков, но несколько иной формы.

В результате исследований термопластичных полимерных материалов различной химической природы методом синхронного термического анализа определены признаки, характерные для термопластичных полимеров с высокой степенью кристалличности и для аморфных термопластичных полимеров.

Результаты исследования процесса плавления полимеров различной химической природы позволяют проводить их идентификацию. Идентификация термопластичных полимеров способна дать ответ на вопрос о причинах возгорания при отработке версий о вторичных очагах пожара.

#### Литература

1. Беззапонная О. В., Головина Е. В., Акулов А. Ю. Идентификационный контроль огнезащитных составов интумесцентного типа методами термического анализа // Техносферная безопасность. 2019. № 1 (22). С. 52–57.
2. Принцева М. Ю., Чешко И. Д. Применение термического анализа в экспертных исследованиях по делам о пожарах // Актуальные проблемы обеспечения пожарной безопасности и защиты от чрезвычайных ситуаций: материалы Всероссийской научно-практической конференции. 2019. С. 260–270.
3. Чешко И. Д., Принцева М. Ю., Лобатова О. В. Инструментальные методы в современной пожарно-технической экспертизе // Надзорная деятельность и судебная экспертиза в системе безопасности. 2020. № 4. С. 29–41.
4. Середина М. А. Снижение пожарной опасности полимерных материалов различной химической природы // Технология текстильной промышленности. 2021. № 5 (395). С. 126–132.
5. Теряева Т. Н. Полипропиленовые композиции пониженной горючести // Вестник Кузбасского государственного технического университета. 2021. № 2. С. 47–52.
6. Принцева М. Ю., Лобова С. Ф. Применение термического анализа для расчёта кинетических параметров термодеструкции полимеров при выполнении реконструкции пожара // Современные пожаробезопасные материалы и технологии: сборник материалов IV Международной научно-практической конференции, посвященной 30-й годовщине МЧС России. Иваново, 2020. С. 95–99.
7. Bezzaponnaya O. V., Golovina E. V. Effect of mineral fillers on the heat resistance and combustibility of an intumescent fireproofing formulation on silicone base // Russian Journal of Applied Chemistry. 2018. Т. 91. № 1. С. 96–100.
8. Беззапонная О. В. Исследование окислительно-деструктивных процессов, протекающих в огнезащитных составах интумесцентного типа с течением времени методом термического анализа // Техносферная безопасность. 2018. № 3 (20). С. 66–71.

#### References

1. Bezzaponnaya O. V., Golovina E. V., Akulov A. YU. Identifikacionnyj kontrol' ogneshchitnyh sostavov intumescentnogo tipa metodami termicheskogo analiza // Tekhnosfernaya bezopasnost'. 2019. № 1 (22). P. 52–57.
2. Princeva M. YU., CHeshko I. D. Primenenie termicheskogo analiza v ekspertnyh issledovaniyah po delam o pozharah // Aktual'nye problemy obespecheniya pozharnoj bezopasnosti i zashchity ot chrezvychajnyh situacij: materialy Vserossijskoj nauchno-prakticheskoy konferencii. 2019. P. 260–270.
3. CHeshko I. D., Princeva M. YU., Lobatova O. V. Instrumental'nye metody v sovremennoj pozharno-tekhnicheskoy ekspertize // Nadzornaya deyatel'nost' i sudebnaya ekspertiza v sisteme bezopasnosti. 2020. № 4. P. 29–41.

4. Seredina M. A. Snizhenie pozharnoj opasnosti polimernyh materialov razlichnoj himicheskoj prirody // Tekhnologiya tekstil'noj promyshlennosti. 2021. № 5 (395). P. 126–132.
5. Teryaeva T. N. Polipropilenovye kompozicii ponizhennoj goryuchesti // Vestnik Kuzbasskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. 2021. № 2. P. 47–52.
6. Princeva M. YU., Lobova S. F. Primenenie termicheskogo analiza dlya raschyota kineticheskikh parametrov termodestrukcii polimerov pri vypolnenii rekonstrukcii pozhara // Sovremennye pozharobezopasnye materialy i tekhnologii: sbornik materialov IV mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii, posvyashchyonnoj 30-j godovshchine MCHS Rossii. Ivanovo, 2020. P. 95–99.
7. Bezzaponnaya O. V., Golovina E. V. Effect of mineral fillers on the heat resistance and combustibility of an intumescent fireproofing formulation on silicone base // Russian Journal of Applied Chemistry. 2018. T. 91. № 1. P. 96–100.
8. Bezzaponnaya O. V. Issledovanie okislitel'no-destruktivnyh processov, protekayushchih v ognezashchitnyh sostavah intumescentnogo tipa s techeniem vremeni metodom termicheskogo analiza // Tekhnosfernaya bezopasnost'. 2018. № 3 (20). P. 66–71.

УДК 614.849:352/354-1

mak\_s@el.ru

**О НЕКОТОРЫХ ПОДХОДАХ К ОЦЕНИВАНИЮ РЕЗУЛЬТАТИВНОСТИ  
И ЭФФЕКТИВНОСТИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ОРГАНОВ МЕСТНОГО  
САМОУПРАВЛЕНИЯ В СФЕРЕ ОБЕСПЕЧЕНИЯ  
ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ МУНИЦИПАЛЬНЫХ ОБРАЗОВАНИЙ**

**ON SOME APPROACHES TO EVALUATING THE EFFECTIVENESS  
AND EFFICIENCY OF THE ACTIVITIES OF LOCAL GOVERNMENTS  
IN THE FIELD OF ENSURING FIRE SAFETY OF MUNICIPALITIES**

*Макаркин С. В., кандидат юридических наук, доцент,  
Воробьева Е. П., кандидат технических наук, доцент,  
Щеткин О. Ю., Крылов А. А.,  
Уральский институт ГПС МЧС России, Екатеринбург*

*Makarkin S., Vorobyova E., Shchetkin O., Krylov A.,  
The Ural Institute of State Firefighting Service of Ministry  
of Russian Federation for Civil Defense, Yekaterinburg*

В статье проанализированы положения законодательных и иных нормативных правовых актов, регламентирующих порядок, критерии оценивания эффективности деятельности органов местного самоуправления. Выявлено, что ни одна из норм не определяет обеспечение первичных мер пожарной безопасности как направление деятельности органов местного самоуправления, подлежащее оцениванию. Проведен анализ научных работ, посвященных исследованию проблем применения методик оценки эффективности деятельности органов местного самоуправления, в том числе работ в области обеспечения пожарной безопасности. Дана характеристика некоторых ранее действующих и существующих методик оценки эффективности деятельности органов местного самоуправления в различных сферах. Обозначены цели, задачи, объекты и предметы методики, критерии оценивания и порядок его проведения. Предложена авторская методика оценки эффективности деятельности органов местного самоуправления в области обеспечения первичных мер пожарной безопасности на территории муниципальных образований. Определены основные ключевые и индикаторные показатели результативности и эффективности деятельности органов местного самоуправления в области обеспечения первичных мер пожарной безопасности.

*Ключевые слова:* оценка эффективности деятельности органом местного самоуправления, показатели оценки эффективности, обеспечение первичных мер пожарной безопасности, количественные значения основных пожарных рисков, единые методические подходы к организации мониторинга.

The article analyzes the provisions of legislative and other normative legal acts, regulating the procedure and criteria for evaluating the performance efficiency of local self-government bodies. It is established that none of them determines the provision of primary fire safety measures as an area of activity to be evaluated by local authorities, although this type of activity, in accordance with federal legislation, is a matter of local importance for municipalities.

The analysis of scientific works, devoted to the research of issues associated with the use

of modern methods of evaluation the effectiveness of the performance of local governments, including works dedicated to the assessment of work on the evaluation of municipal fire safety, is carried out. Some previous and existing approaches to assessment of the performance of local governments in different areas are described. Their objectives, tasks, objects of the methodology, criteria and order of evaluation are specified. The author's approach to the assessment of the effectiveness of local self-government in the field of primary fire safety measures of municipalities is proposed. Key indicators and indicators of the efficiency and effectiveness of local authorities in providing primary fire safety measures are identified.

*Keywords:* assessment of the effectiveness of activities by the local self-government body, performance evaluation indicators, provision of primary fire safety measures, quantitative values of the main fire risks, unified methodological approaches to the organization of monitoring.

Вопросы оценки эффективности деятельности органов местного самоуправления (далее – ОМСУ) получили законодательное закрепление после того, как в октябре 2007 г. Федеральный закон от 06.10.2003 № 131-ФЗ «Об общих принципах организации местного самоуправления в Российской Федерации» [1] был дополнен ст. 18.1 «Оценка эффективности деятельности органов местного самоуправления».

В 2008 г. Президентом и Правительством Российской Федерации [2; 3] были утверждены соответственно перечень показателей для оценки эффективности деятельности органов местного самоуправления муниципальных, городских округов и муниципальных районов и перечень дополнительных показателей для оценки эффективности деятельности органов местного самоуправления городских округов и муниципальных районов, в том числе показателей, необходимых для расчета неэффективных расходов местных бюджетов (последний из перечисленных в последующем утратил силу).

В настоящее время перечень показателей и единые методические подходы к организации мониторинга эффективности деятельности ОМСУ муниципальных, городских округов и муниципальных районов для оценки динамики изменения показателей, характеризующих качество жизни, уровня социально-экономического развития муниципального образования, степени внедрения методов и принципов

управления, обеспечивающих переход к более результативным моделям муниципального управления, определены Указом Президента Российской Федерации от 28.04.2008 № 607 [2] и Постановлением Правительства Российской Федерации от 17.12.2012 № 1317 [4].

Несмотря на то, что вопросы оценки эффективности деятельности ОМСУ нашли нормативное правовое закрепление, данная тематика все еще остается дискуссионной и является объектом постоянных исследований [5–12]. Проведем краткий анализ некоторых из них.

Так, С. М. Бардакова [6], исследуя проблемы применения методики оценки эффективности деятельности ОМСУ, приходит к выводу о необъективности некоторых критериев при оценке эффективности их работы. Беря во внимание выявленные недостатки, предлагает мероприятия по совершенствованию законодательства об оценке эффективности деятельности ОМСУ.

В свою очередь О. А. Ежукова [7] исследуя проблемы, связанные непосредственно с оценкой эффективности деятельности ОМСУ в Российской Федерации определяет круг задач оценки эффективности, выявляет недостатки нормативного правового регулирования в рассматриваемой ей сфере. Механизм оценки эффективности деятельности местных органов публичной власти рассматривается автором статьи в качестве способа анализа эффективности действия законодательства.

В статье А. Ю. Ульянова [12] также исследованы проблемы оценки эффективности деятельности ОМСУ в Российской Федерации. Автор определяет индикаторы и предлагает новые критерии оценки эффективности, выявляет недостатки правового регулирования в данной области.

Некоторые из указанных работ не только посвящены проблемам оценки эффективности деятельности ОМСУ в нашей стране, выявляют недостатки правового регулирования в данной области, но и определяют методические подходы к процедуре оценки.

Так, А. А. Сидоров [9], проводя анализ закрепленных на нормативном уровне методических подходов к оценке эффективности деятельности органов публичной власти различного уровня (органов государственной власти и местного самоуправления), выявляет их эволюционные трансформации, обозначает проблемные зоны, предлагает подходы по совершенствованию методической составляющей.

Заслуживают отдельного внимания Методические рекомендации по оценке результативности и эффективности деятельности ОМСУ [11], предложенные А. Н. Широковым, С. Н. Юрковой, ФГНУ «Российский научный центр государственного и муниципального управления» (далее – Методические рекомендации).

В качестве субъектов оценки авторы методических рекомендаций определяют население муниципальных образований. К основным целям оценки авторы относят не только систему постоянного наблюдения за процессами и явлениями, проходящими на уровне социально-экономического развития муниципального образования, отдельных «отраслей» экономики и социальной сферы, реализации различных программ, планов и проектов развития, но и контроль за деятельностью отдельных субъектов местного самоуправления и ряд других.

Исходя из перечня субъектов оценки и целей определены предметы

оценки. Такими предметами по мнению авторов методики являются:

- уровень (степень) достижения заданных (плановых) показателей, развития отдельных «отраслей» социальной и экономической сферы, социально-экономического развития территории. Ее инвестиционная привлекательность;
- уровень и качество жизни населения;
- результативность и эффективность деятельности органов ОМСУ, в том числе отдельных органов и структурных подразделений местной администрации и некоторые другие.

В качестве основных групп предложены показатели:

- финансового обеспечения;
- кадрового обеспечения (отдельно органов муниципального управления соответствующей сферой и отрасли);
- наличия инфраструктуры;
- «мощности» (потенциала, пропускной способности) инфраструктуры;
- конечного результата.

Также авторами определены показатели, характеризующие:

- территорию, население, администрацию муниципального образования;
- финансовую и материальную сторону (состояние местного бюджета и муниципального имущества);
- различные сферы деятельности (коммунальное хозяйство; дорожная деятельность и транспортное обслуживание; услуги связи; общественное питание, торговля и бытовое обслуживание; образование; общественная безопасность и многие другие). Всего охвачено 14 сфер.

Методические рекомендации содержат универсальную систему показателей, варианты их применения в методике оценки деятельности ОМСУ, состояния экономики и социальной сферы муниципальных образований. Авторы отмечают: «При весьма большом количестве частных показателей из них можно выбрать те, ко-

торые необходимы для каждого конкретного муниципального образования, каждого субъекта и каждой цели оценки.

Исходя из местных особенностей, показатели (в частности, их размерность) могут изменяться, при этом примененный подход к их формированию остается неизменным».

В соответствии с Перечнем дополнительных показателей для оценки эффективности деятельности ОМСУ муниципальных, городских округов и муниципальных районов, закрепленных в Указе Президента Российской Федерации [4], предметом оценки являются результаты деятельности ОМСУ в таких сферах, как организация муниципального управления; жилищно-коммунальное хозяйство; жилищное строительство и обеспечение граждан жильем; экономическое развитие; культура; общее и дополнительное образование; дошкольное образование; физическая культура и спорт.

Из перечисленного видно, что в перечне отсутствует такой вид деятельности, как обеспечение первичных мер пожарной безопасности. И это несмотря на то, что обеспечение пожарной безопасности в соответствии с Федеральным законом «О пожарной безопасности» (ст. 1) [13] является одной из важнейших функций государства. Данный вид деятельности в качестве вопроса местного значения закреплен в Федеральном законе от 06.10.2003 № 131-ФЗ [1] (п. 9 ч. 1 ст. 14, п. 10 ч. 1 ст. 16 и п. 4 ч. 1 ст. 16.2). Правом на его решение наделены ОМСУ городских, сельских поселений, муниципальных и городских округов, внутригородских районов. Непосредственно сам перечень первичных мер пожарной безопасности определен Федеральным законом от 22.12.2008 № 123-ФЗ (ст. 63) [14].

Учитывая, что подходы к оценке результативности и эффективности деятельности ОМСУ в области обеспечения пожарной безопасности муниципальных образований, были и до сих пор остаются однозначно не определенными и нормативно

не закрепленными, а оценивать эффективность их деятельности напрямую требует законодательство Российской Федерации [1], некоторые ученые [15; 16], а также практические работники уделяли и продолжают уделять данному вопросу особое внимание.

В этой связи приведем несколько примеров, рассмотрим положения и дадим краткую характеристику разработанным в разные годы методикам.

Пример 1. Методика, разработанная сотрудниками ГУ МЧС России по Свердловской области в соответствии с постановлением Правительства Российской Федерации от 30.12.2003 № 794 [17], утверждена приказом начальника гражданской обороны Свердловской области [18]. Методика была нацелена на оценку деятельности территориальной подсистемы РСЧС в регионе. Основной концепцией методики являлось выполнение требований законодательства «О пожарной безопасности» [13]. Методика содержала более 10 вопросов проверки, связанных с финансированием целевых программ и мероприятий по обеспечению пожарной безопасности объектов различного назначения (жилищного фонда, социальной сферы, образования и здравоохранения), обстановкой с пожарами и их последствиями с учетом среднестатистических показателей на 10 тыс. населения по области, выполнением мероприятий, предписаний органов государственного пожарного надзора, дислокацией подразделений пожарной охраны, вопросами социальной защиты сотрудников и работников Государственной противопожарной службы и др.

Методика предусматривала комплексную оценку деятельности ОМСУ с учетом оценки каждого из вопросов. Оценивание проходило по трехбалльной шкале. По итогам выставлялся средний балл.

В настоящее время применение данной методики невозможно. Связано это с утратой актуальности и несоответствием

многих вопросов проверки положениям законодательства [1; 13; 14; 19; 20].

Пример 2. Методика оценки эффективности деятельности ОМСУ по обеспечению первичных мер пожарной безопасности (автор Е. Н. Тужиков) [16].

Автор в качестве варианта критерия эффективности деятельности ОМСУ по обеспечению первичных мер пожарной безопасности называет показатель, определяемый как относительная разница (в процентном выражении) между прогнозируемым  $\hat{Y}$  и фактическим  $Y$  ущербом от пожаров на территории муниципального образования в текущем году [16]:

$$\delta = \frac{\hat{Y} - Y}{Y} \cdot 100 \%,$$

где  $\delta$  – показатель эффективности деятельности ОМСУ по обеспечению первичных мер пожарной безопасности на территории муниципального образования, %;

$\hat{Y}$  – прогнозируемый общий ущерб от пожаров на территории муниципального образования за год, млн руб.,

$Y$  – фактический общий ущерб от пожаров на территории муниципального образования за год, млн руб.

По мнению Е. Н. Тужикова, показатель эффективности указывает, на сколько процентов лучше или хуже работают ОМСУ по обеспечению первичных мер пожарной безопасности по отношению к значению фактического ущерба за текущий год.

Показатель эффективности  $\delta$  является безразмерным, что позволяет его сопоставлять для различных муниципальных образований. Также показатель учитывает специфику каждой отдельной территории.

Главной целью предлагаемой Е. Н. Тужиковым методики является не только проведение самой оценки эффективности деятельности ОМСУ по обеспечению первичных мер пожарной безопасности, с вытекающим из нее анализом состояния обеспечения первичных мер по-

жарной безопасности на территории конкретного муниципального образования, но и управление состоянием пожарной безопасности целого региона, посредством оказываемого влияния на выявленные факторы, влияющие на обеспечение первичных мер пожарной безопасности [16].

Для расчета прогнозируемого и фактического ущербов от пожаров на территории муниципального образования и непосредственно для оценки эффективности деятельности ОМСУ по обеспечению первичных мер пожарной безопасности автором методики была разработана Программа оценки эффективности деятельности ОМСУ по обеспечению первичных мер пожарной безопасности [21]. Данный программный продукт разработан впервые, позволяет автоматизировать процесс расчета показателя эффективности деятельности ОМСУ по обеспечению первичных мер пожарной безопасности на территории конкретного муниципального образования.

Оценка эффективности деятельности ОМСУ по предлагаемой методике строится на принципе сравнения значения прогнозируемого общего ущерба от пожаров со значением общего фактического ущерба от пожаров.

Для того чтобы осуществить вышеуказанное сравнение, необходимо, во-первых, с помощью регрессионной математической модели для условного среднего экономического ущерба от пожаров за календарный год [16] спрогнозировать общий ущерб от пожаров на территории конкретного муниципального образования

$$\hat{Y}_p^k.$$

Во-вторых, требуется рассчитать непосредственно фактический общий ущерб за определенный период времени

$$Y_p^k.$$

После того как будут рассчитаны все необходимые переменные, можно перейти к самой оценке показателя эффективности  $\delta^k$  согласно (1).

Однако, как отмечает сам автор: «Методика разработана только для муниципальных образований Свердловской области и только на 2013 год» [16]. Поэтому следует полагать, что для оценки эффективности деятельности ОМСУ других субъектов Российской Федерации и за другие отчетные периоды методика не применима.

Ранее некоторые подходы к оценке эффективности деятельности ОМСУ в области обеспечения пожарной безопасности уже были рассмотрены и опубликованы в научно-техническом журнале «Пожаровзрывобезопасность» [15]. В работе предлагалось при оценке эффективности деятельности ОМСУ в области пожарной безопасности учитывать не только первичные меры пожарной безопасности (ст. 63 Технического регламента о требованиях пожарной безопасности [14]), но степень реализации полномочий по их обеспечению (ст. 19 Федерального закона «О пожарной безопасности» [13]).

В целях мониторинга эффективности и результативности деятельности ОМСУ авторами статьи предлагалось введение критериев, учитывающих как сведения из докладов руководителей ОМСУ, так и данные, предоставленные ими по специально разработанной форме. Отдельное внимание уделялось данным официального статистического учета пожаров и их последствий, которые также могли бы быть учтены при оценке деятельности ОМСУ.

Статистические данные по пожарам и их последствиям сегодня применяются в качестве основы для определения количественных значений основных пожарных рисков (R 1, R 2, R 3, R 4, R 5) [22].

К числу перечисленных рисков, по мнению авторов [23], необходимо добавить (R 2.1) – риски, характеризующие количество травмированных в результате пожаров.

Рассмотрению вопросов использования математических методов комплексной оценки пожарной опасности, в том

числе и показателей пожарных рисков, применительно к муниципальным образованиям посвящены работы Н. Н. Брушлинского, В. М. Гаврилей, Г. Н. Головиной, Е. А. Клепко, Р. Г. Пановой, С. Ю. Попкова, С.В. Соколова [24–28].

Учитывая положения ст. 31 Федерального закона [1], в качестве критериев следует учитывать и мнение населения, полученное посредством опроса, в том числе и посредством в Интернете. Опросные листы могут быть размещены в одном из разделов официального сайта муниципального образования.

Говоря об улучшении качества работы муниципальных служащих по предоставлению муниципальных услуг, повышению удовлетворенности населения, в том числе и в сфере обеспечения пожарной безопасности, оценка результативности и эффективности ОМСУ может быть проведена и в рамках системы менеджмента качества [29].

Следует обратить внимание, что некоторые концептуальные аспекты в оценке состояния системы обеспечения пожарной безопасности, в том числе и ОМСУ как ее элемента (ст. 3 Федерального закона [13]) закреплены в Основах государственной политики Российской Федерации в области пожарной безопасности (п. 20), утвержденных указом Президента Российской Федерации [30] в январе 2018 г. (далее – Основы).

Указанные показатели применительно к оценке деятельности ОМСУ условно можно разделить на три группы.

1 группа. Сведения о пожарах и их последствиях, произошедших на территории муниципального образования.

2 группа. Сведения о надзорно-профилактических мероприятиях.

3 группа. Сведения о подразделениях пожарной охраны, дислоцирующихся в границах муниципального образования.

Изменение перечисленных показателей учитываются при оценке эффективности реализации государственной политики в области пожарной безопасности с

учетом итогов выполнения основных задач, перечисленных в п. 13 Основ.

Существующие различные методики оценки результативности и эффективности деятельности ОМСУ, в том числе и в области обеспечения пожарной безопасности муниципальных образований, безусловно, имеют право на существование и могут быть применены в практической деятельности. Однако, по нашему мнению, необходимы в оценивании несколько иные подходы, в основе которых ключевое место должно отводиться как обстановке с пожарами и их последствиями на территории муниципального образования, так и качеству реализации законодательно закрепленных полномочий [1; 13; 20].

В силу изменения социально-экономической ситуации, развития научно-технического прогресса в последние годы существенно изменилась законодательная основа правоотношений в области обеспечения пожарной безопасности, приведшая к соответствующим изменениям и на местном уровне. В этой связи, учитывая начатую как на государственном, так и местном уровне работу по совершенствованию системы обеспечения пожарной безопасности, а также положения государственной политики Российской Федерации в области пожарной безопасности, предлагается методика определения результативности и эффективности деятельности ОМСУ в области обеспечения первичных мер пожарной безопасности (далее – методика).

Цель методики – определение единых методических подходов к организации мониторинга результативности и эффективности деятельности ОМСУ по обеспечению пожарной безопасности посредством дистанционного наблюдения (далее – мониторинг).

Применение методики позволит:

– оценить динамику изменения показателей, характеризующих результативность и эффективность деятельности

ОМСУ в зависимости от воздействия различных факторов, влияющих на состояние пожарной безопасности территории;

– выявить зоны, требующие особого первоочередного внимания со стороны всех субъектов системы пожарной безопасности;

– разработать мероприятия по улучшению качества работы всех элементов системы в области пожарной безопасности;

– оценить обстановку с пожарами на территории муниципального образования;

– выявить ОМСУ, достигшие наилучших результатов деятельности на уровне региона (субъекта Российской Федерации).

Участниками процесса мониторинга являются:

– должностные лица и ОМСУ (объект мониторинга);

– территориальные органы государственного пожарного надзора МЧС России – органы, наблюдающие и оценивающие результативность и эффективность деятельности ОМСУ (эксперты).

Предметом оценивания являются результаты деятельности ОМСУ в области обеспечения пожарной безопасности.

Дистанционное наблюдение осуществляется посредством анализа реализации полномочий ОМСУ в области пожарной безопасности в соответствии с заданными показателями, характеризующими результативность и эффективность их деятельности.

Значения показателей за отчетный период сравниваются с показателями, достигнутыми за предыдущий год или аналогичный период прошлого года.

В качестве анализируемых показателей, помимо показателей группы 1–3 (рассмотрены ранее), учитываются:

– общее количество объектов, расположенных территории муниципального образования;

– сумма выделяемых денежных средств на обеспечение первичных мер пожарной безопасности (согласно данным

местных бюджетов и целевых программ муниципального образования), их доля в местных бюджетах по отношению к другим расходным обязательствам и средствам на содержание ОМСУ и др.

Показатели результативности и эффективности деятельности ОМСУ в области обеспечения пожарной безопасности можно представить в виде нескольких групп:

– ключевые показатели (группа «А» и «Б»);

– индикативные показатели (группа «В»).

Показатели группы «А» отражают существующий и целевой уровни обеспечения пожарной безопасности и основываются на стремлении минимизировать причиняемый пожарами вред (снизить материальный ущерб).

К показателям группы «А» относятся:

1) показатель А 1 – вероятность возникновения пожара на территории муниципального образования за анализируемый период и рассчитывается по формуле:

$$A 1 = 1 - (1/F), \quad (1)$$

где  $F$  – количество пожаров за анализируемый период

2) показатель А 2 – вероятность гибели человека в результате пожаров. Показатель рассчитывается по формуле:

$$A 2 = M 1/M 2, \quad (2)$$

где  $M 1$  – количество погибших людей при пожаре,

$M 2$  – число жителей, проживающих в муниципальном образовании;

3) показатель А 3 – вероятность получения человеком травмы в результате пожаров. Показатель А 3 рассчитывается по формуле:

$$A 3 = M 3/M 2, \quad (3)$$

где  $M 3$  – количество травмированных людей при пожаре,

$M 2$  – число жителей, проживающих в муниципальном образовании;

4) показатель А 4.1 – прямой материальный ущерб от одного пожара за анализируемый период согласно данным официального статистического учета пожаров и их последствий (далее – материальный ущерб от пожаров).

Показатель рассчитывается по формуле:

$$A 4.1 = D 1/F, \quad (4)$$

где  $D 1$  – материальный ущерб от пожаров за анализируемый период,

$F$  – количество пожаров за анализируемый период;

5) показатель А 4.2 – доля материального ущерба от пожаров за анализируемый период от валового национального продукта. Показатель рассчитывается по формуле:

$$A 4.2 = D 1/D 2, \quad (5)$$

где  $D 1$  – материальный ущерб от пожаров за анализируемый период;

$D 2$  – валовый национальный продукт.

Показатели группы «Б» отражают, в какой степени достигнутый уровень результативности деятельности ОМСУ соответствует расходным обязательствам на нужды пожарной безопасности, а также затратам, понесенным подконтрольными субъектами (объектами защиты, находящимися в муниципальной собственности) на обеспечение пожарной безопасности. Показатели этой группы основываются на достижении ОМСУ большего эффекта в обеспечении пожарной безопасности при минимальном объеме задействованных трудовых (кадры, имеющие опыт работы и

соответствующее образование), финансовых (собственных и привлеченных) и материальных (транспортные средства, инструменты и оборудование) ресурсов.

Значение показателей группы «Б» предусматривает:

Б 1 – финансовые затраты (собственные и привлеченные) на проведение мероприятий по обеспечению пожарной безопасности за анализируемый год (период);

Б 1\* – финансовые затраты (собственные и привлеченные) на проведение мероприятий по обеспечению пожарной безопасности за предшествующий год (или АППГ);

Б 2 – количество плановых проверок выполнения требований пожарной безопасности объектов различных форм собственности, расположенных на территории муниципального образования за анализируемый год (период), проведенных надзорными органами МЧС России;

Б 2\* – количество плановых проверок выполнения требований пожарной безопасности объектов различных форм собственности, расположенных на территории муниципального образования за предшествующий год (или АППГ), проведенных надзорными органами МЧС России;

Б 3 – количество внеплановых проверок выполнения требований пожарной безопасности объектов различных форм собственности, расположенных на территории муниципального образования за анализируемый год (период), проведенных надзорными органами МЧС России;

Б 3\* – количество внеплановых проверок выполнения требований пожарной безопасности объектов различных форм собственности, расположенных на территории муниципального образования за предшествующий год (или АППГ), проведенных надзорными органами МЧС России;

Б 4 – количество нарушений требований пожарной безопасности, выявлен-

ных при проведении плановых и внеплановых проверок за анализируемый год (период);

Б 4\* – количество нарушений требований пожарной безопасности, выявленных при проведении плановых и внеплановых проверок за анализируемый год (период) за предшествующий год (или АППГ).

Б 5 – количество нарушений требований пожарной безопасности, устраненных за анализируемый год (период);

Б 5\* – количество нарушений требований пожарной безопасности, устраненных за предшествующий год (или АППГ);

Показатель Б 1 рассчитывается по формуле:

$$B1 = Cm + Cfs + Co, \quad (6)$$

где  $Cm$  – денежные средства, выделяемые на заработную плату лицам, задействованным в реализации мероприятий по обеспечению пожарной безопасности;

$Cfs$  – затраты, связанные с расходами на обеспечение пожарной безопасности объектов муниципальной собственности (например, систему предотвращения пожара, систему противопожарной защиты, комплекс организационно-технических мероприятий);

$Co$  – иные затраты, не учтенные в показателях  $Cm$  и  $Cfs$ .

Формирование показателей Б 2–Б 5 осуществляется на основании сведений о результатах осуществления государственного надзора за выполнением установленных требований пожарной безопасности – форма 1-ГПН (приложение 1 к приказу МЧС России от 8 февраля 2017 г. № 43 [31]).

Для расчета результативности и эффективности деятельности ОМСУ используются индикативные показатели группы «В» (см. табл.).

Таблица

Расчет результативности и эффективности деятельности ОМСУ

Наименование подгруппы показателя	Характеристика показателя	Назначение показателя
В 1	вероятностная обстановка с пожарами и их последствиями	прогнозирование возникновения пожаров и их последствий (вероятность погибнуть, получить травму в результате пожаров, сумма прямого материального ущерба)
В 2	непосредственное состояние подконтрольной территории	характеристика уровня предотвращенного прямого материального ущерба от пожаров и, как следствие, уровня оценки населением деятельности ОМСУ по реализации полномочий в области пожарной безопасности на соответствующей территории
В 3	качество проводимых надзорно-профилактических мероприятий в части их направленности на предотвращение потенциального вреда (прямого материального ущерба) охраняемым законом ценностям	анализ эффективности устранения нарушений требований пожарной безопасности, с учетом прямого материального ущерба, причиненного пожаром, затраченных на их проведения денежных средств (собственных и привлеченных) подконтрольными субъектами (объектами защиты, находящимися в муниципальной собственности)
В 4	количественные параметры проведенных надзорно-профилактических мероприятий, направленных на обеспечение пожарной безопасности	учет характеристик надзорно-профилактических мероприятий, направленных на обеспечение пожарной безопасности

Показатели группы «В» подразделяются на подгруппы (В 1, В 2, В 3 и В 4), каждый из которых характеризует показатели приведенной вероятности:

1) В 1.1 – вероятность возникновения пожара. Показатель рассчитывается по формуле:

$$В\ 1.1 = \frac{A1-A1*}{A1} 100 \%, \quad (7)$$

где А 1 – вероятность возникновения пожара на территории муниципального образования за отчетный период;

А1\* – вероятность возникновения пожара за предыдущий год (или аналогичный период прошлого года – АППГ) на территории муниципального образования;

2) В 1.2 – вероятность гибели людей в результате пожаров. Показатель рассчитывается по формуле:

$$В\ 1.2 = \frac{A2-A2*}{A2} 100 \%, \quad (8)$$

где А 2 – вероятность гибели человека в результате пожаров;

А 2\* – вероятность гибели человека в результате пожаров за предшествующий год (или АППГ);

3) В 1.3 – вероятность получения травмы на пожаре и рассчитывается по формуле:

$$В\ 1.3 = \frac{A3-A3*}{A3} 100 \%, \quad (9)$$

где А 3 – вероятность получения человеком травмы в результате пожаров за отчетный период;

А 3\* – вероятность получения человеком травмы в результате пожаров за предшествующий период (или АППГ);

4) В 1.4 – вероятность нанесения прямого материального ущерба от пожара. Показатель рассчитывается по формуле:

$$В\ 1.4 = \frac{A4.1-A4.1*}{A4.1} 100\%, \quad (10)$$

где А 4.1 – материальный ущерб от одного пожара за анализируемый период (предшествующий год или АППГ);

А 4.1\* – материальный ущерб от одного пожара за предшествующий год (или АППГ);

5) В 1.5 – материальный ущерб от пожаров от валового национального продукта. Показатель рассчитывается по формуле:

$$В 1.5 = \frac{А4.2 - А4.2*}{А4.2} 100\%, \quad (11)$$

$$В 2 = - (В 1.1 + В 1.2 + В 1.3 + В 1.4 + В 1.5), \% ; \quad (12)$$

7) В 3.1 – эффективность затраченных денежных средств на проведение одного мероприятия в сфере обеспечения пожарной безопасности. Показатель рассчитывается по формуле:

$$В3.1 = \left[ \frac{\left( \frac{Б1}{Б2+Б3} \right) - \left( \frac{Б1*}{Б2*+Б3*} \right)}{Б1} \right] 100\%; \quad (13)$$

8) В 3.2 – эффективность принятых мер по выявлению фактов нарушений требований пожарной безопасности как органами государственного пожарного надзора МЧС России, так и в рамках самоконтроля. Показатель рассчитывается по формуле:

$$В3.2 = \left[ \frac{\left( \frac{Б1}{Б4} - \frac{Б1*}{Б4*} \right)}{Б1} \right] 100\%; \quad (14)$$

9) В 3.3 – эффективность принятых мер по устранению нарушений требований пожарной безопасности, выявленных как органами государственного пожарного надзора МЧС России, так и в рамках самоконтроля. Показатель рассчитывается по формуле:

$$В3.3 = \left[ \frac{\left( \frac{Б1}{Б3 \times Б5} \right) - \left( \frac{Б1*}{Б3* \times Б5*} \right)}{Б1} \right] 100\%; \quad (15)$$

10) В 4 – интегрированный показатель. Рассчитывается по формуле:

$$В 4 = В 3.2 + В 3.3 - В 3.1. \quad (16)$$

О результативности и эффективности деятельности ОМСУ в области обеспечения пожарной безопасности будет свидетельствовать динамика изменения тех или иных показателей. Динамика показателей

где А 4.2 – материальный ущерб от одного пожара за анализируемый период;

А 4.2\* – материальный ущерб от одного пожара за предшествующий год (или АППГ);

б) В 2 является интегрированным показателем, рассчитывается по формуле:

может быть как положительная, так и отрицательная:

– уменьшение значений показателей А 1–А 3 и А 4.1, А 4.2 говорит об улучшении состояния обеспечения пожарной безопасности муниципального образования;

– снижение значений показателей В 1.1–В 1.4 и, как следствие, В 2 свидетельствует о положительной динамике в деятельности ОМСУ по обеспечению пожарной безопасности;

– рост значений показателей В 1.1–В 1.4 и в свою очередь В 2 характеризует деятельность ОМСУ по обеспечению первичных мер пожарной безопасности как некачественную. Изменение показателей в сторону увеличения значений является «отрицательной» динамикой;

– уменьшение значения показателя В 3.1 и увеличение значений показателей В 3.2, В 3.3 характеризует эффективность принимаемых предупредительных мер по обеспечению пожарной безопасности;

– увеличение значения показателя В 3.1 и снижение значений показателей В 3.2, В 3.3 указывает на некачественно проводимую работу по обеспечению пожарной безопасности.

Итоговый показатель, характеризующий результативность и эффективность деятельности ОМСУ в области пожарной безопасности, является показатель В 5. Расчет значений данного показателя осуществляется по формуле:

$$В 5 = В 2 + В 4. \quad (17)$$

Таким образом, предложенные показатели могут быть включены в качестве самостоятельного раздела «Обеспечение пожарной безопасности» в систему оценки эффективности деятельности ОМСУ, утвержденных Указом Президента Российской Федерации [2] и Постановлением Правительства Российской Федерации [4].

Безусловно, данная методика может вызвать определенные дискуссии как

у научного сообщества, так и у практических работников, явиться объектом отдельных научных исследований, быть усовершенствована, что в очередной раз подчеркивает актуальность и значимость исследований, посвященных проблемам оценки результативности и эффективности деятельности ОМСУ по обеспечению пожарной безопасности.

### Литература

1. Об общих принципах организации местного самоуправления в Российской Федерации: федер. закон РФ от 06.10.2003 № 131-ФЗ // Собр. законодательства РФ. 2003. № 40. Ст. 3822; Российская газета. 08.10.2003. № 202.
2. Об оценке эффективности деятельности органов местного самоуправления городских округов и муниципальных районов: указ Президента РФ от 28.04.2008 № 607 // Собр. законодательства РФ. 2008. № 18. Ст. 2003.
3. О реализации Указа Президента РФ от 28.04.2008 № 607 «Об оценке эффективности деятельности органов местного самоуправления городских округов и муниципальных районов: распоряжение Правительства РФ от 11.09.2008 № 1313-р // Собр. законодательства РФ. 2008. № 39. Ст. 4455.
4. О мерах по реализации Указа Президента Российской Федерации от 28 апреля 2008 г. № 607 «Об оценке эффективности деятельности органов местного самоуправления городских округов и муниципальных районов» и подпункта «и» пункта 2 Указа Президента Российской Федерации от 7 мая 2012 г. № 601 «Об основных направлениях совершенствования системы государственного управления»: постановление Правительства РФ от 17.12.2012 № 1317 // Собр. законодательства РФ. 2012. № 52. Ст. 7490.
5. Герасимова У. Г. Оценка эффективности деятельности органов местного самоуправления // Практика муниципального управления. 2008. № 9. С. 14–18.
6. Бардакова С. М. Оценка эффективности деятельности органов местного самоуправления // Известия Иркутской государственной экономической академии. 2011. № 3. С. 97–100.
7. Ежукова О. А. Оценка эффективности деятельности органов местного самоуправления в Российской Федерации: проблемы и перспективы // Конституционное и муниципальное право. 2012. № 1. С. 61–67.
8. Леушин М. Е. Подходы к оценке эффективности деятельности органов муниципального самоуправления. Чита, 2013. 210 с.
9. Сидоров А. А. Методические подходы к оценке эффективности деятельности органов государственной власти и местного самоуправления // Доклады Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники. 2014. № 1 (31). С. 210–213.
10. Баранов М. Б. Оценка эффективности деятельности органов местного самоуправления // Молодой ученый. 2015. № 13. С. 485–487.
11. Методические рекомендации по оценке результативности и эффективности деятельности органов местного самоуправления / А. Н. Широков, С. Н. Юркова; ФГНУ «Российский научный центр государственного и муниципального управления». URL: <http://www.municipal-sd.ru/?q=node/33>
12. Ульянов А. Ю. Оценка эффективности деятельности органов местного самоуправления: проблемы и вызовы // Государственная власть и местное самоуправление. 2021. № 6. С. 25–29.
13. О пожарной безопасности: федер. закон Рос. Федерации от 21 декабря 1994 г. № 69-ФЗ // Собр. законодательства Рос. Федерации. 1994. № 35. Ст. 3649.
14. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности: федер. закон РФ от 22.07.2008 № 123-ФЗ // Собр. законодательства РФ. 2008. № 30 (Ч. 1). Ст. 3579.
15. Макаркин С. В., Воробьева Е. П. Оценка эффективности деятельности органов местного самоуправления в области обеспечения пожарной безопасности // Пожаровзрывобезопасность. 2014. Т. 23. № 8. С. 6–14.
16. Тужиков Е. Н. Методика оценки эффективности деятельности органов местного самоуправления по обеспечению первичных мер пожарной безопасности (на примере Свердловской области): дис. ... канд. техн. наук: 05.13.10. Екатеринбург, 2014.
17. О единой государственной системе предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций: постановление Правительства РФ от 30.12.2003 № 794 // Собр. законодательства РФ. 2004. № 2. Ст. 121.

18. Об утверждении Методики оценки деятельности Свердловской подсистемы РСЧС в области защиты населения и территории от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера и обеспечения пожарной безопасности: приказ начальника гражданской обороны Свердловской области от 23.03.2004 № 4-ПГО // Документ опубликован не был.

19. О внесении изменений в законодательные акты Российской Федерации и признании утратившими силу некоторых законодательных актов Российской Федерации в связи с принятием федеральных законов «О внесении изменений и дополнений в Федеральный закон «Об общих принципах организации законодательных (представительных) и исполнительных органов государственной власти субъектов Российской Федерации» и «Об общих принципах организации местного самоуправления в Российской Федерации»: федер. закон РФ от 22.08.2004 г. № 122-ФЗ // Собр. законодательства РФ. 2004. № 35. Ст. 3607.

20. О добровольной пожарной охране: федер. закон РФ от 06.05.2011 № 100-ФЗ // Собр. законодательства РФ. 2011. № 19. Ст. 2717.

21. Тужиков Е. Н. Электронный образовательный ресурс «Программа оценки эффективности деятельности органов местного самоуправления по обеспечению первичных мер пожарной безопасности». М.: ФГНУ ИНИПИ РАО, ОФЭРНЮ № 19985 от 05.03.2014, ФГНУ ЦИТиС № 50201450217 от 14.03.2014.

22. Пожарные риски. Вып. 1. Основные понятия / под ред. Н. Н. Брушлинского. М., 2004. 57 с.

23. Макаркин С. В., Воробьева Е. П. Оценка эффективности деятельности органов местного самоуправления в области обеспечения пожарной безопасности // Пожаровзрывобезопасность. 2014. Т. 23. № 8. С. 6–14.

24. Гаврилей В. М., Панова Р. Г. Использование экономико-математических методов для комплексной оценки пожарной опасности административно-территориальных единиц // Вопросы экономики в пожарной охране. М., 1976. Вып. 5. С. 3–13.

25. Гаврилей В. М., Панова Р. Г., Головина Г. Н. Классификация городов по пожарной опасности // Проблемы пожарной безопасности объектов и административно-территориальных единиц. М., 1988. С. 30–35.

26. Брушлинский Н. Н. и др. Оценка пожарных рисков в муниципальных образованиях Калужской области // Технологии техносферной безопасности. 2011. № 2 (36). URL: <http://agps-2006.narod.ru/ttb/2011-2/07-02-11.ttb.pdf>.

27. Попков С. Ю. Методика оценки пожарных рисков в городах и сельской местности России. URL: <http://agps-2006.narod.ru/ttb/2011-5/04-05-11.ttb.pdf>.

28. Попков С. Ю. Оценка пожарной опасности муниципальных образований на основе комплексного показателя: автореферат дис. ... канд. техн. наук: 05.13.10. М., 2012. 24 с.

29. Макаркин С. В. и др. Создание и внедрение системы менеджмента качества в деятельность органов местного самоуправления по обеспечению пожарной безопасности // Пожаровзрывобезопасность. 2015. Т. 24. № 11. С. 6–13.

30. Об утверждении Основ государственной политики Российской Федерации в области пожарной безопасности на период до 2030 г.: указ Президента Рос. Федерации от 1 января 2018 г. № 2 // Собр. законодательства Рос. Федерации. 2018. № 2. Ст. 411.

31. О предоставлении отчетности по осуществлению государственного надзора в сфере деятельности МЧС России: приказ МЧС России от 8 февраля 2017 г. № 43 // Документ опубликован не был. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».

### References

1. Ob obshnix principax organizacii mestnogo samoupravleniya v Rossijskoj Federacii: feder. zakon RF ot 06.10.2003 № 131-FZ // Sobr. zakonodatel'stva RF. 2003. № 40, st. 3822; Rossijskaya gazeta. 08.10.2003. № 202.

2. Ob ocenke e`ffektivnosti deyatel'nosti organov mestnogo samoupravleniya gorodskix okrugov i municipal'ny`x rajonov: ukaz Prezidenta RF ot 28.04.2008 № 607 // Sobr. zakonodatel'stva RF. 2008. № 18, st. 2003.

3. O realizacii Ukaza Prezidenta RF ot 28.04.2008 № 607 «Ob ocenke e`ffektivnosti deyatel'nosti organov mestnogo samoupravleniya gorodskix okrugov i municipal'ny`x rajonov: rasporyazhenie Pravitel'stva RF ot 11.09.2008 № 1313-r // Sobr. zakonodatel'stva RF. 2008. № 39, st. 4455.

4. O merax po realizacii Ukaza Prezidenta Rossijskoj Federacii ot 28 aprelya 2008 g. № 607 «Ob ocenke e`ffektivnosti deyatel'nosti organov mestnogo samoupravleniya gorodskix okrugov i municipal'ny`x rajonov» i podpunkta «i» punkta 2 Ukaza Prezidenta Rossijskoj Federacii ot 7 maya 2012 g. № 601 «Ob osnovny`x napravleniyax sovershenstvovaniya sistemy` gosudarstvennogo upravleniya»: postanovlenie Pravitel'stva RF ot 17.12.2012 № 1317 // Sobr. zakonodatel'stva RF. 2012. № 52, st. 7490.

5. Gerasimova U. G. Ocenka e`ffektivnosti deyatel'nosti organov mestnogo samoupravleniya // Praktika municipal'nogo upravleniya. 2008. № 9. S. 14–18.

6. Bardakova S. M. Ocenka e`ffektivnosti deyatel'nosti organov mestnogo samoupravleniya // Izvestiya Irkutskoj gosudarstvennoj e`konomicheskoy akademii. 2011. № 3. S. 97–100.

7. Ezhukova O. A. Ocenka èffektivnosti deyatel'nosti organov mestnogo samoupravleniya v Rossijskoj Federacii: problemy i perspektivy // Konstitucionnoe i municipal'noe pravo. 2012. № 1. S. 61–67.

8. Leushin M. E. Podxody k ocenke èffektivnosti deyatel'nosti organov municipal'no-go samoupravleniya. Chita, 2013. 210 c.

9. Sidorov A. A. Metodicheskie podxody k ocenke èffektivnosti deyatel'nosti organov gosudarstvennoj vlasti i mestnogo samoupravleniya // Doklady Tomskogo gosudarstvennogo universiteta sistem upravleniya i radioelektroniki. 2014. № 1 (31). S. 210–213.

10. Baranov M. B. Ocenka èffektivnosti deyatel'nosti organov mestnogo samoupravleniya // Molodoy uchenyj. 2015. № 13. S. 485–487.

11. Metodicheskie rekomendacii po ocenke rezul'tativnosti i èffektivnosti deyatel'nosti organov mestnogo samoupravleniya / A. N. Shirokov, S. N. Yurkova, FGNU «Rossijskij nauchnyj centr gosudarstvennogo i municipal'nogo upravleniya»). URL: <http://www.municipal-sd.ru/?q=node/33> (data obrashheniya: 11.11.2021).

12. Ulyanov A. Yu. Ocenka èffektivnosti deyatel'nosti organov mestnogo samoupravleniya: problemy i vyzovy // Gosudarstvennaya vlast i mestnoe samoupravlenie. 2021. № 6. S. 25–29.

13. O pozharnoj bezopasnosti: federal'nyj zakon Ros. Federacii ot 21 dekabrya 1994 g. № 69-FZ // Sobr. zakonodatel'stva Ros. Federacii. 1994. № 35, st. 3649.

14. Texnicheskij reglament o trebovaniyax pozharnoj bezopasnosti: Feder. zakon RF ot 22.07.2008 № 123-FZ // Sobr. zakonodatel'stva RF. 2008. № 30 (Ch. 1), st. 3579.

15. Makarkin S. V., Vorob`eva E. P. Ocenka èffektivnosti deyatel'nosti organov mestnogo samoupravleniya v oblasti obespecheniya pozharnoj bezopasnosti // Pozharovzryvbezopasnost'. 2014. T. 23. № 8. S. 6–14.

16. Tuzhikov E. N. Metodika ocenki èffektivnosti deyatel'nosti organov mestnogo samoupravleniya po obespecheniyu pervichnyx mer pozharnoj bezopasnosti (na primere Sverdlovskoj oblasti). Ekaterinburg, 2014.

17. O edinoj gosudarstvennoj sisteme preduprezhdeniya i likvidacii chrezvyčajnyx situacij: postanovlenie Pravitel'stva RF ot 30.12.2003 № 794 // Sobr. zakonodatel'stva RF. 2004. № 2, st. 121.

18. Ob utverzhdenii Metodiki ocenki deyatel'nosti Sverdlovskoj podsistemy RSCs v oblasti zashhity naseleniya i territorii ot chrezvyčajnyx situacij prirodnoho i texnogennoho xaraktera i obespecheniya pozharnoj bezopasnosti: Prikaz nachal'nika grazhdanskoj oborony Sverdlovskoj oblasti ot 23.03.2004 № 4-PGO // Dokument opublikovan ne byl.

19. O vnesenii izmenenij v zakonodatel'ny'e akty Rossijskoj Federacii i priznanii utrativshimi silu nekotoryx zakonodatel'nyx aktov Rossijskoj Federacii v svyazi s prinyatiem federal'nyx zakonov «O vnesenii izmenenij i dopolnenij v Federal'nyj zakon «Ob obshhix principax organizacii zakonodatel'nyx (predstavitel'nyx) i ispolnitel'nyx organov gosudarstvennoj vlasti sub`ektov Rossijskoj Federacii» i «Ob obshhix principax organizacii mestnogo samoupravleniya v Rossijskoj Federacii»: feder. zakon RF ot 22.08.2004 № 122-FZ // Sobr. zakonodatel'stva RF. 2004. № 35, st. 3607.

20. O dobrovol'noj pozharnoj ohrane: feder. zakon RF ot 06.05.2011 № 100-FZ // Sobr. zakonodatel'stva RF. 2011. № 19, st. 2717.

21. Tuzhikov E. N. Elektronnyj obrazovatel'nyj resurs «Programma ocenki èffektivnosti deyatel'nosti organov mestnogo samoupravleniya po obespecheniyu pervichnyx mer pozharnoj bezopasnosti». M.: FGNU INIPI RAO, OFE'RNiO № 19985 ot 05.03.2014, FGNU CITiS № 50201450217 ot 14.03.2014.

22. Pozharnye riski. Osnovnyye ponyatiya / pod red. N. N. Brushlinskogo. M., 2004. Vy`p. 1. 57 s.

23. Makarkin S. V., Vorob`eva E. P. Ocenka èffektivnosti deyatel'nosti organov mestnogo samoupravleniya v oblasti obespecheniya pozharnoj bezopasnosti // Pozharovzryvbezopasnost'. 2014. T. 23. № 8. S. 6–14.

24. Gavriley V. M., Panova R. G. Ispol`zovanie èkonomiko-matematicheskix metodov dlya kompleksnoj ocenki pozharnoj opasnosti administrativno-territorial'nyx edinic // Voprosy èkonomiki v pozharnoj ohrane. M., 1976. Vy`p. 5. S. 3–13.

25. Gavriley V. M., Panova R. G., Golovina G. N. Klassifikaciya gorodov po pozharnoj opasnosti // Problemy pozharnoj bezopasnosti ob`ektov i administrativno-territorial'nyx edinic. M., 1988. S. 30–35.

26. Brushlinskij N. N. et al. Ocenka pozharnyx riskov v municipal'nyx obrazovaniyax Kaluzhskoj oblasti // Texnologii texnosfernoj bezopasnosti. 2011. № 2 (36). URL: <http://agps-2006.narod.ru/ttb/2011-2/07-02-11.ttb.pdf> (data obrashheniya: 14.11.2021).

27. Popkov S. Yu. Metodika ocenki pozharnyx riskov v gorodax i sel'skoj mestnosti Rossii. URL: <http://agps-2006.narod.ru/ttb/2011-5/04-05-11.ttb.pdf> (data obrashheniya: 14.11.2021).

28. Popkov S. Yu. Ocenka pozharnoj opasnosti municipal'nyx obrazovaniy na osnove kompleksnogo pokazatelya. M., 2012. 24 s.

29. Makarkin S. V. et al. Sozdanie i vnedrenie sistemy menedzhmenta kachestva v deyatel'nost` organov mestnogo samoupravleniya po obespecheniyu pozharnoj bezopasnosti // Pozharovzryvbezopasnost'. 2015. T. 24. № 11. S. 6–13.

30. Ob utverzhdenii Osnov gosudarstvennoj politiki Rossijskoj Federacii v oblasti pozharnoj bezopasnosti na period do 2030 goda: ukaz Prezidenta Ros. Federacii ot 1 yanvarya 2018 g. № 2 // Sobr. zakonodatel'stva Ros. Federacii. 2018. № 2, st. 411.

31. O predostavlenii otchetnosti po osushhestvleniyu gosudarstvennogo nadzora v sfere deyatel'nosti MChS Rossii: prikaz MChS Rossii ot 8 fevralya 2017 g. № 43 // Dokument opublikovan ne by'l. Dostup iz sprav.-pravovoj sistemy` «Konsul'tantPlyus».

УДК 504:6

siu\_1977@mail.ru

**ЭФФЕКТИВНЫЕ АЛГОРИТМЫ ОБРАБОТКИ СИГНАЛОВ ДЕТЕКТОРОВ СИСТЕМ ДИНАМИЧЕСКОГО РАДИАЦИОННОГО КОНТРОЛЯ****EFFECTIVE ALGORITHMS FOR SIGNAL PROCESSING OF DETECTORS OF DYNAMIC RADIATION MONITORING SYSTEMS**

*Сергеев И. Ю., кандидат технических наук,  
Сибирская пожарно-спасательная академия  
ГПС МЧС России, Железнодорожск,  
Валуев Н. П., доктор технических наук, профессор,  
Академия гражданской защиты МЧС России, Химки*

*Sergeev I., Siberian Fire and Rescue Academy  
EMERCOM of Russia, Zheleznogorsk,  
Valuev N., Academy of Civil Protection  
of the Ministry of Emergencies of Russia, Khimki*

Одной из проблем в области обеспечения радиационной безопасности является обнаружение незаконного перемещения ядерных и радиоактивных материалов. Такая проблема может быть решена путем использования систем динамического радиационного мониторинга, основывающихся на применении высокочувствительных систем динамического радиационного контроля. При использовании классического режима обработки сигналов детекторов существует большая вероятность не обнаружения источников ионизирующего излучения, амплитуда сигналов которых ниже величины ослабления сигнала транспортным средством. В статье представлены различные эффективные алгоритмы обработки информации, поступающей с детекторов излучения, в системах обнаружения радиоактивности. Алгоритмы включают разностный и дифференциальный режимы регистрации сигналов, одновременное функционирование которых обеспечивает обнаружение радиоактивных источников, амплитуда сигналов которых меньше изменений фона при проезде транспорта с источником через зону контроля. Применение предлагаемых алгоритмов позволяет выявить локальные радиоактивные загрязнения материала, расположенные как ближе к центру кузова транспортного средства, даже в случаях, когда абсолютная величина изменения сигнала детектора, вносимого транспортным средством, превышает сигнал от радиоактивного загрязнения материала, так и в случае наличия сигнала источника, не расположенного в центре транспорта, даже несмотря на быстрые изменения фона, вызванные быстрым перемещением транспортного средства.

*Ключевые слова:* обнаружение радиоактивности, радионуклиды, переменный радиационный фон, зона контроля, детектор, динамический радиационный мониторинг.

One of the problems in the field of ensuring radiation safety is the detection of illegal movement of nuclear and radioactive materials. Such a problem can be solved by using dynamic radiation monitoring systems based on the use of highly sensitive dynamic radiation monitoring systems.

When using the classical mode of signal processing of the detectors, there is a high probability of not detecting sources of ionizing radiation, the signal amplitude of which is

lower than the signal attenuation value of the vehicle. The article presents various efficient algorithms for processing information from radiation detectors in radioactivity detection systems. The algorithms include differential and differential signal detection modes, the simultaneous operation of which ensures the detection of radioactive sources, the signal amplitude of which is less than background changes when a vehicle with a source passes through the control zone. The use of the proposed algorithms makes it possible to detect local radioactive contamination of the material, located both closer to the center of the vehicle body, even in cases where the absolute value of the change in the detector signal introduced by the vehicle exceeds the signal from radioactive contamination of the material, and in the case of a source signal that does not located in the center of the transport, even though the background changes rapidly due to the rapid movement of the vehicle.

*Keywords:* radioactivity detection, radionuclides, variable radiation background, control zone, detector, dynamic radiation monitoring.

### Введение

В Российской Федерации серьезное внимание уделяется вопросам обеспечения радиационной безопасности [1–4]. Одной из проблем в этой области является обнаружение незаконного перемещения ядерных и радиоактивных материалов. Такие источники зачастую приводят к возникновению опасных инцидентов, риск которых зависит от надежности их обнаружения. Такая проблема решается путем использования систем динамического радиационного мониторинга [5; 6]. В настоящее время для обнаружения радиоактивных источников в движущихся объектах (транспортных средствах) используются высокочувствительные системы динамического радиационного контроля [7]. Высокая чувствительность систем контроля необходима для выявления радиоактивных источников, расположенных в глубине крупногабаритного транспорта. При использовании таких систем возникают проблемы, обусловленные как медленными, так и быстрыми (при проезде транспорта через зону контроля) изменениями радиационного фона. Это снижает надежность обнаружения источников, сигнал которых сравним или меньше изменений радиационного фона. В данной работе описаны алгоритмы обработки сигналов детекторов, обеспечивающие надежное обнаружение радиоактивных источников.

### Алгоритм обнаружения радиоактивности с неизменяющимся (от включения до выключения прибора) фоном

Алгоритм заключается в следующем. При включении аппаратуры суммируется  $k$  значений фона  $N_i$ . Чем больше  $k$ , тем больше точность определения  $N_\phi$ . Вычисляется по формуле (1) среднее значение  $N_\phi$  (рис. 1), которое не изменяется в течение всего времени включения аппаратуры.

$$N_\phi = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^{i=k} N_i, \quad (1)$$

где  $N_i$  – текущее значение количества импульсов детектора за определенное время  $t$  (например, 0,2, 0,5 с; 1 с);

$k$  – количество суммарных значений  $N_i$  для определенного среднего значения  $N_\phi$ . Величины  $t$ ,  $k$  задаются заранее и могут по усмотрению оператора изменяться при включении аппаратуры ( $2 \leq k \leq 100$ ).  $N_{\text{пор}}$  – порог срабатывания системы обнаружения, он необходим для исключения ложных срабатываний прибора.

Вычисляется по формуле (2) величина  $N_{\text{пор}}$ , которая также не изменяется. Если величина  $N_c < N_{\text{пор}}$ , то сигнал тревоги не срабатывает. Если  $N_c > N_{\text{пор}}$ , то срабатывает сигнал тревоги (звуковой, световой, и появляется надпись «Обнаружена радиоактивность»).

Порог срабатывания системы определяется следующим образом:

$$N_{\text{пор}} = M \sqrt{N_{\Phi}}, \quad (2)$$

$M$  – коэффициент, определяющий частоту ложных срабатываний;

при  $M = 0$  ложных срабатываний  $\approx 0,5$  в 1 с;

при  $M = 1$  ложных срабатываний  $\approx 0,15$  в 1 с;

при  $M = 2$  ложных срабатываний  $\approx 0,02$  в 1 с;

при  $M = 3$  ложных срабатываний  $\approx 0,005$  в 1 с;

при  $M = 4$  ложных срабатываний  $\approx 0,0001$  в 1 с

$$N = n \cdot t,$$

где  $n$  – скорость счета (частота импульсов) детектора;  $t$  – время накопления импульсов детектора.

$$\sqrt{N_{\Phi}} = \sigma, \quad (3)$$

где  $\sigma$  – стандартное отклонение.

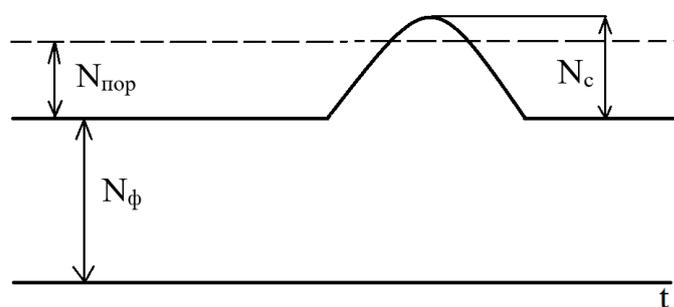


Рисунок 1. Диаграмма сигнала от радиоактивного источника:

$N_{\Phi}$  – количество импульсов (имп) детектора за время измерения  $t$ , соответствующих уровню фона в зоне контроля;  $N_{\text{пор}}$  – порог срабатывания системы обнаружения, импульсов;  $N_c$  – амплитуда сигнала от радиоактивного источника, импульсов

**Алгоритм обнаружения радиоактивности с медленно изменяющимся фоном**

Алгоритм с медленно изменяющимся фоном отличается от алгоритма с неизменяющимся фоном тем, что измерение фона осуществляется непрерывно, количество суммируемых значений фона  $k$  не очень велико ( $k \leq 10$ ) для того, чтобы отслеживать медленные изменения фона. Величина порога  $N_{\text{пор}}$  также изменяется синхронно с фоном. Фон измеряется методом «скользящего усреднения», при котором текущее значение  $N_i$  добавляется в предыдущую сумму  $N_{\Phi}$ , а значение  $N_{i-n}$  из этой

суммы исключается, т. е. сумма  $N_i$ , определяющая значение  $N_{\Phi}$ , «скользит» во времени вслед за изменением среднего  $n$  значений  $N_i$  показаний детектора.

Алгоритм заключается в следующем. При включении аппаратуры суммируется  $k \leq 10$  значений  $N_i$ . При поступлении  $N_{n+1}$  текущего значения оно добавляется в предыдущую сумму, из которой удаляется  $N_1$  значение, и так далее при поступлении  $N_{n+2}$  значения, оно добавляется к предыдущему значению, из которого удаляется  $N_2$  значение. Величина  $N_{\Phi}$  определяется каждый раз при поступлении очередного значения  $N_i$  следующим образом:

$$N_{\Phi} = \frac{1}{k} \sum_{i-k}^i N_i \quad (4)$$

Величина порога определяется по формуле (2) и изменяется синхронно с изменением  $N_{\phi}$ , поэтому ложных срабатываний от изменений  $N_{\phi}$  не происходит. При включении аппаратуры происходит пер-

вичный набор фона (до момента, когда  $i$  будет равно  $n$ ). При первом наборе обнаружение радиоактивности не происходит. Рис. 2 иллюстрирует работу описанного алгоритма.

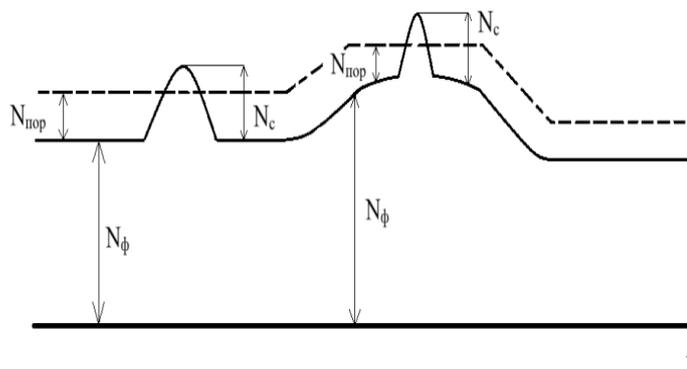


Рисунок 2. Диаграммы сигналов при работе алгоритма с медленно изменяющимся фоном

### Алгоритмы обнаружения радиоактивности, снижающие влияние быстрых изменений фона

Помимо медленных изменений радиационного фона в зоне контроля происходят его быстрые изменения, что связано с экранированием детекторов от подстилающей поверхности (асфальт, бетон, грунт и др.) транспортным средством. В процессе контроля транспорт следует между

двумя детекторами, расположенными с противоположных сторон зоны контроля. Расстояние между детекторами составляет от четырех до шести метров. Рис. 3 поясняет влияние транспорта на регистрируемый детекторами сигнал при проезде транспорта без радиоактивного источника между детекторами излучения.

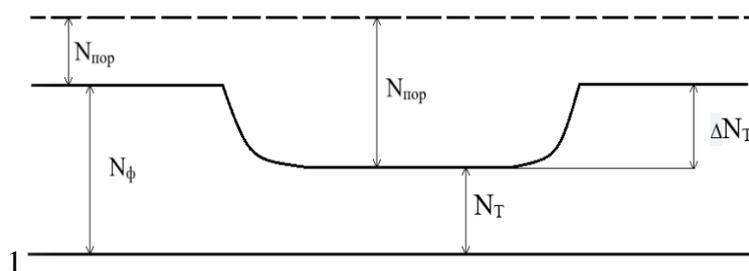


Рисунок 3. Влияние транспорта при отсутствии в нем радиоактивного источника на регистрируемый детекторами сигнал:  $N_{\phi}$  – уровень радиационного фона без наличия транспорта в зоне контроля;  $N_m$  – уровень радиационного фона при наличии транспорта в зоне контроля;  $\Delta N_m$  – изменение фона, вызванное транспортным средством;  $N_{\text{пор}}$  – величина порога срабатывания системы при отсутствии и при наличии транспорта в зоне контроля

На рис. 4 представлено влияние транспорта с радиоактивным источником на регистрируемый детекторами сигнал.



$N_{\phi 2}$  – скорость счета фона 2-го детектора.

В процессе контроля текущие значения  $\Delta N$  сравниваются с порогом  $\Delta N_{пор}$

$$\Delta N_{пор} = \pm M \sqrt{N_{\phi 1}}. \quad (6)$$

Величина  $M$  в (6) в 1,4 раза превышает эту величину в выражении (2), что связано с увеличением стандартного отклонения сигнала при регистрации разностного сигнала детекторов по сравнению с регистрацией сигнала одного детектора. В случае, если положительное значение  $\Delta N$  превышает положительный порог, а его отрицательное значение меньше отрицательного порога, срабатывает тревожная сигнализация, свидетельствующая об обнаружении источника.

Изменение фона, связанное с движением транспорта между детекторами излучения, достигает 20–30 %, что в 2–4 раза превышает порог срабатывания высокочувствительных дозиметрических систем при стабильном фоне. Алгоритм, основанный на регистрации разности сигналов детекторов, уменьшает нестабильность фона в 1,5–2 раза, однако зафиксировать радиоактивные источники, расположенные в центре транспортного средства, не представляется возможным, так как в этом случае сигналы детекторов от источника вычитаются друг из друга. Поэтому для надежного обнаружения источников, расположенных ближе к центру транспортного средства, используется дифференциальный режим обработки показаний каждого детектора.

#### Режим дифференцирования

В этом случае из текущего показания  $N_i$  вычитаются последующие значения  $N_{i+1}$ ,  $N_{i+2}$ ,  $N_{i+3}$ ,  $N_{i+4}$ . Обнаружение радиоактивного источника происходит, если  $dN_i = (N_i - N_{i+1(2,3,4)}) > dN_{пор}$ . Величина  $dN_{пор}$  соответствует выражению (6).

Если хотя бы одна из величин  $dN_i$ , которая может иметь положительное или

отрицательное значения, превысит (для положительных значений) положительный порог или станет меньше отрицательного порога (для отрицательных значений  $dN_i$ ), то срабатывает сигнализация.

Режим дифференцирования позволяет выявить локальные радиоактивные загрязнения материала, расположенные ближе к центру кузова транспортного средства, даже в случаях, когда абсолютная величина изменения сигнала детектора, вносимого транспортным средством, превышает сигнал от радиоактивного загрязнения материала.

Описанные алгоритмы реализованы в программно-аппаратном комплексе системы СИММЕТ, блок-схема которого представлена на рис. 5. Выходные импульсы с детекторов, скорость счета которых пропорциональна мощности дозы регистрируемого излучения, вместе с сигналом датчика транспорта поступает в плату сопряжения. Плата сопряжения подключена к компьютеру через USB-кабель. Периодически (раз в 1 с) на входе компьютера появляются коды чисел, соответствующие количеству импульсов детекторов за время измерения, которое равно 1 с либо 0,5 с. При отсутствии транспорта в зоне контроля на вход компьютера поступает сигнал, соответствующий логическому 0. При наличии транспорта, сигнал равен логической 1. При отсутствии транспорта в зоне контроля непрерывно измеряется и обновляется уровень фона. При поступлении транспорта в зону контроля измеряется надфоновая мощность дозы излучения, соответствующая транспортному средству. Для этого из показания детектора при наличии объекта в зоне контроля вычитается последнее значение уровня фона при отсутствии транспорта в зоне контроля. Результаты измерений фиксируются компьютером в единицах мощности дозы излучения (нЗв/ч). Коэффициент преобразования импульсов в нЗв/ч для фона равен 10, а для объекта – 30. Компьютер фиксирует протоколы контроля транспортных средств, которые содержат следующие данные: дату и

время контроля, порядковый номер транспортного средства, уровень фона (нЗв/ч), значение надфоновой мощности (нЗв/ч). В процессе движения транспорта с периодичностью в 1 с или 0,5 с воспроизводятся строчки протокола, в которых указаны значения надфоновой мощности для каждого режима работы программы.

В системе обнаружения радиоактивности имеется 4 режима функционирования:

режим с постоянным порогом, режим со следящим порогом, разностный режим, дифференциальный режим. Возможно одновременное функционирование, например, разностного и дифференциального. В этом случае с хорошей надежностью, обнаруживаются источники как в центральной зоне транспорта, так и ближе к наружной стенке транспорта.

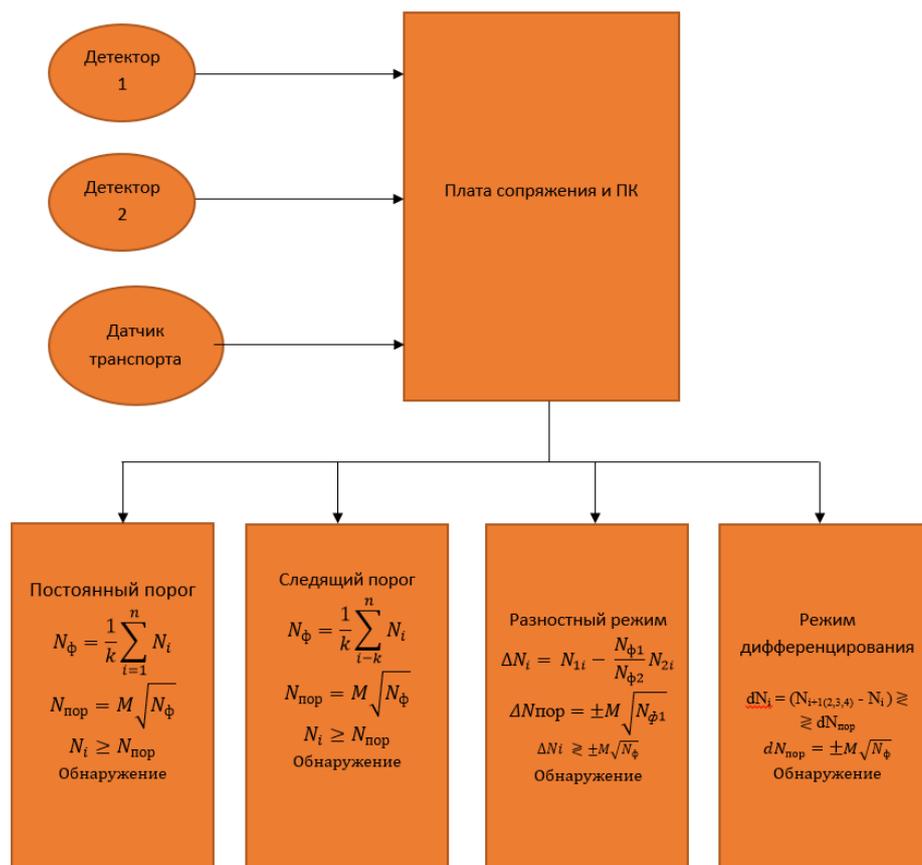


Рисунок 5. Блок-схема программно-аппаратного комплекса

Ниже представлены протоколы контроля транспортных средств при работе системы в режиме со следящим порогом и в разностном режиме. Протокол 1 соответствует случаю, когда в транспорте отсутствует радиоактивность; протокол 2 – в

транспорте имеется источник излучения с использованием тех же режимов; протокол 3 отображает одновременно разностный и дифференциальный режимы.

Таблица 1

## ПРОТОКОЛ РАДИАЦИОННОГО КОНТРОЛЯ ТРАНСПОРТА

№ изме- рения	Индикация	Значение надфоновой мощности дозы, нЗв/ч		Разность показаний детекторов дет. 1 – дет. 2
		Детектор 1	Детектор 2	
Мощность дозы фона: 67 нЗв/ч				
1	Нет радиации	-1	-2	1
2	Нет радиации	-2	-3	1
3	Нет радиации	-2	-3	1
4	Нет радиации	-3	-4	1
5	Нет радиации	-4	-5	1
6	Нет радиации	-5	-5	0
7	Нет радиации	-5	-6	1
8	Нет радиации	-5	-5	0
9	Нет радиации	-5	-5	0
10	Нет радиации	-5	-5	0
11	Нет радиации	-5	-6	1
12	Нет радиации	-5	-6	1
13	Нет радиации	-5	-6	1
14	Нет радиации	-5	-6	1
15	Нет радиации	-6	-6	0
16	Нет радиации	-6	-6	0
17	Нет радиации	-5	-6	1
18	Нет радиации	-4	-5	1

Таблица 2

## ПРОТОКОЛ РАДИАЦИОННОГО КОНТРОЛЯ ТРАНСПОРТА

№ измерения	Индикация	Значение надфоновой мощности дозы, нЗв/ч		Разность показаний детекторов дет.1 – дет.2
		детектор 1	детектор 2	
Мощность дозы фона: 68 нЗв/ч				
1	Нет радиации	-2	-2	0
2	Нет радиации	-2	-3	1
3	Нет радиации	-2	-3	1
4	Нет радиации	-3	-4	1
5	Нет радиации	-4	-5	1
6	Нет радиации	-5	-5	0
7	Нет радиации	-5	-6	1
8	Нет радиации	-5	-5	0
9	Нет радиации	-5	-5	0
10	Нет радиации	-5	-5	0
11	Нет радиации	-5	-6	1
12	Нет радиации	-5	-6	1
13	Нет радиации	-4	-6	2
14	Нет радиации	-2	-6	4
15	Нет радиации	0	-6	6
16	РАДИАЦИЯ	1	-6	7

17	РАДИАЦИЯ	0	-6	6
18	Нет радиации	-2	-5	3

Таблица 3

## ПРОТОКОЛ РАДИАЦИОННОГО КОНТРОЛЯ ТРАНСПОРТА

№ изме- рения	Индикация	Значение надфоновой мощности дозы, нЗв/ч детектор 1	Разность показаний детекторов дет. 1 – дет. 2	Дифференциал сигнала детектора 1 $N_{i+3} - N_i$
Мощность дозы фона: 68 нЗв/ч				
1	Нет радиации	-2	-1	
2	Нет радиации	-2	0	
3	Нет радиации	-2	1	0
4	Нет радиации	-3	1	-1
5	Нет радиации	-3	0	-1
6	Нет радиации	-2	0	1
7	Нет радиации	-2	-1	1
8	Нет радиации	2	-1	4
9	РАДИАЦИЯ	4	0	6
10	Нет радиации	3	1	1
11	Нет радиации	1	-1	-3
12	Нет радиации	-1	0	-4
13	Нет радиации	-3	1	-4
14	Нет радиации	-5	0	-4
15	Нет радиации	-6	0	-3
16	Нет радиации	-6	-1	-1
17	Нет радиации	-5	1	1
18	Нет радиации	-4	-2	2

Анализ представленных протоколов показывает, что при использовании классического режима обработки сигналов детекторов не обнаруживаются источники, амплитуда сигналов которых ниже величины ослабления сигнала транспортным средством. Использование алгоритмов обработки с разностным и дифференциальным режимами позволяет такие источники обнаружить. Указанные режимы обработки сигналов должны функционировать одновременно, что позволит обнаруживать источники, расположенные на различной глубине кузова транспортного средства.

**Выводы**

1. Для предотвращения незаконных перемещений радиоактивных материалов

необходимо использовать высокочувствительные системы обнаружения радиоактивности в транспортных средствах.

2. Существующие алгоритмы обработки сигналов детекторов в указанных системах не позволяют надежно фиксировать радиоактивные источники, сигнал от которых меньше динамической нестабильности фона, обусловленной движением транспорта через зону контроля.

3. Для надежного обнаружения радиоактивных материалов в крупногабаритных транспортных средствах, которые вносят значительную нестабильность фона в зоне контроля, необходимо использовать алгоритмы, предусматривающие одновременное функционирование нескольких методов обработки сигналов детекторов,

включающих разностный и дифференциальный режимы регистрации сигналов.

#### Литература

1. Федеральный закон от 09.01.1996 № 3-ФЗ «О радиационной безопасности населения». URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_8797/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_8797/)
2. Методические рекомендации по ликвидации последствий радиационных и химических аварий / В. А. Владимиров и др. М., 2005.
3. Общие инструкции оценки и реагирования на радиологические аварийные ситуации. Международное агентство по атомной энергии МАГАТЭ. URL: [https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/te\\_1162r\\_web.pdf](https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/te_1162r_web.pdf)
4. Решение коллегии МЧС России от 4 декабря 2019 г. № 8/П «Об утверждении актуализированной редакции Концепции радиационной, химической и биологической защиты населения». URL: <https://29.mchs.gov.ru/uploads/resource/2020-01-16/25af2d69368086e94629f54b22d54a89.pdf>
5. Валуев Н. П., Мойш Ю. В., Никоненков Н. В. Способ радиационного контроля сырья и материалов в транспортных средствах и устройство для его осуществления. Патент на изобретение RU 2142145 С1, 27.11.1999. Заявка № 99107595/28 от 21.04.1999.
6. Валуев Н. П., Сергеев И. Ю., Юданов П. М. Способ динамического радиационного контроля. Патент на изобретение 2738661 С1, 15.12.2020. Заявка № 2020118311 от 03.06.2020.
7. Сергеев И. Ю., Косырев П. Н. Методика определения вероятности обнаружения радиационной аномалии при динамическом контроле радиационной обстановки // Актуальные проблемы безопасности в техносфере. 2021. № 1 (1). С. 30–32.
8. Валуев Н. П. и др. Выбор параметров детекторов высокочувствительных дозиметрических систем // Научные и образовательные проблемы гражданской защиты. 2017. № 4 (35). С. 121–126.

#### References

1. Federal Law No. 3-FZ of 09.01.1996 “On Radiation Safety of the Population”. URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_8797/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_8797/)
2. Guidelines for the elimination of the consequences of radiation and chemical accidents / V. A. Vladimirov et al. M., 2005.
3. General instructions for assessing and responding to radiological emergencies. International Atomic Energy Agency IAEA. URL: [https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/te\\_1162r\\_web.pdf](https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/te_1162r_web.pdf)
4. Decision of the Board of the Ministry of Emergency Situations of Russia dated December 4, 2019 No. 8/П “On Approval of the Updated Edition of the Concept of Radiation, Chemical and Biological Protection of the Population”. URL: <https://29.mchs.gov.ru/uploads/resource/2020-01-16/25af2d69368086e94629f54b22d54a89.pdf>
5. Valuev N. P., Moish Yu. V., Nikonenkov N. V. The method of radiation control of raw materials in vehicles and a device for its implementation. Patent for invention RU 2142145 C1, 11/27/1999. Application No. 99107595/28 dated 04/21/1999.
6. Valuev N. P., Sergeev I. Yu., Yudanov P. M. The method of dynamic radiation control. Patent for invention 2738661 C1, 12/15/2020. Application No. 2020118311 dated 06/03/2020.
7. Sergeev I. Yu., Kosyrev P. N. Method for determining the probability of detecting a radiation anomaly in the dynamic control of the radiation situation // Aktualnye problemy bezopasnosti v tekhnosfere. 2021. No. 1 (1). Pp. 30–32.
8. Valuev N. P. et al. Choice of parameters of detectors of highly sensitive dosimetric systems // Scientific and educational problems of civil protection. 2017. No. 4 (35). Pp. 121–126.

**БЕЗОПАСНОСТЬ В ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ**

УДК 614.8 + 623.746.-519

bazalt@mail.ru

**ОТДЕЛЬНЫЕ ПОДХОДЫ К РАЗРАБОТКЕ МЕТОДИКИ ОЦЕНКИ ТАКТИКИ  
ПРИМЕНЕНИЯ БЕСПИЛОТНЫХ АВИАЦИОННЫХ СИСТЕМ  
В ПОДРАЗДЕЛЕНИЯХ МЧС РОССИИ****SEPARATE APPROACHES TO DEVELOPING A METHODOLOGY  
FOR ASSESSING THE TACTICS OF APPLICATION OF UNMANNED AVIATION  
SYSTEMS IN UNITS OF EMERCOM OF RUSSIA**

*Логинов В. В., кандидат технических наук, доцент,  
Вишняков А. В., кандидат биологических наук, доцент,  
Зубарев И. А., кандидат педагогических наук, доцент,  
Осипчук А. О., кандидат технических наук, доцент,  
Шишкин П. Л.,  
Уральский институт ГПС МЧС России, Екатеринбург*

*Loginov V., Vishnyakov A., Zubarev I.,  
Osipchuk A., Shishkin P.,  
The Ural Institute of State Firefighting Service of Ministry  
of Russian Federation for Civil Defense, Yekaterinburg*

Широкое использование беспилотных авиационных систем при решении многих задач, стоящих перед МЧС России, требует объективной оценки тактики их использования при ликвидации последствий и предупреждении развития чрезвычайных ситуаций, что в полной мере отвечает содержанию концепции по применению и развитию указанных авиационных систем. В настоящей статье авторами была показана необходимость разработки методики по всесторонней оценке тактики их применения в подразделениях МЧС России и представлен отдельный показатель, позволяющий реализовать такую методику на практике. В качестве одного из критериев методики в настоящей статье был определен такой показатель как «эффективность–стоимость» и показан порядок его расчета.

*Ключевые слова:* беспилотная авиационная система, критерий, методика оценки тактики, наземный пункт управления, чрезвычайная ситуация, эффективность–стоимость.

The widespread use of unmanned aerial systems in solving many problems facing the EMERCOM of Russia requires an objective assessment of the tactics of their use in eliminating the consequences and preventing the development of emergencies, which fully corresponds to the content of the concept for the use and development of these aviation systems. In this article, the authors have shown the need to develop a methodology for a comprehensive assessment of the tactics of their use in the units of the Ministry of Emergencies of Russia, and presented a separate indicator that makes it possible to implement such a method in practice. As one of the criteria of the methodology in this article, such an indicator as "efficiency-cost" was defined and the procedure for its calculation is shown.

*Keywords:* unmanned aircraft system, criterion, tactics assessment method, ground control point, emergency, efficiency-cost.

В связи с широким внедрением беспилотных авиационных систем (далее – БАС) практически во все сферы деятельности различных министерств и ведомств [1–3], включая МЧС России [4–7], в настоящее время четко обозначилась проблема, связанная с оценкой тактики данных средств, позволяющая по многим составляющим сформулировать концепцию их применения и развития. Поиск упомянутой концепции прежде всего подразумевает, что при их разработке и последующей постановке на вооружение подразделений спасательных служб, будут четко определены возможные задачи и тактика применения БАС, учитывающие прежде всего технические возможности указанных систем и целый ряд иных составляющих. Немаловажное значение при этом также будет иметь оценка экономической компоненты и сравнение с альтернативными способами выполнения задач, т. е. без использования БАС.

В настоящее время в МЧС России прорабатываются многие варианты концепции использования БАС, и рассматривая тактику их применения, следует прежде всего обращаться к научной составляющей, охватывающей теорию и практику подготовки и действий сил и средств единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций (далее – РСЧС), применяющих такие системы при ликвидации последствий и предупреждении развития чрезвычайных ситуаций (далее – ЧС) природного и техногенного характера.

Конкретизируя вероятные ситуации, в которых возможно использование БАС, необходимо отметить следующие характерные случаи:

- поиск объектов на заданной территории и определение координат границ района ЧС;
- поиск пострадавших в районе бедствия;
- поиск очагов пожаров в заданном районе;
- поиск надводных объектов, включая сброс радиобуев;
- экологических мониторинг водных поверхностей;
- сопровождение и наведение мобильных поисковых групп;
- ретрансляция радио- и телесигналов в зонах ЧС, обеспечение связью мобильных групп спасателей;
- контроль ледовых заторов и паводковой обстановки;
- радиационная и химическая разведка;
- мониторинг состояния линейных объектов (трубопроводов, русел рек, автодорог, железнодорожного полотна и т. п.);
- мониторинг очага пожара в условиях плотной городской застройки;
- мониторинг спасательной техники в районе ЧС, когда особую актуальность приобретает задача идентификации техники, привлекаемой к ликвидации ЧС или последствий иного происшествия (рис. 1) [7].



*Рисунок 1. Изображение зоны чрезвычайной ситуации при взрыве газа в жилом доме в городе Иваново, полученное с беспилотного летательного аппарата (фотография из открытых источников)*

Таким образом, обращаясь к концепции применения и развития БАС, следует указать, что важную роль при этом будет иметь именно такой элемент, как оценка эффективности этого применения. Принимая во внимание данное положение, целью подготовки настоящей статьи явилось представление отдельного критерия, учет которого может быть реализован при разработке методики, позволяющей объективно и в полной мере оценить тактику применения беспилотных авиационных систем в подразделениях МЧС России.

Учитывая представленное обстоятельство, в качестве одного из главных критериев в этом случае авторами предлагается такой показатель как «эффективность–стоимость». Критерии стоимости будут определяться сравнением затрат на применение сил и средств РСЧС, не оснащенных БАС, и затрат, когда аналогичные силы и средства имеют в своем распоряжении указанные авиационные системы. При этом в случае рассмотрения их эффективности, необходимо четкое понимание задач, решаемых с использованием БАС, в свою очередь подразумевающих выбор определенных показателей.

Рассматривая задачи, выполняемые с использованием БАС при ликвидации последствий и предупреждения развития ЧС, учитывая уже имеющийся практический опыт, представляется возможным отметить преобладание задач разведки и мониторинга территорий. Даже в случае выпол-

нения поставленной задачи по обследованию отдельного объекта, аналогичному изучению в обязательном порядке подлежит и территория, прилегающая к нему. В этом случае эффективность БАС предлагается оценивать по следующим основным параметрам:

- определение площади (протяженности для линейных объектов), на которой возможно проявление опасных факторов (далее – ОФ);
- время для обследования такой площади (длины участка для линейного объекта), с учетом временных затрат на развертывание и организацию взаимодействия;
- вероятность обнаружения проявления ОФ при обследовании;
- время принятия решения на ликвидацию проявления ОФ после обнаружения.

Если методология оценки первого параметра не вызывает трудностей, так как она увязана с техническими характеристиками БАС и значительно повышает возможности сил и средств по ведению разведки, то к оценке остальных составляющих требуется комплексный подход.

Эффективность выявления опасных факторов с помощью БАС будет зависеть:

- от полезной нагрузки, размещенной на беспилотном летательном аппарате (далее – БЛА), в настоящее время она варьируется от 1/3 до 1/4 собственного веса указанного изделия, в зависимости от типа;

– высоты ведения разведки, которая прямо пропорциональна дальности связи БЛА и наземного пункта управления (далее – НПУ), но обратно пропорциональна качеству распознавания объектов наблюдения и оценки их характеристик;

– погодных условий и времени суток применения;

– технических характеристик полезной нагрузки (далее – ПН), установленной на БЛА, при этом для выполнения отдельных задач будет необходимо осуществить его приземление для замера уровня заражения и забора проб, что представляется вполне возможным [8; 9].

При этом время выполнения задач будет зависеть от таких факторов, как:

– время получения разрешения на использование БЛА согласно действующему законодательству по использованию воздушного пространства;

– время развертывания, в том числе время следования к месту развертывания НПУ и время на подготовку к взлету и взлет БЛА;

– время на выполнение задачи разведки или мониторинга, исходя из технических характеристик ПН;

– время обработки данных, в которое входит время передачи данных с НПУ в орган управления (далее – ОУ) РСЧС.

Время принятия решения на ликвидацию проявления опасного фактора или принятия превентивных мер для его нейтрализации будет зависеть от соотношения уровней реагирования РСЧС, на котором ведутся аварийно-спасательные и другие неотложные работы или осуществляется разведка с требуемым уровнем реагирования на обстановку.

На практике это означает, что при реализации данных разведки, переданных с БЛА, если необходим будет более высокий уровень реагирования, чем тот на котором работает ОУ, в распоряжении которого находится БЛА, пройдет значительный промежуток времени для привлечения сил и средств РСЧС, необходимых для

нейтрализации опасных факторов или оказания помощи пострадавшим.

Фактор времени в тактике использования подразделениями МЧС России БЛА будет преобладающим, по сравнению с фактором возможности доступа на обследуемую территорию, который представляется главным при использовании БЛА в военных целях, хотя его тоже следует учитывать.

Оценить эффективность применения сил и средств РСЧС, оснащенных или не имеющих БЛА, по временному фактору возможно проведя расчет времени выполнения задачи по реагированию на проявление опасного фактора с учетом вероятности его обнаружения. Сравнивая временные показатели подразделений, оснащенных БЛА или их не имеющих, возможно будет сделать вывод об эффективности применения, что позволит эффективно оценивать тактику применения по критерию *стоимость*.

Формула (1) для таких расчетов будет иметь вид:

$$t = \frac{(t_1+t_2)}{Q_{оф}} + t_3, \quad (1)$$

где  $t$  – общее время реагирования на ОФ;

$t_1$  – время необходимое для обследования территории определенной площади;

$t_2$  – время необходимое для доразведки и распознавания ОФ с учетом характеристик аппаратуры ПН;

$t_3$  – время необходимое для принятия решения на нейтрализацию действия ОФ;

$Q_{оф}$  – вероятность обнаружения ОФ (группы ОФ) на территории ЧС за время обследования.

В конечном итоге расчет сводится к нахождению некоего коэффициента  $K$ , характеризующего во сколько раз подразделение, оснащенное БЛА, выполнит задачу обнаружения быстрее и с соответствующим качеством, при этом вероятность  $Q_{оф}$  должна быть принципиально достаточной для решения задачи в полном объеме.

Анализируя приведенную формулу, представляется возможным заключить, что данный коэффициент должен иметь разные значения для различных уровней реагирования и действий ОУ РСЧС. Наиболее эффективно будет применение БЛА для разведки и мониторинга территорий части регионов, с передачей данных на региональный уровень управления, при этом опасные факторы должны иметь явное проявление.

Важно отметить, что авторами в настоящей статье приводится только один критерий, когда, как было отмечено ранее, методика, о которой идет речь, должна содержать более значимый перечень данных показателей, что однозначно предполагает повышение ее эффективности. Реализация указанного положения становится возможной при проведении определенных исследований, опирающихся на значительный статистический материал.

Таким образом, сделаем следующие выводы:

1. Использование беспилотных авиационных систем при ликвидации последствий и предупреждении развития чрезвычайных ситуаций объективно способствует успешному решению задачи.

2. Одновременно все составляющие области, связанной с беспилотными авиационными системами, должны практически реализовываться в рамках всесторонне продуманной концепции по их применению и развитию.

3. Важным элементом данной концепции должна стать методика оценки тактики применения беспилотных авиационных систем в подразделениях МЧС России, включающая многие критерии, один из которых – показатель «эффективность–стоимость», расчет которого производится с учетом временных показателей по реагированию на проявление опасного фактора (факторов) и вероятности его (их) обнаружения за время обследования на территории, где имеет место чрезвычайная ситуация.

#### Литература

1. Чуенкова А. А., Логачева А. В. Беспилотные летательные аппараты в геоинформационной сфере // Конструкторское бюро. 2018. № 3. С. 34–42.
2. Беляев П. В., Головский А. П., Садаев Д. С. Перспективы применения беспилотных летательных аппаратов при контроле и диагностике объектов энергетики // Динамика систем, механизмов и машин. 2019. Т. 7. № 2. С. 18–24.
3. Попов А. А. Беспилотные летательные аппараты // Сборник трудов Международной научно-практической конференции «Научные революции: сущность и роль в развитии науки и техники». 2018. Ч. 2. С. 101–104.
4. Артамонов Д. В., Шишов В. Ф., Кояков А. О. Применение беспилотного летательного аппарата для разведки природных пожаров на местности // Актуальные проблемы защиты и безопасности: труды XXII Всероссийской научно-практической конференции РАН. 2019. С. 349–353.
5. Баранник А. Ю. Современные тенденции жилищного домостроения и перспективы развития аварийно-спасательных средств спасения // Технологии гражданской безопасности. 2021. № 3. С. 4–8.
6. Овчинников В. В., Мингалеев С. Г. Применение группировок высокотехнологичных средств единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций в крупномасштабных спасательных и гуманитарных операциях // Технологии гражданской безопасности. 2020. № 2. С. 19–23.
7. Логинов В. В. и др. Предложения по расширению возможностей использования беспилотных летательных аппаратов при оценке обстановки оперативной группой в ходе ликвидации последствий чрезвычайной ситуации // Техносферная безопасность. 2021. № 1. С. 113–122.
8. Логинов В. В. и др. Беспилотные летательные аппараты: Отдельные проблемы в использовании, предложения по применению при проведении химической разведки на местности // Материалы V Международной научно-практической конференции, посвященной Всемирному дню гражданской обороны «Гражданская оборона на страже мира и безопасности» в 4 ч. М., 2021 Ч. I. С. 172–178.
9. Соколов Д. А. Модель обнаружения радиоактивного загрязнения местности с применением беспилотных летательных аппаратов // Технологии гражданской безопасности. 2020. № 1. С. 71–76.

#### References

1. CHuenkova A. A., Logachyova A. V. Bepilotnye letatel'nye apparaty v geoinformacionnoj sfere // Konstruktorskoe byuro. 2018. № 3. S. 34–42.

2. Belyaev P. V., Golovskij A. P., Sadaev D. S. Perspektivy primeneniya bespilotnyh letatel'nyh apparatov pri kontrole i diagnostike ob'ektov energetiki // *Dinamika sistem, mekhanizmov i mashin*. 2019. T. 7. № 2. S. 18–24.
3. Popov A. A. Bespilotnye letatel'nye apparaty // *Sbornik trudov Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii «Nauchnye revolyucii: sushchnost' i rol' v razvitii nauki i tekhniki»*. 2018. CH. 2. S. 101–104.
4. Artamonov D. V., SHishov V. F., Koyakov A. O. Primenenie bespilotnogo letatel'nogo apparata dlya razvedki prirodnyh pozharov na mestnosti // *Aktual'nye problemy zashchity i bezopasnosti: trudy XXII Vserossijskoy nauchno-prakticheskoy konferencii RARAN*. 2019. S. 349–353.
5. Barannik A. YU. Sovremennye tendencii zhilishchnogo domostroeniya i perspektivy razvitiya avarijno-spasatel'nyh sredstv spaseniya // *Tekhnologii grazhdanskoj bezopasnosti*. 2021. № 3. S. 4–8.
6. Ovchinnikov V. V., Mingaleev S. G. Primenenie gruppirovok vysokotekhnologichnyh sredstv edinoj gosudarstvennoj sistemy preduprezhdeniya i likvidacii chrezvychajnyh situacij v krupnomasshtabnyh spasatel'nyh i gumanitarnykh operacijah // *Tekhnologii grazhdanskoj bezopasnosti*. 2020. № 2. S. 19–23.
7. Loginov V. V. et al. Predlozheniya po rasshireniyu vozmozhnostej ispol'zovaniya bespilotnyh letatel'nyh apparatov pri ocenke obstanovki operativnoj gruppoj v hode likvidacii posledstvij chrezvychajnoj situacii // *Tekhnosfernaya bezopasnost'*. 2021. № 1. S. 113–122.
8. Loginov V. V. et al. Bespilotnye letatel'nye apparaty: Otdel'nye problemy v ispol'zovanii, predlozheniya po primeneniyu pri provedenii himicheskoy razvedki na mestnosti // *Materialy V Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii, posvyashchennoj Vsemirnomu dnyu grazhdanskoj oborony «Grazhdanskaya oborona na strazhe mira i bezopasnosti» v 4 ch. M., 2021. CH. I. S. 172–178*.
9. Sokolov D. A. Model' obnaruzheniya radioaktivnogo zagryazneniya mestnosti s primeneniem bespilotnyh letatel'nyh apparatov // *Tekhnologii grazhdanskoj bezopasnosti*, 2020. № 1. S. 71–76.